



9

BIOLOGIE

2017

# BIOLOGIE





R. V. Şalamov  
Gh. A. Nosov  
A. A. Litovcenko  
M. S. Kaliberda

# BIOLOGIE



**Manual pentru clasa 9  
a instituțiilor de învățământ general  
cu predarea în limba română**

*Recomandat de Ministerul Educației și Științei din Ucraina*

Cernauți  
„Bukrek”  
2017



УДК 57(075.3)  
Б-63

*Перекладено за виданням:*

Р. В. Шаламов, Г. А. Носов, О. А. Литовченко, М. С. Каліберда. Біологія :  
підруч. для 9 класу загальноосвіт. навч. закладів – Х. : Соняшник, 2017. – 352 с. : іл.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*  
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 20.03.2017 №417)

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено**

Експерти, які здійснили експертизу підручника  
під час проведення конкурсного відбору проектів підручників  
для учнів 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів  
і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа  
„Рекомендовано Міністерством освіти і науки України”:

*Артем'єва І. В.,*

учитель ліцею м. Славутича, учитель-методист,  
заслужений учитель України;

*Опаренюк Г. А.,*

завідувач лабораторії біології і екології  
КВНЗ „Вінницька академія неперервної освіти”, учитель-методист;

*Зінченко О. П.,*

кандидат біологічних наук, доцент кафедри зоології  
Східноєвропейського національного університету  
імені Лесі Українки.

**Біологія** : підручник для 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів  
Б-63 з навч. рум. мовою / Р. В. Шаламов, Г. А. Носов, О. А. Литовченко, М. С. Каліберда;  
пер. з укр. – Чернівці : Букрек, 2017. – 352 с.: іл.

ISBN 978-966-399-887-9

**УДК 57(075.3)**

ISBN 978-966-97147-4-9 (укр.)  
ISBN 978-966-399-887-9 (рум.)

© Шаламов Р. В., Носов Г. А.,  
Литовченко О. А.,  
Каліберда М. С., 2017  
© ТО „Соняшник”, 2017  
© Видавничий дім „Букрек”,  
переклад, 2017



## CUVÂNT ÎNAINTE

Dragi cititori ai manualului! Noi ne adresăm către elevii clasei a 9-a, către părinții lor și profesorii de biologie, întrucât suntem convinși că anume ei vor fi cititorii manualului nostru. Despre ce este acest manual? Pe copertă figurează cuvântul „Biologia”, și aceasta înseamnă că manualul este consacrat științei despre viață. Și, într-adevăr, așa este. Despre viață, despre diversitatea, particularitățile și legitățile ei, despre tot ce știm noi despre viață este acest manual. Noi suntem omenirea. Bineînțeles, că toată știința omenirii despre lume nu este cuprinsă în acest manual și, la drept vorbind, nici autorii înșiși nu le posedă pe toate. Noi, însă, ne-am dorit ca lectura acestei cărți să fie interesantă, utilă și să trezească în voi dorința de a afla mai multe despre viață.

Noțiunea-cheie a biologiei este viața, căreia e greu să-i dăm o definiție justă, dar despre care, toată lumea de pe pământ știe, că o valoare mai importantă, nu există. Aici noi avem în vedere nu doar viața umană, ci viața tuturor ființelor vii, a naturii, în general. Și faptul că activitatea omului este într-o măsură mai mare sau mai mică legată de viață, aceasta confirmă afirmația despre valoarea ei. Biologia are drept scop studierea fenomenului vieții în toată diversitatea, complexitatea și valoarea sa.

Pe paginile cărții sunt portretele oamenilor, care au adus o contribuție deosebită în formarea științei despre viață. Aceștia sunt savanți renumiți, care au trăit în timpurile străvechi sau care trăiesc astăzi. „Crearea” cunoștințelor este un proces neîntrerupt și de aceea, între paragrafe voi veți găsi câteva completări scrise despre cercetătorii tineri. Anume acești tineri stau astăzi în avangarda științei biologice, deși nu demult ei au învățat în școlile ucrainene. Noi i-am rugat să se încadreze în alcătuirea manualului nostru, din două motive: în primul rând, pentru a vă aduce vouă relatări interesante și importante despre viață, care nu au fost încadrate în textele de bază, iar, în al doilea rând, pentru a vă demonstra că puteți dobândi succese mari, consacrandu-vă științei.

După fiecare paragraf este o rubrică destul de încăpătoare, intitulată „Cugetați”. Primele două părți ale ei („Găsiți un singur răspuns corect” și „Formulați răspunsul prin câteva propoziții”) includ exerciții nu chiar complicate, prevăzute pentru toate categoriile de elevi, în deosebi pentru cei, care în viitor nu-și vor lega viața cu biologia, medicina, biotehnologiile și alte discipline biologice. Noi stimăm aceste persoane, alegerea lor și ne adresăm către ele prin pronumele „dumneavoastră”. Restul însărcinărilor sunt pentru aceia dintre voi, care și-au determinat direcția de activitate pentru viitor și au decis că se vor ocupa cu studierea vieții. Ne adresăm vouă ca unor colegi sau prieteni apropiați prin forma simplă „tu” („Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii” și „Află singur și povestește altora”). Profesorii pot utiliza aceste însărcinări, atât pentru autoinstruirea elevilor, cât și pentru încadrarea celor mai buni cunoscători ai biologiei în explicarea materiei de studiu. Ultima diviziune „Proiect pentru o companie prietenoasă” este întocmită pentru acei, care iubesc nu numai a citi și a scrie, dar preferă și să programeze, și să experimenteze: să presoare, să toarne, să crească, să taie, să fiarbă ș. a. Aceste sunt activități simple și interesante, realizarea cărora, vă va apropia de înțelegerea tainelor vieții.

Autorii exprimă sincere mulțumiri profesorilor și elevilor. Gândurile despre voi nu ne-au părăsit nici pe o clipă în timpul lucrului asupra acestui manual. Noi am avut încrederea lăuntrică, de a îndreptăți convingerile celor care ne-au învățat pe noi, și de a fi interesanți și de folos celor pe care noi îi învățăm. Suntem încrezuți că munca noastră va fi utilă pentru voi.

**Succese nouă tuturor în descoperirea acestui fenomen  
atât de fermecător și unic, care este viața!**



# § 1. Biologia ca știință

## Biologia ca un complex de științe despre natură

Biologia este știința despre viață și aceasta vă este foarte bine cunoscut. Viața este un fenomen destul de complex și multilateral, iar biologia este la fel de dificilă ca și viața. Biologii studiază ființele vii din diferite puncte de vedere, începând de la acele manifestări ale vieții, care nu pot fi văzute chiar și în cele mai puternice microscopie electronice, și terminând cu cele globale, care cuprind toate organismele vii de pe planetă. Pe un biolog ni-l putem imagina cu o plasă pentru insecte sau cu o botanieră; cu eprubete și pipetă în laborator; programând algoritmul pentru analiza informației genetice la calculator sau studiind structura moleculelor cu ajutorul celor mai complexe dispozitive fizice.

Această diversitate de specialități biologice se datorează faptului, că biologia este o știință complexă, care integrează multe alte discipline (*tab. 1.1*).

**Tabelul 1.1. Unele discipline biologice**

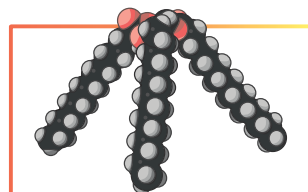
<b>Botanica</b>	știința despre plante
<b>Zoologia</b>	știința despre animale
<b>Biochimia</b>	știința despre compoziția chimică a organismelor vii și procesele chimice în ele
<b>Biofizica</b>	știința despre procesele fizice, care decurg în organismele vii
<b>Biologia moleculară</b>	știința despre mecanismele păstrării și transmiterii informației ereditare
<b>Fiziologia</b>	știința despre funcționarea organismului viu
<b>Bioinformatica</b>	știința despre biopolimeri informaționali – proteine și acizi nucleici, precum și despre producerea moleculelor cu proprietăți cunoscute
<b>Genetica</b>	știința despre ereditate și variabilitate
<b>Ecologia</b>	știința despre interacțiunea reciprocă a organismelor, precum și interacțiunea lor cu mediul ambiant

Cu toate acestea, biologia este strâns legată de alte științe. În disciplinele biologice pe larg sunt utilizate metodele altor ramuri științifice: fizică, chimie, matematică, informatică. La intersecția științelor a apărut biofizica, biochimia, biologia moleculară, bioinformatica (*fig. 1.1*). Diverse cercetări biologice creează baza pentru medicină, farmacologie, agricultură și biotehnologie.

## Studiul nivelurilor de organizare a materiei vii dă posibilitatea de a înțelege mai bine viața

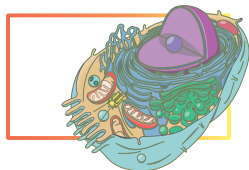
Deși viața, după natura sa, este un fenomen indivizibil (ea sau există, sau lipsește), pentru studierea ei este foarte convenabil totul ce este viu să fie examinat la diferite niveluri de organizare. Fiecare nivel are propriile sale caracteristici unice, și această diviziune face posibilă înțelegerea mai deplină și mai bună a fenomenului numit viață.

**Nivelul molecular.** Cu toate că la nivelul molecular de organizare viața, de obicei, nu se manifestă (molecula nu poate fi vie sau moartă), studierea moleculelor, din care sunt



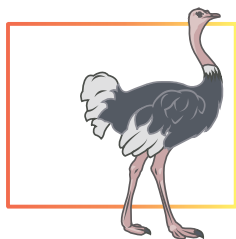
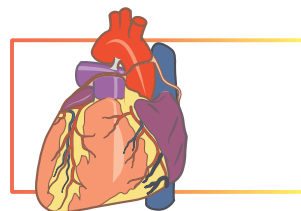


compuse ființele vii, clarifică mecanismele funcționării lor. Nivelul molecular de organizare a materiei vii este obiectul de studiu al biochimiei, biofizicii și biologiei moleculare.



**Nivelul celular** este primul nivel, la care apare viața. Celula reprezintă unitatea elementară a materiei vii, și studiul ei este, fără nici o exagerare, cheia pentru a înțelege esența vieții. Biologia celulară reprezintă știința biologică, care studiază nivelul celular.

**Nivelul de țesuturi și organe.** În organismul pluricelular celulele formează țesuturi și organe. Aceste asociații funcționează ca unități funcționale ale organismului viu. Principiile de funcționare a organelor studiază fiziologia, structura lor – anatomia, iar tipurile de țesuturi – histologia.



**Nivelul individual.** Împreună cu nivelul celular, acest nivel este esențial pentru înțelegerea fenomenului vieții. Organismul este capabil să funcționeze ca o unitate integră și independentă, să-și mențină existența și să se reproducă. Acest nivel de organizare reprezintă obiectul de studiu al multor științe, așa ca anatomia, fiziologia, genetica, biologia dezvoltării, embriologia.

**Nivelul populațional și al speciei** reprezintă primul nivel supraorganismic. La acest nivel se manifestă continuitatea vieții: deși durata vieții unui individ este limitată, populația este potențial imortală, ca și specia biologică, în general. În primul rând, acest nivel de organizare este interesant pentru ecologie, genetica populațională și biologia evoluționistă.



**Nivelul biogeocenotic** reprezintă nivelul supraorganismic, la care se manifestă legăturile reciproce ale organismelor, precum și relațiile organismelor cu mediul înconjurător. Nivelul biogeocenotic este studiat de ecologie.

**Nivelul biosferic** reprezintă nivelul global, care integrează toate ființele vii de pe planetă. Acest nivel reprezintă obiectul de studii al ecologiei și învățării despre biosferă.

## Metodele de studii biologice sunt utilizate pentru cercetarea vieții

Fiecare ramură a biologiei utilizează multe metode proprii pentru cercetarea obiectelor biologice. Totodată există un șir de abordări comune tuturor științelor biologice.

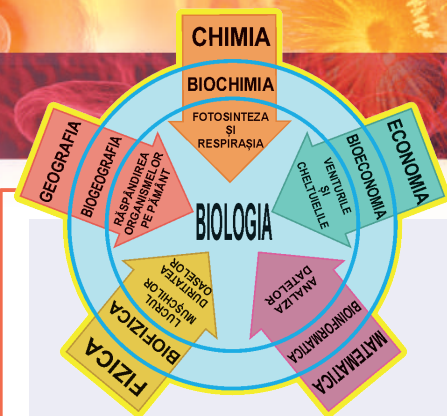


Fig. 1.1. Intersecțiile biologiei cu alte științe



**Observațiile** au fost principala metodă de studiu la etapa inițială de dezvoltare a biologiei, dar nu și-au pierdut valoarea nici astăzi. În timpul observațiilor, savanții afirmă faptele, dar nu influențează asupra procesului.

**Descrierea.** Pentru ca observația să aibă sens, ea trebuie să fie descrisă. Descrierile, chiar dacă reflectă interpretarea proprie a savantului, totuși trebuie să fie corecte și obiective, pentru că numai așa devine posibilă comparația dintre diferite descrieri.

**Comparația** datelor încă nu reprezintă un experiment, dar este primul pas spre el. Comparația permite stabilirea legităților naturii.

**Experimentul.** Diferența principală între experiment și observație constă în faptul că experimentatorul intervine în cursul natural al evenimentelor și influențează asupra obiectelor de studiu prin diverși factori. Astăzi această metodă este principală în biologie.

**Metodele matematice și modelarea.** Analiza statistică a datelor obținute reprezintă un pas necesar pentru a verifica, dacă legitățile stabilite sunt rezultatul întâmplărilor obișnuite. Uneori, acumulând date, putem construi un model matematic al obiectului sau al fenomenului, ce ușurează emiterea și verificarea ipotezelor științifice. Pe baza datelor prezente, se emite **ipoteza** – explicația posibilă a fenomenelor observate. Este important, ca ipoteza să fie verificată, și anume, pe baza ei, să fie prevăzute faptele noi. Astfel, ipoteza verificată și confirmată în mod repetat, devine **teorie științifică**.

## De ce trebuie să fie studiată biologia?

Poate cineva crede, că „de biologie niciodată nu va avea nevoie în viață” și că ar putea folosi aceste câteva ore săptămânale, în alt scop, cu mai mult rezultat? Noi considerăm, că acest punct de vedere este greșit. În primul rând, biologia este unul dintre obiectele din programul școlar, cele mai des aplicate în practică. La lecțiile de biologie, veți obține cunoștințe despre principiile de organizare și funcționare ale corpului uman, despre păstrarea sănătății, veți însuși primele cunoștințe de medicină. Aceasta deja este suficient pentru a justifica timpul dedicat obiectului nostru.

Datorită biologiei, se formează concepția despre lume, care oferă posibilitatea de a înțelege mult despre omul însuși și locul lui în natură. Lipsa unei astfel de concepții despre lume duce la consecințe groaznice, uneori, de nivel global. Urmările lipsei de înțelegere a legilor geneticii populaționale de către națiștii din Germania, au constituit exterminarea a milioane de oameni cu scopul de a „îmbunătăți națiunea”. Necunoașterea legilor ecologice de către guvernul chinez în anii 1950 a dus la înfometarea în masă și moartea a 15 milioane de oameni. Neglijarea celor mai simple cunoștințele botanice de către Nikita Khrushchev în Uniunea Sovietică, în anii 1960, a cauzat declinul agriculturii și necesitatea de a cumpăra grâu din străinătate.

Secolul XXI este numit secolul biologiei. Succesele uimitoare ale biotehnologiei moderne, ingineriei genetice, bioinformaticii și biomedicinii deschid noi orizonturi pentru omenire, dar, de asemenea, provoacă și noi probleme. Cunoștințele biologice sunt necesare pentru a înțelege întreaga varietate de tehnologii noi, produse alimentare și medicamente, fiindcă anume pe incultura „biologică” oameni necinstiți de afaceri fac bani. Pot fi oare consumate alimentele genetic modificate? Este oare etic de tratat bolile ereditare ale omului prin terapie genetică? Iar clonarea omului? Cine sunt „copiii cu trei părinți” și ce boli pot fi înlăturate, folosind această tehnologie? Toți cei, care au studiat biologia la școală, ar trebui să poată răspunde la aceste întrebări.

Noi am fi dorit să vă învățăm să înțelegeți și să iubiți viața în toate manifestările ei. Vom încerca să vă arătăm ce frumoase și interesante sunt toate ființele vii la toate nivelurile lor de organizare. Totodată omul, de asemenea, este o ființă vie, așa că sperăm, că acest manual vă va ajuta să înțelegeți mai bine nu numai mediul înconjurător, ci și pe voi înșivă.

# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Care nivel de organizare este obiectul de studiu al biochimiei?  
A molecular                      B celular                      C individual  
D supraorganism              E biosferic
- 2** Ipoteza se deosebește de teoria științifică prin faptul că...  
A teoria este o ipoteză confirmată în mod repetat  
B ipoteza este o teorie confirmată în mod repetat  
C ipoteza este emisă pe baza experimentelor, iar teoria – pe baza observațiilor  
D ipoteza reprezintă rezultatul experimentului, iar teoria – rezultatul modelării matematice  
E ipoteza devine o teorie imediat după analiza statistică a datelor
- 3** La ce nivel de organizare fenomenul vieții se manifestă pentru prima dată?  
A molecular                      B de țesuturi                      C individual  
D celular                      E biosferic
- 4** Analiza statistică a datelor este necesară pentru a  
A deosebi legitățile reale, de coincidențele întâmplătoare  
B ajusta rezultatele experimentale conform ipotezei  
C modifica ipotezele conform datelor experimentale  
D corecta observațiile obținute în diferit timp  
E modela procesele biologice

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** De ce biologului îi sunt necesare cunoștințe aprofundate de matematică? Pentru care științe biologice matematica este deosebit de importantă?
- 6** Care este diferența dintre observație și experiment?
- 7** Biologia și medicina sunt două științe interdependente. Ce este comun și prin ce se deosebesc aceste ramuri ale științei?
- 8** Cum i-ați putea motiva, pe fratele mai mic sau pe sora mai mică, să studieze biologia?

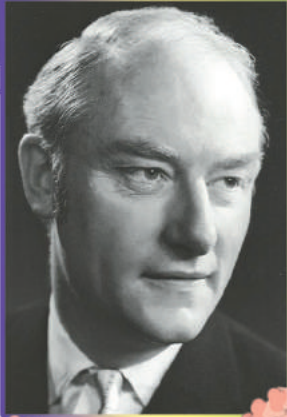
## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 9** Ce tipuri de modele sunt folosite în biologie? În care cazuri este necesară crearea de modele?

## Află singur și comunică altora

- 10** Bioinformatica este o ramură tânără a biologiei, care se dezvoltă rapid. Ce sarcini ea rezolvă? Care sunt legăturile ei cu așa discipline biologice ca biologia moleculară și genetica?
- 11** Ființele vii până acum au fost găsite doar pe Pământ. Ce studiază atunci biologia cosmică?

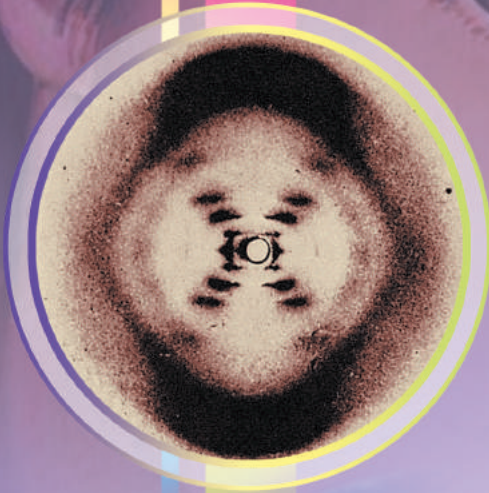




*Almost all aspects of life are engineered at the molecular level, and without understanding molecules we can only have a very sketchy understanding of life itself.*

**Francis Crick**

Rosalind Franklin



# CAPITOLUL 1

## *Compoziția chimică a celulelor și moleculelor biologice*



## § 2. Apa

### Viața pe Pământ conține prea multă apă

În mod evident, apa este una dintre cele mai importante substanțe de pe Pământ. Anume prezența unor cantități mari de apă lichidă pe suprafața planetei a făcut posibilă existența vieții. Cauzele conținutului ridicat de apă de pe Pământ, comparativ cu conținutul ei pe alte planete solide ale Sistemului solar, rămân neclare. Mulți savanți consideră, că apa a fost adusă pe Pământ de comete, în timpul primelor etape ale formării planetei. Astăzi, apa acoperă 71% din suprafața pământului și constituie aproximativ 0,05% din masa Pământului. În organismele vii conținutul de apă variază de la 60 la 99%.

### Molecula de apă este formată din atomi de Oxigen și Hidrogen

Apa este un compus anorganic binar, moleculele căreia sunt formate dintr-un atom de Oxigen și doi atomi de Hidrogen (fig. 2.1). Deși molecula de apă este electric neutră,

sarcina în ea este repartizată neuniform: pe atomul de Oxigen se acumulează sarcină negativă în exces, iar pe cel de Hidrogen – excesul pozitiv, adică molecula de apă este un **dipol**. Anume din cauza naturii polare a moleculelor, apa este un solvent excelent pentru alți compuși polari (așa ca glucidele și alcoolii), precum și pentru săruri. Conform conceptelor clasice, sărurile în timpul dizolvării se descompun în particule cu sarcină – **ioni** (fig. 2.2.). Totodată, datorită forțelor lui Coulomb, ionii cu sarcină opusă sunt atrași unul de altul, ceea ce împiedică dizolvarea sărurilor. Însă apa slăbește mult forța de atracție între ioni, formând în jurul lor un **înveliș de hidratare**.

O altă caracteristică a apei este prezența legăturilor de hidrogen. Între atomul de Hidrogen (cu sarcina parțial pozitivă) a unei molecule și atomul de Oxigen (cu sarcină parțial negativă) a altei molecule are loc o interacțiune electrostatică. Astfel de interacțiuni se numesc **legături de hidrogen** (fig. 2.3). Legăturile de hidrogen sunt mult mai puternice decât interacțiunile moleculare obișnuite, deși cedează după putere legăturilor covalente. Anume datorită prezenței legăturilor de hidrogen apa are o capacitate termică mare, temperatură de fierbere și de topire înaltă, precum și alte proprietăți anormale.

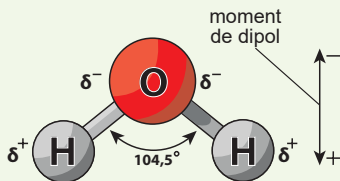
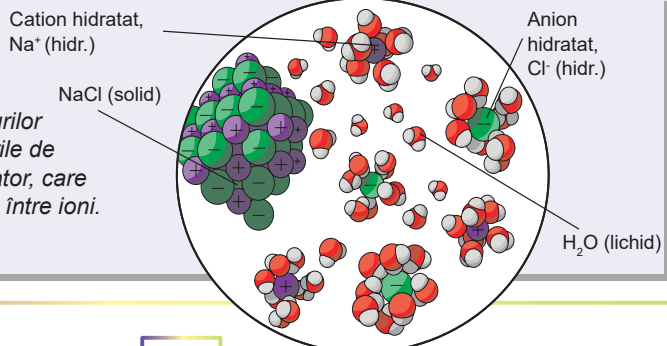


Fig. 2.1. Structura moleculei de apă

### Fig. 2.2. Dizolvarea sării de bucătărie în apă

Apa ușurează procesul dizolvării electroliților datorită formării învelișurilor de hidratare în jurul ionilor. Învelișurile de hidratare îndeplinesc rolul unui izolator, care slăbește interacțiunile electrostatice între ioni.



## Apa are multe proprietăți anormale

Datorită prezenței legăturilor de hidrogen între molecule, apa are temperaturi de topire ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  la o presiune de  $1\text{ atm.}$ ) și de fierbere ( $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  la o presiune de  $1\text{ atm.}$ ) anomal înalte. De aceea în condiții normale (temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  și presiunea de  $1\text{ atmosferă}$ ) apa este lichidă. Pentru comparație, moleculele similare după structură și masă a sulfurii de hidrogen, amoniac și metan sunt gaze<sup>1</sup>.

Apa are o capacitate termică anomal de înaltă: pentru încălzirea  $1\text{ kg}$  de apă cu  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  trebuie să se consume  $4,2\text{ kJ}$  de energie. De aceea, chiar și schimbările mici ale temperaturii apei necesită un consum înalt de energie. Evaporarea apei, de asemenea, este legată de consumuri semnificative de căldură, ceea ce permite organismelor vii să folosească apa ca un termoreglator.

O altă anomalie bine cunoscută: apa are o densitate maximă la  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , astfel încât gheața plutește în apă lichidă și nu se scufundă. Pentru majoritatea altor compuși, faza solidă este mai densă decât cea lichidă. Secretul densității mai mici a gheții, de asemenea, ține de prezența legăturilor de hidrogen: la temperaturi joase mișcărilor haotice ale moleculelor sunt minimizate și toate moleculele de apă vor fi aranjate în structură cristalină susținută de legături de hidrogen. La temperaturi mai înalte, o parte de legături de hidrogen se distruge și apa trece în stare lichidă – mai puțin ordonată, dar mai densă (fig. 2.4). Anume din acest motiv, iarna bazinele de apă nu îngheață până la fund, ci numai se acoperă cu un strat de gheață, ceea ce permite peștilor să supraviețuiască.

## Organismele folosesc apa pentru diferite scopuri

Proprietățile unice ale apei determină rolul ei esențial pentru organismele vii. Apa este solventul principal în celulă, reprezentând aproximativ  $70\%$  din masa celulei. Numai în soluția apoasă, moleculele biologice mari, despre existența cărora veți face cunoștință în curând, pot căpăta o anumită formă spațială și funcționa în mod normal.

Dar oare toate substanțele sunt la fel de solubile în apă? Bineînțeles, că nu. Există numeroase grupuri de compuși, care nu se dizolvă în apă. Dacă toate părțile celulei s-ar fi dizolvat în apă, celula s-ar fi descompus rapid (adică s-ar fi dizolvat), și, prin urmare, ar fi încetat să existe ca unitate structurală. Anume de aceea, gradul de solubilitate a anumitei substanțe în apă are o importanță esențială. După capacitatea de a se dizolva în apă, toate substanțele pot fi împărțite în două grupuri – **hidrofile** și **hidrofobe**<sup>2</sup>. La primul grup aparțin substanțele polare, ca-

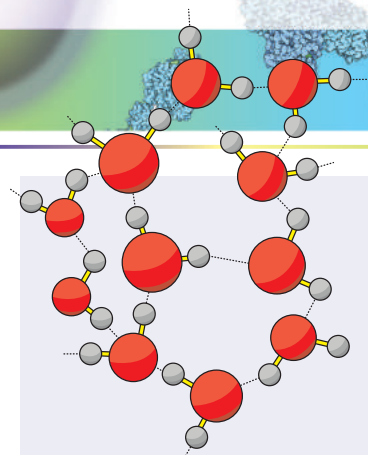


Fig. 2.3. Rețeaua legăturilor de hidrogen

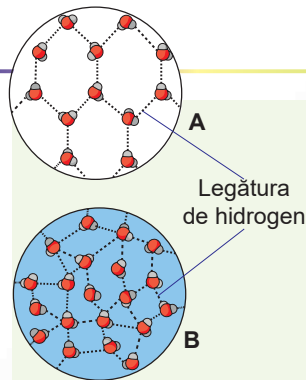


Fig. 2.4. Structura gheții (A) și apei lichide (B)

1 Aici la cititor poate să apară întrebarea, de ce hidrogenul sulfurat și amoniacul nu formează legături de hidrogen. De fapt, ei le formează, dar puterea acestor legături este mult mai mică decât la apă. Secretul formării legăturilor puternice de hidrogen dintre moleculele de apă constă în faptul, că Oxigenul este un atom mai electronegativ decât Sulfur sau Nitrogenul. Ca rezultat, el atrage mai mult electronii de la Hidrogen, determinând formarea unor sarcini excesive mai mari pe atomii moleculei. La rândul său, atomii de Hidrogen și Oxigen ale diferitor molecule se atrag mai puternic.

2 De la gr. *hydor* – apă, *philia* – iubire, *phobos* – frică.



pabile să se dizolve bine în apă. La al doilea – substanțele insolubile, cum ar fi grăsimile și substanțele asemănătoare lor.

Datorită solubilității diferite, substanțele hidrofobe pot separa mediul intern al celulelor sau chiar celulele întregi. Cum vom vedea în curând, toate biomembranele, ce înconjoară celulele, sunt formate din substanțe hidrofobe.

Ca un solvent bun pentru multe substanțe, apa le poate transporta prin organismul viu. Să ne amintim mișcarea substanțelor prin xilemul și floemul plantelor sau funcția de transport a plasmei sângelui.

Apa este un lichid aproape incompresibil, de aceea îndeplinește o funcție de sprijin. Cea mai mare parte a celei vegetale mature o constituie vacuola umplută cu lichid sub presiune. Datorită acestei presiuni, celulele și organele plantelor își păstrează forma. În cazul pierderii apei de către celulă, noi vom observa ofilirea plantelor, care este direct asociată cu scăderea presiunii în vacuole (fig. 2.5).

Trebuie remarcat faptul, că apa nu este numai mediu în care interacționează diferite molecule biologice, dar, de asemenea, și un participant al reacțiilor chimice. Astfel, în procesul de fotosinteză efectuat de plante, apa este una dintre substanțele, din care apoi vor fi formate moleculele compușilor organici. Procesul de digestie, de asemenea, are loc cu participarea directă a moleculelor de apă: ea este necesară pentru descompunerea moleculelor mari în molecule mai mici.

În cele din urmă, trebuie de remarcat, că, datorită capacității termice înalte a apei, organismele vii o folosesc pentru termoreglare. Organismele nu îngheață rapid la frig și nu se supraîncălesc la căldură anume datorită conținutului înalt de apă. Iar așa un proces, ca transpirația, este însoțit de pierderea unei cantități semnificative de căldură și răcirea corpului.

## Majoritatea substanțelor anorganice ale organismelor sunt dizolvate în apă

Conținutul celulelor reprezintă o soluție apoasă, în care, în afară de moleculele de apă, sunt multe substanțe organice și anorganice diferite. O mare parte din lichidul intracelular și intercelular reprezintă soluții apoase de ioni anorganici. Dintre anionii anorganici (ioni cu sarcină negativă) în celulă predomină ionii de clor și de fosfat. Anionii de clor sunt atât în exteriorul, cât și în interiorul celulei, în timp ce anionii de fosfat predomină

în mediul intracelular. Dintre cationi (ioni cu sarcină pozitivă) predomină ionii metalelor alcaline (Sodiu, Potasiu) și alcalino-pământoase (Calciu și Magneziu). Totodată există o asimetrie în distribuirea ionilor: în lichidul intercelular sunt mai mulți ioni de Sodiu și Calciu, iar în cel intracelular – ioni de Potasiu și Magneziu<sup>1</sup>. Ionii metalelor alcaline și alcalino-pământoase îndeplinesc diferite funcții.

Anume ei participă la formarea diferenței de potențial electric pe membrana celulelor nervoase, ceea ce asigură transmiterea impulsurilor nervoase. Ionii de Magneziu sunt necesari pentru funcționarea normală a mul-



**Fig. 2.5. Ofilirea plantelor reprezintă o consecință directă a pierderii de apă de către celule**

1 Această afirmație nu este întotdeauna corectă, deseori în interiorul celulei sunt porțiuni înconjurate de membrană, în care concentrația ionilor de Calciu poate depăși cu mult concentrația lor în afara celulei. Dar aceste porțiuni sunt delimitate de mediul intracelular obișnuit și reprezintă „depozite” de ioni de Calciu în interiorul celulei.

tor molecule biologice mari. Ionii de Calciu sunt implicați în procese de tipul: contracția musculară și transmiterea semnalelor în interiorul celulelor.

## Unele substanțe anorganice ale mediului intercelular sunt insolubile

În afară de rolul important în interiorul celulei, compușii anorganici îndeplinesc un rol semnificativ în afara celulei. Astfel, o cantitate suficientă de ioni de Calciu în plasma sângelui este necesară pentru coagularea sângelui și încetarea sângerării. Sucul gastric conține până la 5% de acid clorhidric necesar pentru procesele de scindare a proteinelor și nimicirea bacteriilor, care au nimerit în stomac odată cu alimentele. O anumită aciditate a sângelui este susținută, în primul rând, datorită prezenței în plasma sângelui a ionilor de carbonat și de fosfat: ei mențin aciditatea constantă a plasmei sângelui, dacă apare pericolul schimbării ei. Multe substanțe sunt importante pentru organisme și în stare insolubilă. Astfel, ortofosfatul de calciu și carbonatul de calciu constituie până la 70% din masa uscată a țesutului osos<sup>1</sup>, oferind o rezistență înaltă a oaselor și dinților. Sărurile de Calciu și Stronțiu reprezintă baza scheletului și la alte ființe vii în calitate de component al cochiliilor moluștelor și protozoarelor, precum și al carapacelor crustaceelor.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Pentru transportul căldurii prin organism servește  
A fierul B hemoglobina C calciul D apa E fosfatul de calciu
- 2 Corpul uman cu masă de 70 kg conține 65% apă. Pentru a se încălzi cu 1 grad, având în vedere că, căldura este absorbită numai de apă, corpul ar trebui să absoarbă o cantitate de căldură de  
A 191 kJ B 294 kJ C 273 kJ D 452 kJ E 4,2 kJ
- 3 În spațiul intracelular se conțin mai mulți ioni decât în cel intercelular  
A  $\text{Na}^+$  și  $\text{Cl}^-$  B  $\text{PO}_4^{3-}$  și  $\text{Mg}^{2+}$  C  $\text{Cl}^-$  și  $\text{PO}_4^{3-}$   
D  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Cl}^-$  E  $\text{Na}^+$  și  $\text{K}^+$
- 4 În timpul propagării impulsurilor nervoase, sarcinile pozitive și negative pe ambele părți ale membranei se schimbă prin transferul ionilor de  
A  $\text{Na}^+$  și  $\text{Cl}^-$  B  $\text{PO}_4^{3-}$  și  $\text{Mg}^{2+}$  C  $\text{Cl}^-$  și  $\text{PO}_4^{3-}$   
D  $\text{Ca}^{2+}$  și  $\text{Cl}^-$  E  $\text{Na}^+$  și  $\text{K}^+$
- 5 Conținutul cărui element în osul uscat este cel mai înalt?  
A C B Ca C Mg D Sr E Na

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Cum s-ar fi schimbat proprietățile moleculelor de apă, dacă între ele nu ar fi apărut legături de hidrogen?

1 Într-adevăr, în compoziția matricei intercelulare a țesutului osos, adesea intră nu substanțele indicate, ci hidroxiapatita de calciu  $\text{Ca}_{10}(\text{OH})_2(\text{PO}_4)_6$ .



- 7** Care sunt urmările pentru organism, provocate de reducerea cantității de apă la vârsta înaintată?
- 8** De ce, spre deosebire de apă, densitatea amoniacului solid este mai mare decât densitatea lui în stare lichidă?
- 9** Câinii pe vreme caldă respiră pe gura deschisă cu limba umedă scoasă. Care proprietăți ale apei îi ajută pe câini să lupte cu căldura în acest fel și cum?
- 10** Descrieți dereglările în funcționarea organismului uman, care apar în urma insuficienței de Calciu.
- 11** De ce pentru crearea mediului acid în stomac organismul produce acid clorhidric, și nu alt acid?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 12** Deoarece spațiul interior al organismului este umplut cu apă, atunci compușii insolubili în apă – grăsimile și multe săruri – nu ar trebui să fie transportate, ci ar trebui să fie acumulate în locul apariției. Cum organismele rezolvă această problemă?
- 13** De ce principalii cationi ai organismului uman sunt cationii metalelor alcaline și alcalino-pământoase, și nu alți cationi?
- 14** Care boli, și în ce mod, duc la deshidratarea organismului? Este oare suficient de băut apă pentru a evita deshidratarea?

### Află singur și comunică altora

- 15** În lichidul interstițial se menține o anumită concentrație de ioni anorganici. Ce se va întâmpla cu celulele, dacă ele vor fi introduse într-o soluție cu concentrația de săruri de 10 ori mai mare sau mai mică decât în celulă?
- 16** Celulele multor organisme sunt în stare să reziste la scăderea temperaturii sub zero, fără congelarea conținutului intern. De care strategii de protecție a celulelor de congelare se folosesc organismele?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 17** Însemnătatea substanțelor organice și anorganice pentru durabilitatea și flexibilitatea oaselor.
- 1) Mâncați o găină, iar oasele curățite de țesuturi moi spălați-le cu apă și uscați-le. Lăsați câteva oase pentru comparație.
  - 2) Puneți câteva oase într-un borcan și turnați oțet (soluție de acid acetic). Pentru ca oțetul să nu miroase neplăcut, închideți borcanul cu capac. După 3–5 zile scoateți oasele, spălați-le cu apă și uscați-le.
  - 3) Alte oase ardeți-le timp diferit la foc deschis. Amintiți-vă, că arderea substanțelor organice va duce la apariția mirosului neplăcut, de aceea lucrați într-o încăpere bine ventilată. Așteptați, până când osul se va înnegri de la compușii organici carbonizați.
  - 4) Aduceți și arătați colegilor cum s-a schimbat durabilitatea și flexibilitatea oaselor în urma experimentelor. Explicați modificările oaselor.

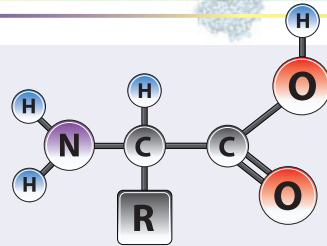
## § 3. Proteinele

### Proteine reprezintă cele mai diverse componente organice ale oricărei celule

După cum am clarificat, partea de masă a apei în organismele vii este cea mai mare. Așadar, conținutul substanțelor organice este mai mic, dar ele sunt mult mai diverse după structură și rolul biologic. Denumirile multora dintre ele le-ați putut auzi la lecțiile de biologie în clasele anterioare. Acestea sunt, de exemplu, glucidele, proteinele, grăsimile. Dintre aceste substanțe, după diversitatea lor structurală și funcțională, se evidențiază proteinele. Moleculele lor pot servi drept material de construcție, ca motoare, să participe la reacții chimice și să protejeze organismul, să perceapă semnale, să transporte alte molecule, precum și să efectueze multe alte funcții biologice. Despre proteine va fi vorba în acest paragraf. Proteinele sunt atât de diverse, încât numai la om sunt aproximativ 60 000 de diferite tipuri. În general, în natură pot exista peste un miliard de varietăți. Care este cauza acestei diversități a proteinelor?

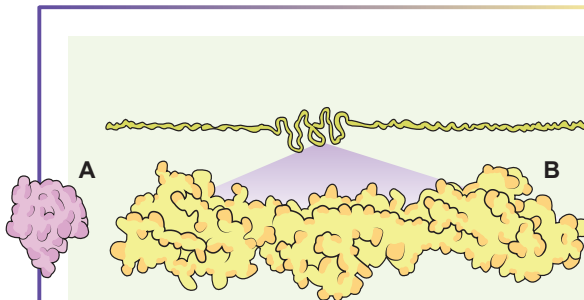
### Proteinele sunt molecule mari, cu o structură complexă

Răspunsul se conține în structura proteinei. Proteina este o moleculă de polimer, care constă din monomeri: resturi de **aminoacizi** (fig. 3.1), uniți între ei într-o catenă liniară<sup>1</sup>. În compoziția acestor catene pot intra de la 50 până la câteva sute de resturi de aminoacizi (fig. 3.2). Resturile de aminoacizi din moleculele de proteine diferă. În timpul formării proteinelor vegetale și animale în componența moleculelor lor sunt incluse 21 tipuri de aminoacizi.



**Fig. 3.1. Formula generală a aminoacidului**

Aminoacizii diferă unul de altul cu grupările R. Ele pot conține grupări de atomi hidrofile și hidrofobe, acide și baze, cu sarcină sau fără. Astfel, compoziția aminoacizilor în molecula de proteină determină proprietățile ei fizice și chimice. Să faceți cunoștință cu formulele aminoacizilor puteți în orice manual pe biochimie sau aici:



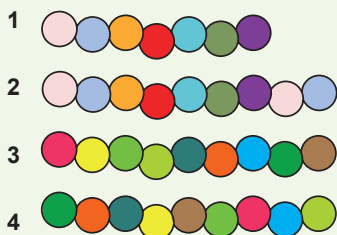
**Fig. 3.2. Insulina (A) și Titina (B)**

Proteinele variază după formă și dimensiuni. Figura prezintă hormonul pancreatic insulina – una din cele mai mici proteine, și titina – una din cele mai mari proteine. Mai detaliat puteți face cunoștință cu diversitatea formelor și dimensiunilor proteinelor și complexelor de proteine pe site-ul Protein Data Bank:



<sup>1</sup> Liniară aici trebuie să fie înțeles ca neramificată, adică în catenă toți monomerii sunt uniți într-un șir, unul după altul.





**Fig. 3.3. Patru catene de aminoacizi, diferite după lungime, compoziție și succesiune**

*Catena 1 se deosebește de catenele 2, 3 și 4 după lungime.*

*Catenele 2, 3 și 4 au aceeași lungime, dar catena 2 se deosebește de 3 și 4 după compoziție, pe când catenele 3 și 4 – numai după succesiunea aminoacizilor.*

Astfel, moleculele de proteine diferă după mărime (numărul de resturi de aminoacizi), compoziție (setul de resturi de aminoacizi) și succesiunea aminoacizilor (fig. 3.3).

### Moleculele de proteine au o organizare complexă

Deci, molecula de proteină este un polimer liniar. Însă aceste molecule lungi în organism au o structură de anumită formă. Acest fapt se realizează prin interacțiunea reciprocă a diferitor părți ale moleculelor de proteină (fig. 3.4). Molecula de proteină poate îndeplini funcția sa biologică numai după ce ea câpătă o anumită structură tridimensională. Această structură este aproape întotdeauna determinată de succesiunea de aminoacizi, dar, de asemenea, este influențată și de o serie de factori ai mediului. Cei mai importanți dintre acești factori sunt: temperatura, aciditatea și salinitatea.

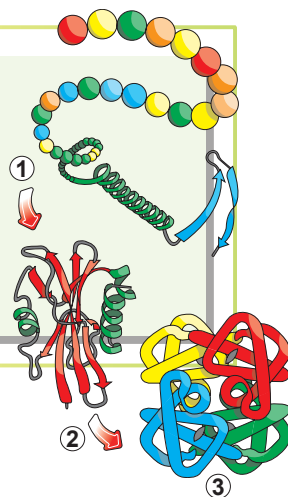
Structurile tridimensionale ale proteinelor sunt extrem de diverse, însă cele mai frecvente sunt proteinele **globulare** și **fibrilare**<sup>1</sup>. Proteine globulare sunt, de obicei, molecule solubile sferice. Aceste proteine

funcționează, de obicei, în soluții (citoplasmă, plasma sângelui) și execută funcția de transport, de reglare, de semnalizare și catalitică. De exemplu, albumina este o proteină globulară, ea este dizolvată în plasma sângelui și transportă moleculele hidrofobe prin organism. Proteinele fibrilare au o structură în formă de bastonaș și, cel mai des, sunt insolubile. Acestea sunt material de construcție pentru scheletul intracelular și structurile extracelulare. De exemplu, cheratina este un reprezentant tipic de proteine fibrilare: formează baza epidermei pielii și derivaților ei – părului, unghiilor, ghearelor, copitelor, coarnelor.

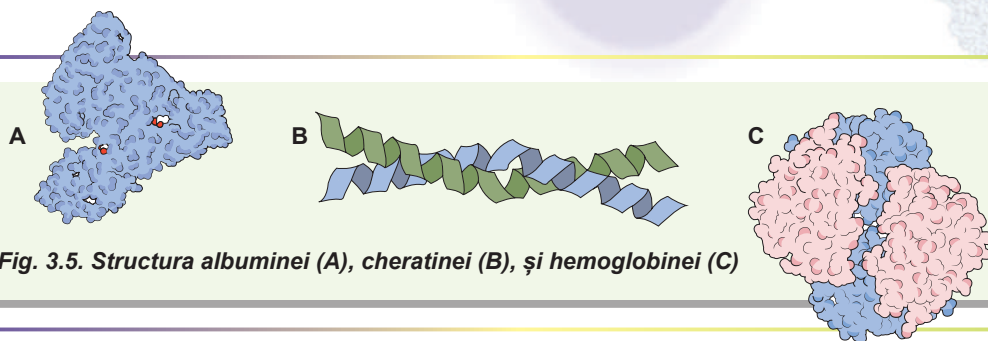
Structura tridimensională, formată dintr-o catenă de aminoacizi, nu întotdeauna posedă o activitate funcțională. Pentru a-și îndeplini funcțiile sale, aceste catene trebuie să se combine în complexe supramoleculare mai mari. Hemoglobina, proteina eritrocitelor cunoscută tuturor, reprezintă un astfel de complex: el este format din patru molecule globulare (fig. 3.5).

**Fig. 3.4. Nivelurile de organizare a moleculei proteice**

*Catena de aminoacizi este transformată într-o proteină funcțională. 1. Prin interacțiunea resturilor de aminoacizi, care sunt situați în apropiere, se formează o structură local asamblată. 2. Porțiunile îndepărtate ale catenei de aminoacizi interacționează între ele, formând o moleculă tridimensională. 3. La unele proteine se combină câteva catene de aminoacizi, formând complexe supramoleculare. Etapele 1–3 pot decurge fie în mod consecutiv, fie în mod concomitent.*



<sup>1</sup> Din lat. *globulus* – glob; *fibrilla* – fibră, fir.



## Rolul biologic al proteinelor

Descriind structura proteinelor, am atins și întrebarea rolului lor biologic. Deci, funcțiile proteinelor sunt foarte diverse. Se poate spune că proteinele participă aproape la efectuarea tuturor proceselor în organism. În *tabelul 3.1* este dată descrierea generală a rolului biologic al proteinelor cu exemple.

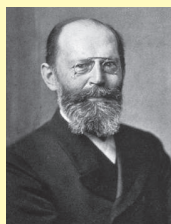
**Tabelul 3.1. Rolul biologic al proteinelor**

	Funcția biologică	Exemple	Descrierea
1	Constructoare	Cheratina	Formează baza epidermei pielii și derivaților ei
		Colagenul	Formează baza substanței intercelulare. Bogate în colagen sunt cartilajele, tendoanele, oasele
2	De transport	Hemoglobina	Proteina eritrocitelor. Transportă oxigenul și dioxidul de carbon
		Albumina	Transportă acizii grași, unele vitamine și medicamentele
3	Catalitică	Pepsina	Component al sucului gastric, participă la scindarea proteinelor din hrană
		Catalaza	Catalizează reacția de descompunere a peroxidului de hidrogen până la apă și oxigen, protejând celulele de oxidare
4	De semnalizare	Rodopsina	Proteina fotosensibilă a retinei ochiului
5	Protectoare	Anticorprii	Proteinele extracelulare, care participă la protecția imună a organismului
6	Motorie	Miozina	Proteina motorie a țesutului muscular
7	De reglare	Insulina	Hormonul pancreasului, care reglează concentrația glucozei în sânge
8	De depozitare	Ovalbumina	Proteină de rezervă a ouălor de păsări



### Alexander Danilevsky

*S-a născut în 1838 în Harkiv. A învățat la al Doilea gimnaziu din Harkiv, apoi a absolvit Facultatea de Medicină a Universității Harkiv. El a lucrat la Universitatea Harkiv și Kazan, la Academia Imperială Militară Medicală Sankt Petersburg, în laboratoare din Germania, Austria și Elveția. El a propus teoria structurii moleculei proteice, a demonstrat ca sucul gastric hidrolizează proteine, a descoperit inhibitorii enzimelor digestive, antitripsina și antipepsina, care previn autofermentarea pereților tractului gastrointestinal. A murit în 1923 la Petrograd (acum Sankt Petersburg).*



## Emil Fischer

S-a născut în 1852 în orașul german Euskirchen. A absolvit Universitatea din Strasbourg. A lucrat la universitățile din Munchen, Erlangen, Würzburg și Berlin. Fisher a studiat chimia proteinelor și a descoperit legătura peptidică, stabilind că, anume datorită acestei legături, resturile de aminoacizi se combină într-o moleculă de proteină. Iată ce scria cercetătorul „Deoarece moleculele proteice, într-o anumită măsură, participă la toate procesele chimice din organism, elucidarea structurii și transformării lor trebuie să fie sarcina principală a chimiei biologice”. În același timp, el a studiat chimia glucidelor, a cercetat structura moleculei de glucoză. Pentru prima dată a sintetizat molecula de glucoză și fructoză. În 1902 a devenit laureat al Premiului Nobel în chimie pentru studiul chimiei glucidelor. Însă Fischer, la conferința sa publică Nobel, a declarat: „Treptat draperia, cu care natura își ascunde secretele sale, a fost întredeschisă în întrebările legate de glucide. Cu toate acestea, enigma chimică a Vieții nu poate fi dezvăluită până când chimia organică nu va studia un alt obiect mai complex – proteinele”. A murit în 1919 la Berlin.

## Aminoacizii sunt componente neesențiale și esențiale ale organismelor

Proteinele sunt sintetizate din aminoacizi, dar nu toți aminoacizii, necesari pentru formarea proteinelor, sunt sintetizați în organismul uman. Așa aminoacizii sunt numiți **esențiali**<sup>1</sup>. Ei trebuie să nimerescă în organism odată cu alimentele. Se cunosc opt aminoacizi esențiali pentru om. Ei intră în compoziția proteinelor animale și vegetale în diferite proporții, de aceea, în rația alimentară trebuie să fie diferite alimente proteice (carne, fasole, ouă, produse lactate, pește).

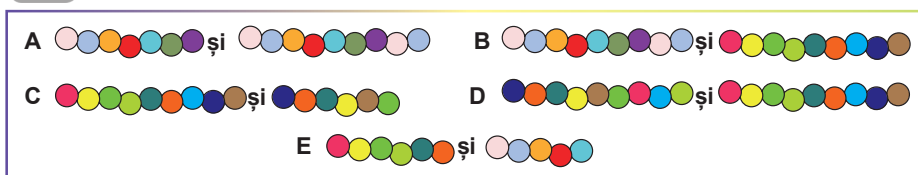
## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Dacă cu cercuri sunt însemnate resturile de aminoacizi, atunci ce poate fi drept fragment al proteinei?



- 2 Care două fragmente de proteine diferă numai după compoziție?



- 3 Care proteină este formată din mai multe catene de aminoacizi?  
A mioglobina B hemoglobina C pepsina D catalaza E albumina

1 Spre deosebire de neesențiali, pe care organismul îi poate sintetiza din alte molecule.



- 4** Denumirea uneia dintre proteine provine de la cuvântul grecesc *kolla* (clei), la care s-a adăugat sufixul *-gen* (cel ce dă naștere). Această proteină formează baza substanței intercelulare a țesutului conjunctiv. Ea se conține în cartilaje, tendoane, oase. Despre care proteină se spune?  
**A** cheratină **B** albumină **C** hemoglobină **D** collagen **E** miozină
- 5** Dacă pe o rană proaspătă se picură soluție de peroxid de hidrogen, se poate observa o spumare activă, cauzată de descompunerea peroxidului. De activitatea cărei proteine este legat acest fenomen?  
**A** pepsinei **B** tripsinei **C** catalazei **D** miozinei **E** rodopsinei

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** De ce proteinele sunt numite cele mai importante componente ale celulelor oricărui organism viu?
- 7** Caracterizați rolul biologic al proteinelor. Ce le permite proteinelor să efectueze diferite funcții în organismele vii?
- 8** Proteinele aproape niciodată nu sunt depozitate ca rezervă. Și totuși, există proteine de rezervă. Dați exemple de proteine de rezervă și indicați, în care cazuri, proteinele sunt drept material de rezervă.
- 9** Propuneți câteva motive ale diversității extrem de mari a proteinelor. Răspunsul afirmați-l prin exemple.
- 10** Care este legătura dintre rolul anumitei proteine și structura ei tridimensională? Se poate oare, după structura tridimensională a proteinei, să determinăm funcția ei în organism? Cât de exact poate fi determinată această funcție?

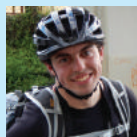
### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Există boli ale omului asociate cu perturbările structurii anumitor proteine. De exemplu, anemia falciformă se dezvoltă prin substituția unui aminoacid cu altul în molecula de hemoglobină. Multe boli sunt cauzate de perturbări destul de neînsemnate în structura fermenților (fenilcetonurie, talasemie, diverse forme de porfirie). Explică, cum asemenea schimbări neînsemnate în structura proteinei, pot provoca urmări radicale pentru organism.

### Află singur și comunică altora

- 12** În caz de deficit de proteine, la copii se dezvoltă malnutriția proteică: distrofie gravă însoțită de umflături. Umflarea se dezvoltă și la adulți, în cazul lipsei îndelungate a proteinelor în alimentație. Încercați să presupuneți mecanismul acestui fenomen.
- 13** De ce proteinele sunt moleculele cu cel mai mare potențial funcțional dintre toate, care intră în compoziția organismului nostru?
- 14** Știința modernă despre compoziția proteică a celulei este proteomica. De ce a apărut această știință și care sunt sarcinile ei?

# Anexa I



## Artem Komissarov

A absolvit școala № 47 din Harkiv, în 2009. În același an a câștigat medalia de bronz la Olimpiada Internațională de Biologie din Japonia. A absolvit Universitatea din Heidelberg. Acum studiază la aspirantură la Centrul reglării genomice din Barcelona.

## Moleculare organice mici. Monomeri și polimeri

După cum deja știți, toate ființele vii, inclusiv și omul, sunt formate din patru clase principale de molecule organice: proteine, grăsimi, glucide și acizi nucleici. Fiecare dintre aceste clase este reprezentată de mii și zeci de mii de molecule, uneori de un nivel incredibil de complexitate, dar toate formate doar din câteva

zeci de tipuri de componente de bază simple. Cum este posibil acest lucru? Într-adevăr, evoluția s-a desfășurat pe calea LEGO: având un set din cinci sau șase tipuri de piese și fantezie, puteți construi un număr potențial infinit de structuri, care îndeplinesc orice funcție aparentă (fig. 1.1). Chimia organică funcționează la fel! Molecularele elementare se numesc monomeri (din gr. monos – unul și meros – parte). Ele formează molecule mai complexe numite oligomeri (oligo – puțin) și polimeri (polis – mult). Să examinăm acum acest principiu prin exemple.

## Proteine

Celulele noastre pot sintetiza zeci de mii de tipuri de molecule de proteine, care efectuează cele mai diverse funcții în celulă, și toată această diversitate este construită numai din 21 tipuri de monomeri – aminoacizi. Toți aminoacizii au o trăsătură comună – posibilitatea formării polimerilor proteici liniari. Cu toate acestea, fiecare aminoacid are propriile sale proprietăți unice, cum ar fi dimensiunea, structura spațială, prezența sarcinii pozitive sau negative, solubilitatea în apă, unele proprietăți chimice specifice. Este important să ne amintim că lumea moleculară, de asemenea, este tridimensională, deci, pentru a înțelege mai bine ce reprezintă proteinele, noi trebuie să ne închipuim spațiu tridimensional.

Imaginați-vă răsucirea consecutivă a unui origami japonez dintr-o bandă de hârtie. La fel și catena dintr-o anumită succesiune de aminoacizi determină răsucirea specifică a polimerului proteic în 3D-spațiu (fig. 1.2).



Fig. 1.1.

*Chimia bioorganică funcționează după principiul LEGO: dintr-un număr mic de particule elementare simple se poate construi o mare varietate de structuri complexe cu orice funcții.*

Fig. 1.2.

*Modelul citocromului C uman imprimat pe 3D-printer. Acest model este o reflectare a structurii reale a proteinei obținute prin cristalografie modernă. Catena de aminoacizi este combinată cu o altă moleculă – hem (pe model este gri). Citocromul C participă la procesul de respirație.*



## § 4. Glucidele

### Multe realități din lumea înconjurătoare sunt formate în special din glucide

În paragraful precedent am constatat, că cea mai mare varietate de molecule biologice este specifică pentru proteine. Însă ele nu sunt unicele substanțe organice, care intră în componența organismelor vii. Dacă proteinele au cea mai mare diversitate a biomoleculilor, atunci cei mai răspândiți în biosferă sunt reprezentanții altei clase de compuși – glucidele sau hidrații de carbon. Cu glucidele voi vă întâlniți în fiecare zi. Hârtia, pe care este tipărit acest text, este alcătuită aproape complet din glucida **celuloza**. Zahărul extras din sfecla de zahăr sau trestia de zahăr reprezintă cristale ale altui glucid – **zaharozei**. Crusta racului, în mare parte este formată din glucida **chitină**. Când voi citiți acest text, fotonii reflectați de pe hârtie se concentrează de către cristalinul ochiului pe retină, dar înainte ei trec prin corpul vitros al ochiului, format, în principal, din **acidul hialuronic** hidratat, care este, de asemenea, glucid. Glucidele constituie cea mai mare parte din masa uscată a organismului plantelor, precum și în organismul animal ele îndeplinesc funcții vitale importante. Transformarea glucidelor reprezintă baza metabolismului plastic și energetic al tuturor organismelor vii.

### Compoziția moleculelor glucidelor determină denumirea lor

Să examinăm structura moleculei glucidelor pe exemplul moleculei de glucoză. Această moleculă mică (din punct de vedere a biochimiei), este formată din atomă de Carbon, Hidrogen și Oxigen. Formula de glucoză poate fi scrisă ca  $C_6H_{12}O_6$ . Această combinație de atomi le-a dat una din denumiri: hidrați de carbon – în compoziția moleculelor intră carbon și apă<sup>1</sup>. În fig. 4.1 sunt prezentate două formule de structură a glucozei: liniară și circulară. Examinând formula liniară a glucozei voi puteți atrage atenția, că: **1)** atomii de Carbon se combină într-un lanț linear; **2)** molecula conține multe grupări hidroxil (-OH); **3)** molecula este încoronată de gruparea -CHO<sup>2</sup>. Această grupare are o capacitate reactivă foarte înaltă și interacționează cu una dintre grupele hidroxil, formând o structură ciclică (asemănătoare cu un șarpe, care-și mușcă coada). În soluții sunt ambele variante de structură. Aceste structuri se pot transforma una în alta, dar echilibrul este mult deplasat spre cea ciclică (la o moleculă liniară de glucoză revine aproximativ 5000 de molecule de glucoză ciclică).

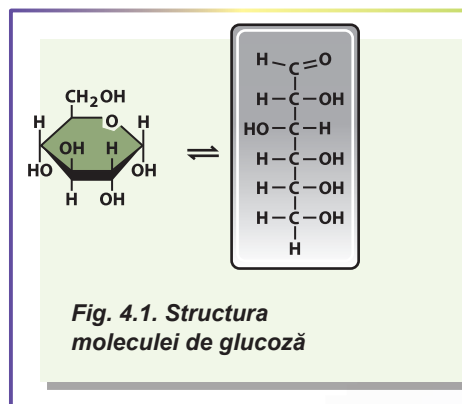


Fig. 4.1. Structura moleculei de glucoză

### Mono- și polizaharidele sunt răspândite în natură

Molecula de glucoză este o moleculă mică solubilă. Însă aceste molecule pot să se combine între ele, formând molecule de polimeri. Dacă unim moleculele de glucoză succesiv într-un lanț liniar, obținem molecula de **celuloză** – componentul principal al pereților celulari ai plantelor și celui mai răspândit polimer organic în biosferă. Astfel de moleculă se numește **polizaharidă**, iar o singură moleculă a ei – **monozaharidă**. Spre

- <sup>1</sup> În multe surse, glucidele sunt prezentate în calitate de compuși cu formula  $C_nH_{2n}O_n$ . Această formulă este incorectă, deoarece ei nu-i corespund polizaharidele (vezi mai departe), precum și glucidélé, care conțin Nitrogen, Fosfor și Sulf.
- <sup>2</sup> Acest grup se numește carbonil.



deosebire de proteine, ale cărora catenele de aminoacizi includ diferite resturi de aminoacizi, o parte semnificativă a glucidelor (ca, de exemplu, celuloza deja menționată) sunt construite dintr-un tip de unități ale monomerului.

Un rol deosebit în organismele vii îl joacă glucidele, moleculele cărora sunt formate din două monozaharide – **dizaharidele**. Mai jos sunt date câteva exemple de glucide, care se întâlnesc în organismele vii.

**Glucoza** este o monozaharidă foarte frecventă în natură. Este baza pentru construirea majorității di- și polizaharidelor. La animalele vertebrate glucoza este transportată de sânge și constituie principala sursă de energie pentru celulele creierului.

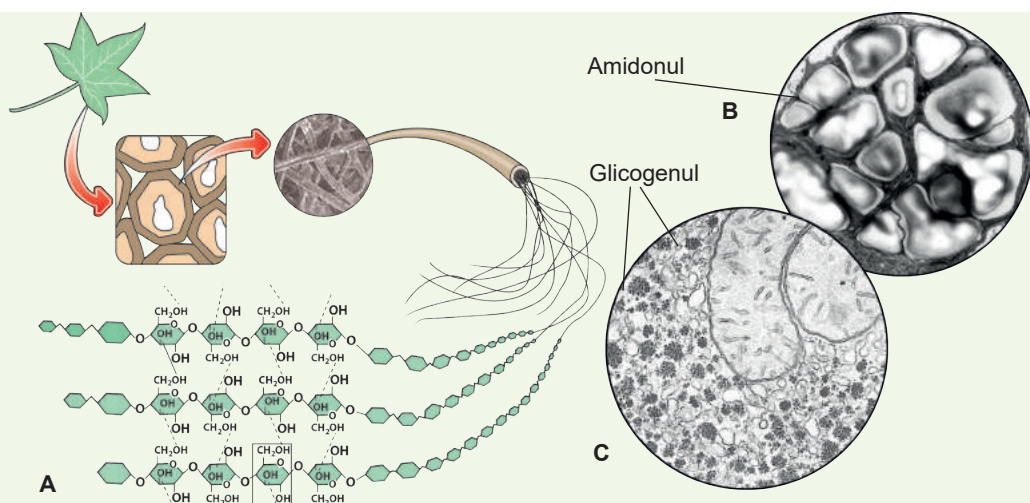
**Fructoza** este o monozaharidă cu aceeași formulă generală ca și la glucoză, dar cu altă succesiune a atomilor. Intră în compoziția unor di- și polizaharide.

**Zaharoza** este dizaharidă alcătuită din resturi de glucoză și fructoză combinate între ele. Este transportată prin floemul plantelor cu seva elaborată. Zahărul este forma cristalină a zaharozei.

**Lactoza** reprezintă o dizaharidă, care asigură gustul dulce al laptelui.

**Celuloza** este un polimer liniar al glucozei (*fig. 4.2 A*). Principalul component al pereților celulari la plante și cel mai răspândit polimer organic din biosferă. Animalele nu pot singure să descompună celuloza, însă cele erbivore conțin bacterii-simbiotice, care sunt capabile s-o scindeze.

**Amidonul** reprezintă polimerul glucozei, care conține atât fracție lineară (amiloza), cât și fracție ramificată (amilopectina) (*fig. 4.2 B*). Amidonul este principalul glucid de rezervă la plante. El se depune în cloroplaste sau în plastide modificate incolore – amiloplaste sub formă de grăunțioare de amidon. Cele mai bogate în amidon sunt grăunțele cerealelor și tuberculii de cartof.



**Fig. 4.2. Polizaharidele**

**A.** Celuloză în pereții celulari ai celulelor vegetale. **B.** Amidonul în tuberculii de cartof.

**C.** Granulele de glicogen în celulele ficatului.

**Glicogenul** este un polimer al glucozei foarte ramificat (fig. 4.2 C). Este principala polizaharidă de rezervă la animale. Cei mai bogați în glicogen sunt ficatul și mușchii, în citoplasma cărora el este depozitat în formă de granule. La acțiunea unor hormoni, așa ca adrenalina și glucagonul, celulele hepatice descompun glicogenul până la glucoză și o elimină în sânge. În schimb, insulina stimulează absorbția glucozei de către celulele ficatului și transformarea acesteia în glicogen.

**Chitina** este o polizaharidă, care intră în componența cuticulei artropodelor, precum și a pereților celulari ai celulelor ciupercilor. Spre deosebire de glucidele descrise mai sus, chitina, în afară de Carbon, Hidrogen și Oxigen, conține Nitrogen.

**Acidul hialuronic** este o polizaharidă lineară, care formează baza substanței intercelulare la animale. Acesta reprezintă o moleculă uriașă, care conține în medie 50 000 de monozaharide. Cele mai bogate în acid hialuronic sunt cartilajele, corpul vitros al ochiului și derma pielii.

## Rolul biologic al glucidelor nu se limitează cu depozitarea energiei

Să enumerăm pe scurt principalele funcții ale glucidelor.

**Energetică.** Metabolismul glucidelor formează baza metabolismului energetic al celulei. Anume glucidele se produc în timpul fotosintezei la plantele verzi și apoi servesc drept bază pentru construirea altor molecule organice. Oxidarea glucidelor în timpul respirației sau fermentației este însoțită de degajarea energiei, care apoi poate fi utilizată de organism.

**Constructoare.** Multe polizaharide formează o carcasă solidă: de exemplu, celuloza este baza pereților celulari ai celulelor vegetale, iar din chitină sunt formați pereții celulari ai celulelor multor ciuperci și cuticula artropodelor.

**Funcția de transport și de rezervă.** Glucidele sunt distribuite în organismul pluricelular în forme speciale de transport. La animalele vertebrate, forma de transport este glucoza, la plantele superioare – zaharoza. Glucidele de rezervă sunt polizaharide, care se acumulează în celule<sup>1</sup> și pot fi apoi scindate, formând monozaharide. Glucidul tipic de rezervă la animale este glicogenul, iar la plante – amidonul.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Polizaharidă de rezervă este  
A colagenul    B glicogenul    C celuloza    D pepsina    E chitina
- 2 Pereții celulari ai șampinionului sunt formați din  
A celuloză    B amidon    C glicogen    D chitină    E mureină
- 3 Polizaharidă ramificată este  
A amiloza    B amilopectina    C celuloza    D chitina    E acidul hialuronic
- 4 Cea mai răspândită polizaharidă în natură este  
A colagenul    B glicogenul    C celuloza    D pepsina    E chitina
- 5 În cazul intoleranței la lactoză nu se poate de consumat  
A legume    B fructe    C zahăr    D produse lactate    E pește

1 Uneori se acumulează în mediul extracelular, ca, de exemplu, hemiceluloza în pereții celulari ai endospermului curcumei.

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6) Descrieți rolul biologic al polizaharidelor. Numiți polizaharidele de structură. Care dintre ele sunt cele mai răspândite în natură?
- 7) Ce proprietăți trebuie să posedă substanța, ca organismele vii s-o poată folosi drept material de construcție?
- 8) Ce polizaharide sunt utilizate ca material de rezervă? Explicați legătura dintre structura moleculară a polizaharidelor și rolul lor biologic.
- 9) Ce legătură există între structura moleculei de glicogen și reglarea nivelului de zahăr în sânge?
- 10) Care este diferența principală dintre glucidele de transport și de rezervă? De ce unele și aceleași glucide, de obicei, nu pot fi concomitent și de transport, și de rezervă?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11) Celuloza este cel mai răspândit biopolimer de pe planetă. Încearcă să răspunzi la întrebarea: de ce în organismul animalelor lipsesc enzimele necesare pentru scindarea celulozei, adică de ce ea nu poate servi drept hrană pentru noi?
- 12) De ce în ficatul și mușchii animalelor se formează rezerve de glucide sub formă de glicogen, cu toate că organismul animal își păstrează cea mai mare parte din energia sa în formă de grăsime?
- 13) De regulă, plantele și fac rezerve de glucide sub formă de substanțe polimerice (amidon, inulină<sup>1</sup>), dar unele plante acumulează compuși cu masa moleculară mică (zaharoza). Examinați avantajele și dezavantajele diferitor strategii pentru depozitarea glucidelor. Cum credeți, ce determină depozitarea diferitor forme de glucide?

## Află singur și comunică altora

- 14) De ce animalele și plantele folosesc diferite substanțe ca rezervă de glucide? Care este diferența principală dintre glucidele de rezervă ale animalelor și plantelor, care este cauza acestei diferențe?
- 15) Care alte glucide, în afară de cele de rezervă, au o structură ramificată? Explicați sensul biologic al acestei ramificări.

## Anexa II



### Alexander Onikiyenko

A absolvit liceul fizico-matematic № 27 din Harkiv în 2004. Câștigătorul de olimpiade și turnee de nivel național la chimie. A studiat la Universitatea Națională de Medicină din Harkiv. Acum lucrează cardiolog la spitalul de copii regional din Harkiv.

## Despre deficitul de lactază

Nou-născuții primesc substanțe nutritive din laptele matern, fiindcă, din cauza imaturității sistemului digestiv ei nu sunt apti de a digera produse, care le consumă adulții. Trep-tat, rația copilului trebuie lărgită: astfel este stimulată producerea de substanțe biologic active, care ajută la digestie (enzimele). Atunci când hrana devine mai diversă, putem spune că copilul trece la tipul „adult de nutriție” și, prin

1 Ca și amidonul, inulina este glucid de rezervă, se conține în multe plante, mai ales din familia Asteraceae (napi-porcești, cicoarea, anghinarea, păpădia). Este formată din resturi de fructoză.



urmare, laptele matern nu mai este atât de necesar. Semnal al acestei treceri este capacitatea redusă de asimilare a laptelui.

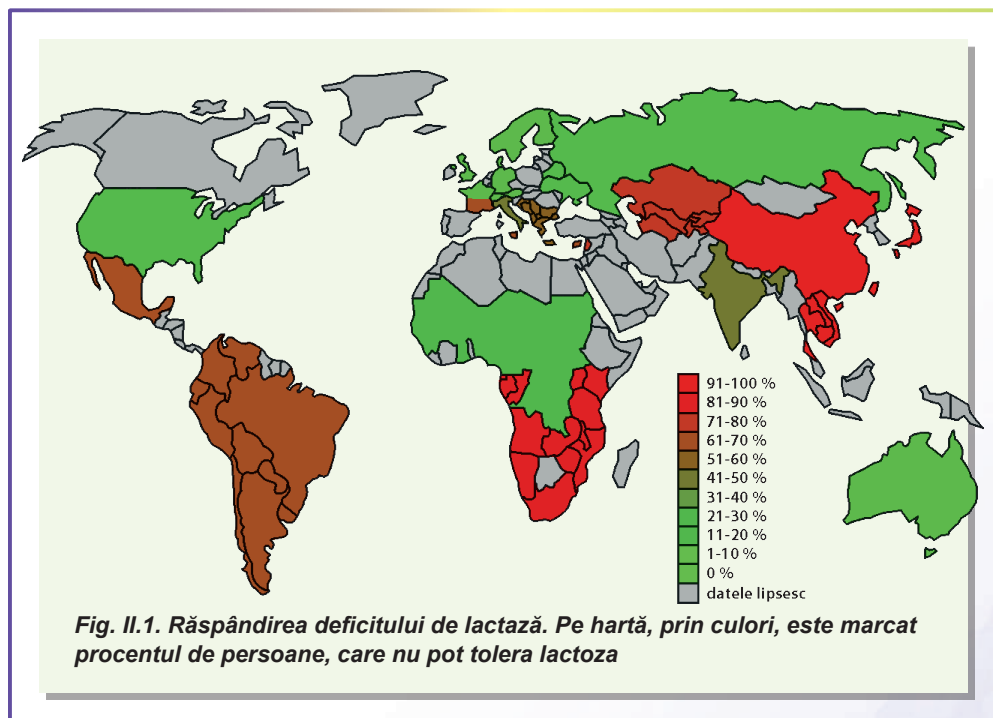
Astfel scade producerea unui ferment special: lactaza, care ajută la asimilarea lactozei – dizaharidei găsite în lapte. În acest fel, mama înțelege, că poate aduce deja copilul următor. Incapacitatea de a digera lactoza este numită intoleranță la lactoză sau deficit de lactază.

Se crede, că până în era glaciară toți adulții aveau deficit de lactază, și, prin urmare, nu consumau lapte. Dar, aproximativ 5 mii de ani înaintea erei noastre, au apărut păstori nomazi, la care în cursul evoluției s-a produs o mutație genetică, ce le-a dat posibilitatea să asimileze laptele. Tolerabilitatea la lactoză le-a oferit purtătorilor acestei gene un avantaj în lupta pentru existență și posibilitatea de a-și extinde teritoriul de viață. Astfel, laptele unei vaci permite unei familii întregi să supraviețuiască iarna. O alternativă mult mai riscantă și grea este de a întreține o cireadă întreagă pentru carne.

Pe lângă aceasta, laptele conține vitamina D, care noi o primim din unele produse nelactate. Prezența ei în lapte a permis populației să migreze, fără teama de a obține rahitism, spre nordul Europei, care era în timpurile celea zonă complet pustie.

Timp de aproximativ o mie de ani, locuitorii din Europa treptat au primit această mutație (fig. II.1). Astăzi această mutație este una dintre cele mai bune teste de „europenitate”, adică apartenența la populația indigenă a continentului, care locuiește aici cel puțin șase mii de ani. Cu alte cuvinte, cu cât mai mic, într-o anumită națiune, este numărul de oameni care nu pot tolera laptele, cu atât mai „originară” este această națiune în Europa.

Incapacitatea de a digera lactoza a dat un imbold la utilizarea pe scară largă a produselor lactate, cum ar fi iaurtul, chefirul, brânza etc., în care lactoza pentru organismul uman este descompusă de microorganisme. Deci, iubitorii de produse lactate pot fi calmi: aceste produse vor rămânea „la modă”!



## § 5. Lipidele

### Trăsătura comună a lipidelor este hidrofobicitatea lor

Am atras deja atenția la faptul, că biomoleculele se deosebesc printr-o mare varietate. În paragrafele precedente am examinat proteinele, care sunt polimeri ai aminoacizilor, și glucidele, ale căror molecule conțin câteva grupe hidroxil și o grupă carbonil, precum și derivații acestora. În acest paragraf vom face cunoștință cu un grup de biomolecule, pe care le unește nu atât structura lor chimică, cât proprietățile fizico-chimice. Glucidele, aminoacizii și majoritatea proteinelor (cel puțin parțial) există într-un mediu apos. Moleculele acestor compuși au grupări polare cu sarcină, care interacționează bine cu solvenți polari. Cu toate acestea, în organismele vii este și o altă clasă de compuși diverși nepolari. Acestea sunt **lipidele**. Cu toate că există o gamă destul de largă de structuri chimice ale lipidelor, o proprietate comună pentru ele este **hidrofobicitatea**: lipidele sunt insolubile în apă, dar ușor solubile în solvenți nepolari (benzen, clorform, eter de petrol).

### Grăsimile neutre sunt derivați ai acizilor grași și glicerolului

Drept bază pentru multe lipide ale organismelor vii sunt **acizii grași**. Acizii grași sunt compuși, care conțin grupa carboxil ( $-\text{COOH}$ ) și o coadă lungă hidrocarburică (tab. 5.1). Coada hidrocarburică nepolară asigură proprietățile nepolare ale acizilor grași, în schimb, grupa carboxil poate contacta cu mediul apos. Acizii grași sunt **molecule amfifile** tipice<sup>1</sup> – compuși, care conțin părți polare și nepolare. Așa moleculă poate contacta, cu o parte a sa, cu mediu polar, iar cu altă parte – cu un mediu nepolar. Sămurile acizilor grași sunt tuturor cunoscutele săpunuri. De capacitatea lor de a înconjura particulele nepolare de murdărie, și apoi de a trece împreună cu ele în apă, ne folosim în viața de zi cu zi.

Temperatura de topire a acidului gras depinde direct proporțional de numărul de atomi de carbon în moleculă, și invers proporțional – de gradul de saturație (număr de legături duble).

Tabelul 5.1. *Unii acizi grași naturali*

Scheletul de carbon <sup>2</sup>	Formula	Denumire trivială (originea)	Temperatura de topire (°C)
16:0	$\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Acidul palmitic (din lat. <i>palma</i> – palmier)	63
18:0	$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Acidul stearic (din gr. <i>stear</i> – grăsime solidă)	70
18:1	$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	Acidul oleic (din lat. <i>oleum</i> – ulei)	13
18:2	$\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Acidul linoleic (din gr. <i>linon</i> – in)	-5
20:4	$\text{C}_{19}\text{H}_{30}\text{COOH}$	Acidul arahidonic (din lat. <i>arachis</i> – arahide)	-50

1 Moleculele, care conțin grupe de atomi hidrofile și hidrofobe, se numesc *amfifile* (din gr. – *amphy* – dublu și *philia* – a iubi). Cu toate acestea, substanțele cu proprietăți similare, sunt la fel de puțin solubile atât în apă, cât și în compuși nepolari.

2 Prima cifră indică numărul de atomi de carbon în molecula de acid gras, iar a doua – numărul de legături duble.

De obicei, acizii grași se combină cu alcooli prin grupa carboxil. Unul din alcooli, derivații căruia sunt extrem de frecvenți în organismele vii, este **glicerolul**. Molecula glicerolului are trei grupe hidroxil<sup>1</sup>, care se pot combina cu trei molecule de **acizi grași**. Astfel se obțin moleculele grăsimilor neutre (fig. 5.1).

Resturile nepolare lungi ale acizilor grași – cozile de acizi grași – le oferă moleculelor de grăsime nepolaritate. Spre deosebire de acizii grași, molecula grăsimii nu are porțiuni polare ce contactează cu solventul. În mediul acvatic, moleculele grăsimilor se vor combina una cu alta, minimizând suprafața de contact cu apa. Astfel se formează picăturile de grăsime.

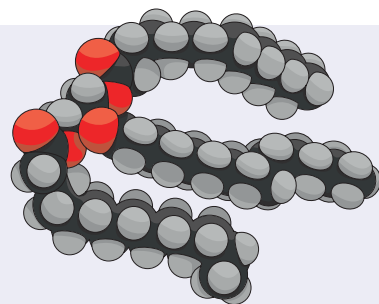
Cu grăsimile voi vă întâlniți în fiecare zi. La ele aparțin grăsimile de origine animală (untura de porc, de oaie, untul) și uleiuri vegetale (uleiul de floarea-soarelui, de măsline, de palmier, untul de cacao). Organismul utilizează grăsimile, în primul rând, pentru depozitarea energiei. Mai detaliat, funcțiile grăsimilor le vom examina la sfârșitul acestui paragraf.

## Membranele lipidice sunt amfifile și conțin Fosfor

Mai sus am examinat moleculele de grăsimi formate din glicerol și trei resturi de acizi grași. Iar dacă combinăm cu glicerolul doar două resturi de acizi grași, atunci la glicerol rămâne încă o grupă hidroxil neimplicată în formarea legăturilor chimice. Ea poate să se combine cu vreo moleculă polară sau cu grupe de atomi cu sarcină. Ca rezultat, se va forma o moleculă amfifilă, care conține două cozi nepolare de acizi grași și un cap mare polar sau cu sarcină. Extrem de interesant este comportamentul acestor molecule într-un mediu apos.

Ele, de asemenea, se vor combina una cu alta, ascunzând cozile de la contactul cu apa, iar capurile polare și cu sarcină vor fi orientate spre apă. Există mai multe tipuri de structuri supramoleculare formate de molecule amfifile în apă, dintre care, principalele sunt **micela** și **membrana dublă** (fig. 5.2, A, B, C). Micela este structura sferică, în care cozile nepolare sunt îndreptate spre centru, iar capurile polare – spre exterior. Mult mai interesantă și importantă după funcțiile biologice este membrana dublă. Ea reprezintă o foaie plană alcătuită din două straturi de lipide.

În fiecare strat, moleculele sunt aranjate astfel, încât cozile nepolare se uită în interiorul foii (unul în fața celuilalt), iar capurile sunt orientate spre exterior – contactează cu solventul. O astfel de membrană dublă, formată din molecule amfifile, și este baza tuturor membranelor celulelor organismelor vii. Exemplu de o astfel de moleculă poate fi **lecitina**, care, în cantități mari, se găsește în celulele animale (fig. 5.2 D). Fără a descrie detaliat structura chimică a acestei molecule, trebuie de remarcat faptul, că în componența capului intră restul de acid ortofosforic. Aceste lipide sunt numite **fosfo-**



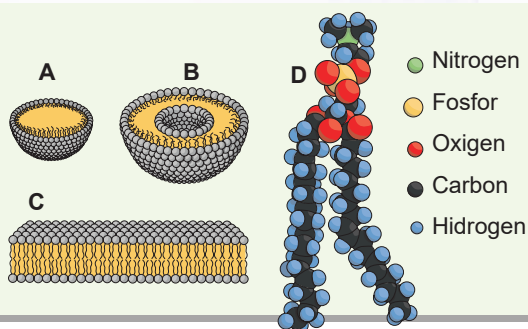
**Fig. 5.1. Molecula de grăsime (modelul lui van der Waals)**

1 Acești alcooli sunt numiți triatomici. Atomicitatea alcoolului este determinată de numărul de grupe hidroxil din moleculă.



**Fig. 5.2. Fosfolipidele și structurile formate din ele**

- A. Micela unistratificată.
- B. Lipozomul (veziculă fosfolipidică bistratificată).
- C. Stratul dublu de fosfolipide – baza membranelor biologice.
- D. Modelul van der Waals al moleculei de lecitină.



**lipide.** Trebuie de remarcat faptul, că în compoziția membranelor biologice nu numai că intră fosfolipidele, dar ele formează și baza membranelor la animale.

### Sterozii sunt material de construcție și reglatori

Baza grăsimilor și a lipidelor membranelor bacteriilor și a eucariotelor sunt acizii grași. Cu toate acestea, printre lipide sunt compuși, care diferă semnificativ de acizii grași. Unul dintre aceștia este **colesterolul** – lipidă vitală. Colesterolul îi oferă membranei o rigiditate, de aceea este mai bogată în el membrana plasmatică a celulelor animale, ce sunt lipsite de pereții celulari (fig. 5.3).

Colesterolul este important nu numai ca un component indispensabil al membranelor biologice, el este, de asemenea, drept bază pentru o clasă de compuși extrem de diverși: **sterozii**. Sterozii diferă după structură și funcții, dar toți sunt derivați ai colesterolului<sup>1</sup>. Iată unele dintre ele.

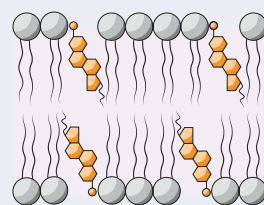
**Acizii biliari** sunt derivații colesterolului, care conțin un număr mare de grupe polare și cu sarcină. Aceștia sunt molecule amfifile și participă la emulsionarea grăsimilor în intestinul subțire. Sunt sintetizați în ficat.

**Hormonii steroizi.** Mulți hormoni sunt derivați ai colesterolului. La om, acestora le aparțin hormonii glandelor sexuale, hormonii cortexului suprarenal.

**Vitamina D** este, de asemenea, un derivat al colesterolului. În organismul omului nimereste, de regulă, în formă de provitamină, și numai apoi în piele se transformă în vitamină la acțiunea radiațiilor ultraviolete ale Soarelui.

### Rolul biologic al lipidelor este neașteptat de divers

Vorbind despre lipide, trebuie să ne amintim, că ele efectuează un număr mare de funcții biologice. Cea mai importantă dintre ele este funcția **construc-toare**: din moleculele lipidice amfifile sunt formate membranele biologice – un component esențial al tuturor celulelor vii. De asemenea, merită de menționat faptul, că moleculele lipidice au o parte hidro-carburiică mare. Arderea acestei molecule este însoțită de degajarea unei **cantități mari de energie**, precum și a unei cantități mari de **apă metabolică**. Datorită acestui fapt, lipidele (în special, grăsimile)



**Fig. 5.3. Colesterolul între fosfolipidele membranare**

<sup>1</sup> Aici este vorba de organismele animale. În organismele vegetale toți sterozii derivă din lanosterol. Deși trebuie de înțeles că toate moleculele organismelor animale provin, în cele din urmă, din molecule vegetale.

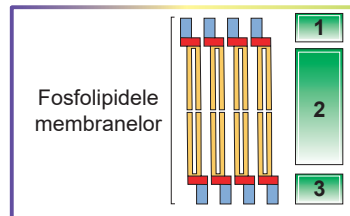
sunt substanțe de rezervă foarte acceptabile. Astfel, grăsimile se acumulează de animale, care cad în hibernare (ursul brun), de multe animale de deșert (cămila, scincida cu coada ciuntită), sunt depozitate în semințele plantelor (floarea-soarelui). Grăsimile sunt conductori foarte slabi de căldură, de aceea servesc drept **izolator termic** excelent. Este, de asemenea, important rolul de sprijin al grăsimilor în țesutul adipos: multe organe din corpul nostru sunt înconjurate de țesut adipos, care formează o **carcasă externă** (drept exemplu tipic este rinichiul: epuizarea țesutului adipos, care-l înconjoară, poate provoca omiterea rinichilor). Densitatea grăsimilor este mai mică decât densitatea apei, astfel animalele marine le folosesc pentru **menținerea flotabilității**. Stratul lipidic este impermeabil pentru apă, de aceea el acoperă suprafața frunzelor și epiderma pielii pentru a le **proteja de uscăre**. Din același motiv, majoritatea păsărilor acvatice își ung penele sale cu secretul glandei coccigiene pentru a **împiedica udarea** lor. Am menționat deja, că mulți **hormoni** sunt derivați ai colesterolului, care îndeplinesc funcția **de reglare**, precum sunt și **vitamine**. Acizii biliari participă la **emulsionarea** grăsimilor în intestinul subțire pentru asigurarea digestiei lor. În cele din urmă, trebuie de adăugat, că multe lipide, care nu sunt discutate în acest paragraf, asigură mirosurile lumii înconjurătoare: majoritatea aromelor florilor sunt cauzate de **uleiuri esterice**, în care se conțin compuși hidrofobi volatili.

## Să cugetăm

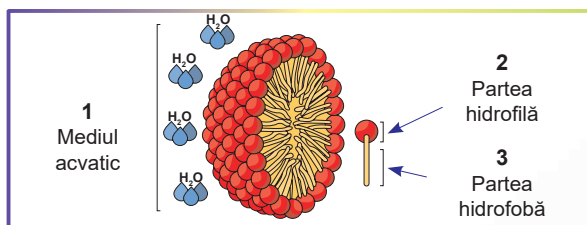
### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 O proprietate comună a tuturor lipidelor este  
**A** hidrofilitatea                      **B** polaritatea  
**D** solubilitatea în apă                **E** umezirea cu apă
- 2 În figură cu cifrele 1–3 sunt indicate grupele  
**A** 1, 2 – polare; 3 – nepolare  
**B** 1, 2 – hidrofobe; 3 – hidrofile  
**C** 1, 3 – hidrofile; 2 – hidrofobe  
**D** 1, 3 – nepolare; 2 – polare  
**E** 1 – polare; 2, 3 – hidrofile

C hidrofobicitatea



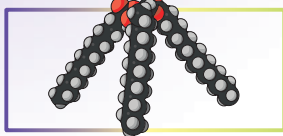
- 3 Care dintre inscripțiile obiectelor din figură sunt numite corect?



- A** toate inscripțiile sunt greșite  
**B** 1, 2 – corecte; 3 – greșită  
**C** 1 – corectă; 2, 3 – greșite  
**D** 1, 3 – corecte; 2 – greșită  
**E** toate inscripțiile sunt corecte

- 4 Derivați ai colesterolului sunt  
**A** grăsimile neutre                      **B** fosfolipidele                      **C** săpunurile  
**D** acizii biliari                            **E** uleiurile vegetale

**5** Molecula demonstrată în figură este formată din



- A glicerol și trei acizi grași
- B colesterol și acizi grași
- C glicerol și fosfolipide
- D fosfolipide și acizi grași
- E colesterol și glicerol

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Încercați să presupuneți cum se vor comporta moleculele amfifile în substanță nepolară, de exemplu, în ulei vegetal. Desenați amplasarea moleculelor în sistemul descris.
- 7** Care este natura chimică a grăsimilor neutre? La care substanțe ele aparțin din punct de vedere al chimiei? Ce legătură există între structura moleculelor și rolul biologic al grăsimilor neutre?
- 8** În celulele animalelor cu sânge rece, cantitatea de acizi grași nesaturați este mai mare decât la animalele cu sânge cald. Cum poate fi explicat acest lucru?
- 9** După care trăsătură substanțele chimice eterogene sunt unite într-un grup – lipide? Nu se poate oare, după părerea voastră, de asemenea, de unit într-un singur grup toate substanțele hidrofile? Argumentați-vă părerea.
- 10** Descrie rolul biologic al fosfolipidelor. De care proprietăți ale acestor molecule cu măiestrie se folosesc organismele pentru formarea membranelor biologice?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care steroizi se întâlnesc în organismele vii? Care este rolul steroizilor? Descrie modul în care steroizii participă la reglarea umorală a funcțiilor.
- 12** Se știe, că temperatura de topire a acizilor grași depinde de gradul de saturație: cu cât acidul gras este mai saturat, cu atât mai înaltă este temperatura lui de topire. De asemenea, se știe, că toate membranele biologice au structură asemănătoare cu a cristalului lichid (semi-fuzionată). Pe baza acestor două fapte, determină, de care acizi grași sunt mai mulți (saturați sau nesaturați) în componența lipidelor la animalele, ce locuiesc la latitudini nordice.

### Află singur și comunică altora

- 13** De ce rezervele de lipide se concentrează în anumite părți ale corpului și nu sunt distribuite uniform prin tot corpul?
- 14** De ce există problema transportului lipidelor prin organism și cum ea este rezolvată?



#### Vladislav Panov

A absolvit liceul fizico-matematic № 27 din Harkiv în 2004. Este câștigător al olimpiadelor și turneeelor naționale la biologie. A studiat la Universitatea de Stat din Moscova. Acum pregătește elevi pentru olimpiade și turnee biologice.

## Anexa III

### Problema transportului lipidelor prin organism

Cred că nouă la toți, din experiența personală ne este bine cunoscut, la ce duc încercările de a amesteca apa cu uleiul vegetal. Peste un anumit timp, ambele lichide se separă și se despart clar una de alta, se comportă ca lichide nemiscibile. Secretul acestui



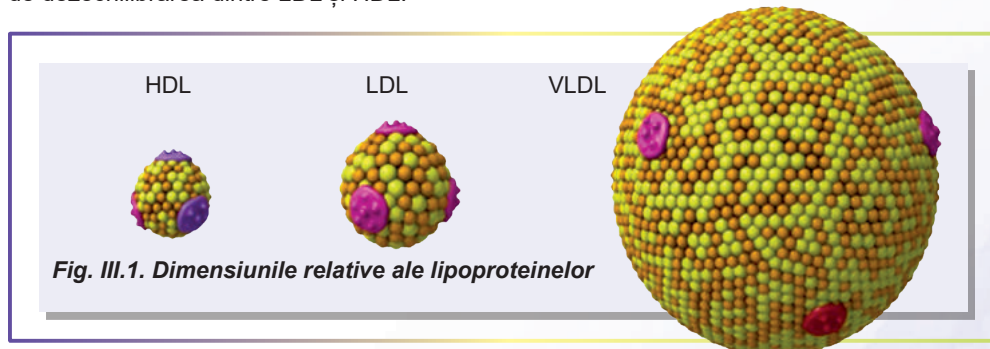
fenomen este simplu: capacitatea a două lichide de-a se amesteca, dar nu de a „fugi” în direcții diferite, este determinată de-o proprietate fizico-chimică importantă – polaritatea moleculei.

Lipidele, ca una dintre cele mai importante clase de biomolecule, reprezintă anume grupul de substanțe hidrofobe nepolare. Această proprietate a lipidelor este folosită cu succes de către organisme pentru a construi membrane biologice, principalul component al cărora sunt lipidele. Însă nu toate organele organismului au aceeași capacitate de a sintetiza lipide. Vorbind mai simplu, diferite țesuturi și organe se caracterizează prin intensitate diferită a metabolismului, multe țesuturi pur și simplu nu sunt capabile să sintetizeze așa o cantitate de lipide, care este necesară pentru activitățile lor, inclusiv și pentru formarea membranelor. Principalul organ, care sintetizează lipidele pentru organism este ficatul – laboratorul biochimic al organismului. Și aici apare o problemă: cum lipidele – substanțe hidrofobe, formate în ficat, pot fi transportate la toate organele? Doar componentul principal al sistemului de transport al organismului, plasma sângelui, este un mediu hidrofil, în acest mediu nu pot fi dizolvate lipidele, și, prin urmare, să fie transportate. Importanța acestei probleme crește, dacă ne amintim, că, în componența hranei, care este consumată zilnic, sunt grăsimi (un grup de molecule de natură lipidică). Și ele, de asemenea, trebuie să fie transportate la diferite organe.

Este bine cunoscut faptul, că în afară de construirea membranelor, organismul folosește lipidele și ca rezervă de energie. Lipidele de rezervă sunt repartizate în organism neuniform și se acumulează în locuri bine definite – depouri de grăsime. Dacă vreun țesut necesită energie, apare aceeași problemă cu transportul lipidelor din zonele de depozitare în părțile organismului, care necesită energie. Deci, cum organismele vii rezolvă această problemă? În acest caz, avem de a face cu invenția ingenioasă a naturii: lipidele hidrofobe sunt ambalate în capsule din proteine hidrofille, formând lipoproteine, și în așa formă circulă în fluxul sanguin.

Lipoproteinele sângelui sunt foarte diverse și variază după mărimea și densitatea particulelor formate. Principalii parametri, după care se clasifică grupurile de lipoproteine, îi constituie densitatea (fig. III.1). Cele mai mari după dimensiuni lipoproteine cu densitate minimă sunt numite hilomicroni. Ei se formează în celulele intestinului subțire și transportă lipidele, care nimeresc în organism odată cu alimentele (în principal acestea sunt grăsimile neutre). Apoi ei nimeresc în vasele limfatice, iar mai departe în fluxul sangvin și sunt transportați spre depourile de grăsime. Aici decurge formarea particulelor noi – lipoproteine de densitate foarte mică (VLDL, very low density lipoproteins). Aceste lipoproteine, spre deosebire de hilomicroni, transportă grăsimile neutre de origine internă a organismului, care nu aparțin la cele numai ce primite din exterior cu alimentele. Anume VLDL sunt responsabile pentru distribuirea moleculelor, care asigură necesitățile organelor în material energetic.

Transportul altor molecule de lipide, așa ca colesterolul și fosfolipidele, este asigurat de lipoproteine de densitate joasă (LDL, low density lipoproteins) și lipoproteine de densitate mare (HDL, high density lipoproteins) respectiv. Aceste lipoproteine transportă lipidele de la locul sintezei (ficat) spre locul de utilizare (organe și țesuturi). Din punct de vedere fiziologic, LDL sunt numite lipoproteine aterogene: cantitatea mare a acestora indică conținutul ridicat de colesterol în sânge și depunerea lui posibilă pe pereții vaselor sangvine, ce poate duce la riscul de ateroscleroză. Iar HDL, invers, sunt numite lipoproteine antiaterogene: ele reduc riscul de ateroscleroză. Posibil, că unul dintre mecanismele acestei boli răspândite este legat de dezechilibrarea dintre LDL și HDL.

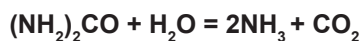


**Fig. III.1. Dimensiunile relative ale lipoproteinelor**

## § 6. Enzimele

### In celule decurg reacții, imposibile fără catalizatori

După cum deja știm din paragrafele precedente, în celulele organismelor vii este o varietate extrem de mare de molecule. Aceste molecule reprezintă nu numai baza celulelor și țesuturilor din care sunt formate organismele, dar, de asemenea, intră în reacții chimice una cu alta. În organism decurg cele mai diverse transformări chimice ale moleculelor: scindarea polimerilor alimentelor până la monomeri, respirația, fotosinteza, sinteza proteinelor noi din aminoacizi etc. Multe dintre aceste reacții sunt însoțite de degajare de energie, pe care organismul o poate utiliza, în timp ce altele necesită energie suplimentară. Să examinăm reacția simplă de descompunere a carbamidei (o altă denumire a acestei substanțe este ureea) în apă:



O astfel de reacție nu necesită surse suplimentare de energie, deoarece substanțele ce reacționează conțin mai multă energie decât produsele reacției. Această reacție decurge spontan. În figura 6.1 este demonstrată modificarea energiei reagenților în timpul reacției. Acest grafic se numește **profilul energetic al reacției**. Să punem o cantitate mică de carbamidă într-o eprubetă cu apă și vom observa procesul de degajare a amoniacului și dioxidului de carbon. Calculele energetice arată că

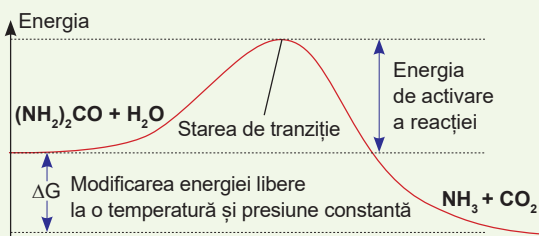


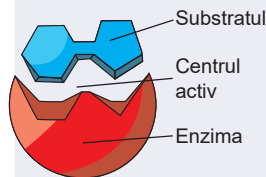
Fig 6.1. Profilul energetic al reacției de descompunere a carbamidei în apă

carbamida trebuie să se descompună complet. Însă viteza acestei reacții este foarte mică. Pentru ca reacția să se desfășoare complet, va trebui să așteptăm un miliard de ani! Care este cauza acestei viteze extrem de mici?

Dacă din nou am examina cu atenție figura 6.1, observăm, că pe profilul energetic între reagenți și produsele reacției este un „deal” – o stare de energie înaltă, care depășește energia reagenților cu o valoare egală cu energia de activare. Dacă am trece acest „deal”, reacția se va desfășura foarte rapid, însă „urcarea” pe el și „trecerea” sunt foarte dificile. Anume aceasta limitează viteza reacției. Dar unele substanțe pot reduce înălțimea acestui „deal”, adică reduc energia de activare. Așa substanțe se numesc **catalizatori**.

### Enzimele sunt catalizatori biologici

Reacția descompunerii carbamidei în apă este foarte lentă. Însă dacă am adăuga la această soluție semințe fărămițate de pepene verde și am apropia hârtiuța de turnesol umedă, observăm imediat că ea începe să se înalbastrească: aceasta este cauzat de amoniac, care se elimină și creează un mediu alcalin. Putem presupune că, în semințele de pepene verde se conține catalizator pentru această reacție. Și într-adevăr, așa este: acest catalizator este proteina ureaza. Ureaza este doar unul din marea varietate de catalizatori de natură proteică, numiți **enzime** (fermenți). Enzimele reprezintă majoritatea covârșitoare a tuturor catalizatorilor



**Fig. 6.2. Enzima și substratul ei**

organismelor vii. Ca și toate proteinele, enzimele sunt molecule foarte mari. Pe figura 6.2 este demonstrată enzima și substratul reacției (reagentul). Interacționează cu substratul nu întreaga suprafață a enzimei, ci doar o mică parte, care se numește **centrul activ**. Cealaltă parte formează baza structurală, pe care centrul activ se fixează și dobândește structura necesară pentru cataliză. Centrul activ, de obicei, este destul de mic, dar în compoziția lui adesea intră porțiuni îndepărtate ale catenei de aminoacizi. În procesul formării structurii spațiale ale moleculei de enzimă aceste porțiuni nimeresc una lângă alta.

## Principiul funcționării enzimelor este interacțiunea cu substratul

Centrul activ este o porțiune catalitică a moleculei de enzimă. Acolo decurge îmbinarea substratelor de reacție și actul de cataliză. Substratele intră în centrul activ și interacționează cu resturile de aminoacizi, provocând schimbări în structura tridimensională a enzimei. Se formează **complexul enzimă-substrat** (fig. 6.3). Adesea, aceste schimbări sunt destul de minore, dar uneori ele reconstruiesc global structura moleculei. Aceasta se referă, în special, la proteinele motorii, care efectuează un lucru mecanic. Să vedeți modul, în care funcționează proteinele motorii, **aveți posibilitatea accesând linkul**.....

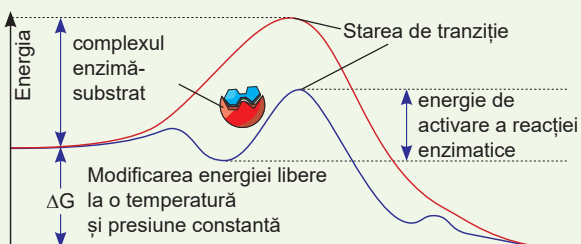


Centrul activ creează mediul respectiv pentru realizarea reacției cu o barieră energetică mai mică decât în soluție. Anume aceasta accelerează reacția de milioane și chiar sute de miliarde de ori.

În fiecare celulă există mii de diferite enzime, care efectuează diverse reacții. Așadar, putem spune despre **specificitatea** reacțiilor enzimatică: fiecare enzimă poate efectua cataliza doar a unui număr limitat de reacții. Astfel, enzima amilaza, care se conține în salivă, poate descompune amidonul, dar nu este capabilă să descompună celuloza. Specificitatea este determinată de faptul, ca centrul activ are o anumită formă accesibilă pentru interacțiunea cu unele substraturi și nu sunt accesibile pentru interacțiunea cu altele. Unele enzime accelerează doar o singură reacție, în timp ce celelalte – o mulțime.

## Asupra activității enzimatică influențează factorii mediului

Cataliza enzimatică este imposibilă fără localizarea corectă a resturilor de aminoacizi în centrul activ. Iar localizarea resturilor de aminoacizi în centrul activ al moleculei este determinată de spiralizarea corespunzătoare a moleculei de enzimă. În § 3 de acum am clarificat, că asupra procesului de



**Fig. 6.3. Profilul energetic al reacției catalizată de enzimă**

*Linia roșie – reacția fără enzimă,  
linia violetă – reacția cu enzimă.*



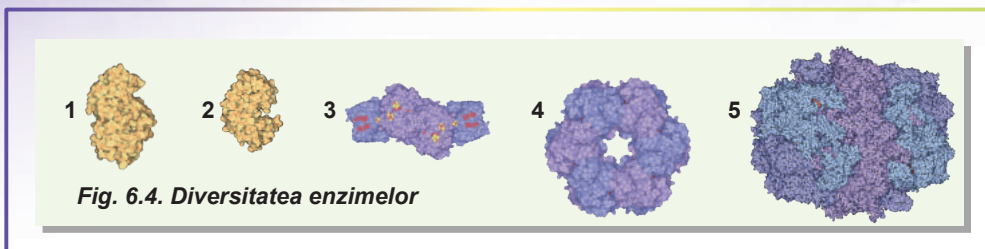


Fig. 6.4. Diversitatea enzimelor

spiralizare a moleculei de proteină influențează diferiți factori ai mediului: temperatura, aciditatea, salinitatea. Moleculele enzimelor, ca și moleculele altor proteine, sunt sensibile la modificările acestor factori: dacă acești parametri nu sunt optimali, se schimbă structura tridimensională a enzimelor și ei își pierd activitatea. Astfel, **pepsina**, care este un component al sucului gastric uman, este activă în mediul acid al stomacului, dar își pierde activitatea în mediul slab alcalin al intestinului. Majoritatea enzimelor sunt foarte sensibile la schimbările temperaturii. La încălzire peste 60 °C, ele încetează funcționarea. Însă enzimele bacteriilor, care trăiesc în izvoare termale, deseori funcționează optimal la temperaturi de 70–80 °C.

## Enzimele sunt extrem de diverse

Deja am menționat la începutul paragrafului, că în organismele vii decurge un număr extrem de mare de reacții biochimice catalizate de enzime. Enzimele sunt clasificate după reacțiile catalizate, structură și localizare în celulă. În figura 6.4 sunt demonstrate unele enzime ale organismelor vii.

1. **Amilaza** este o enzimă extracelulară, care scindează amidonul. La om se conține în salivă și secretul pancreasului. În timpul încolțirii boabelor de cereale este activ sintetizată de germeni și asigură descompunerea amidonului acumulat în endosperm.
2. **Pepsina** este un ferment, care se conține în sucul gastric. Asigură scindarea proteinelor. Este activ într-un mediu acid.
3. **Nitrogenaza** reprezintă o enzimă sintetizată de bacterii fixatoare de azot. Efectuează transformarea azotului atmosferic în amoniac, joacă un rol-cheie în circulația azotului în natură.
4. **Glutamat sintetaza** este un ferment responsabil pentru includerea Nitrogenului atmosferic în aminoacizi. E prezentă în celulele tuturor organismelor vii.
5. **Sintaza acizilor grași** este o enzimă citoplasmatică mare, care realizează sinteza acizilor grași – componente ale grăsimilor. La bacterii ea reprezintă un complex polienzimatic, iar la om – un dimer, care conține multe și diferite centre active.

## Să cugetăm

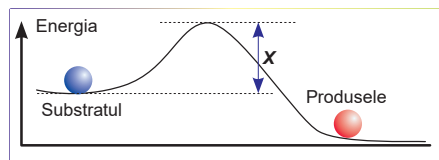
### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 În figura de la înșărcinarea № 4 cu cifra 5 este indicat
- |                            |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| A centrul activ al enzimei | B complexul enzimă-substrat |
| C complexul enzimă-produs  | D substratul                |
| E produsul reacției        |                             |

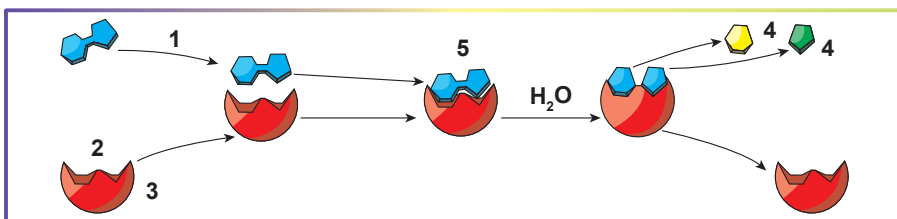
- 2** Procesul, care asigură organismele animale cu energie, este  
**A** biosinteza proteinelor    **B** sinteza lipidelor    **C** digestia hranei  
**D** fotosinteza    **E** respirația

- 3** Pe graficul ce ilustrează modificarea energiei în timpul reacției chimice, cu litera **X** este indicată

- A** energia substratelor  
**B** energia produselor  
**C** energia fermenților  
**D** energia de activare  
**E** diferența energiilor produselor și substratelor



- 4** Cu cifra 2 în figură este indicat  
**A** centrul activ al enzimei    **B** complexul enzimă-substrat  
**C** complexul enzimă-produs    **D** substratul  
**E** produsul reacției



### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** Cum activitatea enzimei depinde de factorii mediului?  
**6** Se consumă oare fermentul în timpul reacției enzimatice? De ce?  
**7** Care parte a moleculei enzimei răspunde nemijlocit de cataliză?  
**8** Ce este specificitatea enzimei? De ce ea este importantă pentru natura vie?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 9** Organismele termofile trăiesc în locuri cu temperatură înaltă a mediului (de exemplu, izvoare termale). Ce trăsături ar trebui să aibă enzimele acestor organisme? Fă o presupunere, cum pot fi folosite aceste enzime în practică?  
**10** De obicei, viteza reacției chimice crește odată cu temperatura (în medie de 2–4 ori la fiecare 10 grade). Este oare întotdeauna corectă această afirmație pentru reacțiile catalizate de enzime?

### Află singur și comunică altora

- 11** Ce proprietăți ar trebui să aibă moleculele biologice, pentru a îndeplini rolul de catalizator? De ce proteinele sunt cele mai potrivite substanțe pentru această funcție?  
**12** Cum, de ce și care enzime sunt utilizate în industrie?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 13** Folosindu-vă de diferite materiale (hârtie, carton, ață, nasturi, argilă etc.), faceți un model al reacției enzimatice. Arătați modelul în clasă și explicați ce el demonstrează. Dacă cu materiale adevărate să lucrați vă este lene, atunci creați un astfel de model virtual la calculator și arătați-l la clasă.

## § 7. Acizii nucleici

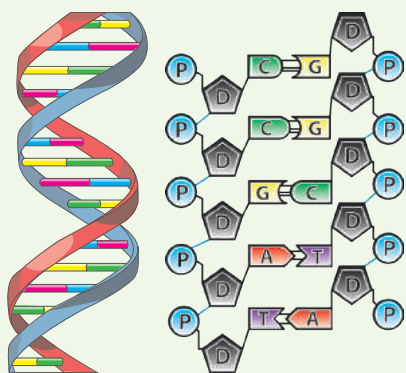


Fig. 7.1. Modelul moleculei bicatenare de ADN

P - ortofosfatul,  
D - dezoxiriboza,  
A, T, G, C – bazele azotate.

### ADN-ul este un purtător de informație

O proprietate a tuturor organismelor vii este complexitatea reproductibilă. Organismele vii se deosebesc nu numai după o structură micro- și macroscopică complicată, dar și prin faptul, că această structură este asemănătoare la diferite organisme și, prin urmare, este rezultatul nu numai al proceselor întâmplătoare, ci și naturale. Putem presupune, că organismele animale sau vegetale se dezvoltă după un anumit program stabilit. Deci, trebuie să existe un purtător al informației respective. Ar fi fost comod ca această informație să fie înregistrată sub forma unui text. Acest text ar trebui să conțină un set limitat de „litere”, din ele ar fi fost alcătuite „cuvinte” și „propoziții”. Mai mult decât atât, acest „text” ar fi putut să se păstreze și să se transmită urmașilor (anume în aceasta constă principiul eredității). Și acest „text” în organismele vii există. Rolul lui îl îndeplinește molecula de ADN – **acidul dezoxiribonucleic**.

### ADN este moleculă lungă liniară

Molecula de ADN are o structură caracteristică și ușor recunoscută<sup>1</sup>. Este o moleculă lungă liniară alcătuită din două catene împletite (fig. 7.1). De obicei, fiecare dintre catene reprezintă o moleculă separată, care nu este unită prin legături covalente cu cea opusă. Ambele catene sunt răsucite una în jurul alteia, formând o **structură bicatenară elicoidală**.

### Nucleotidele sunt „literele” moleculei de ADN

EADN-ul este o moleculă de polimer alcătuită din monomeri: **resturi de nucleotide**. În figura 7.2 este demonstrată structura unei nucleotide separate. În compoziția nucleotidei pot fi distinse trei unități structurale. În primul rând, ea conține o **bază azotată**, care reprezintă o structură ciclică, ce conține Nitrogen. Trebuie remarcat faptul că baza azotată este plană și conține la periferia sa grupe, care pot forma legături de hidrogen. În al doilea rând, se conține restul glucidei, în cazul ADN-ului – **dezoxiribo-**

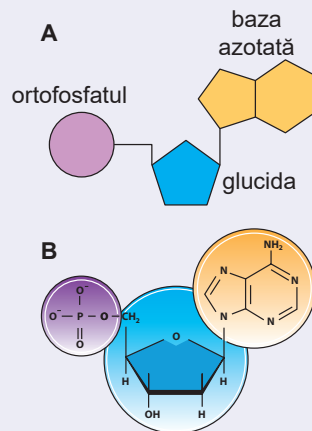
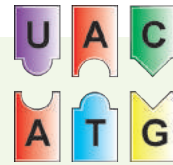


Fig. 7.2.  
Structura nucleotidei  
A. Schema. B. Formula.

1 Trebuie de remarcat că în acest paragraf este descris numai ADN-ul bicatenar „clasic”. Despre alte forme de ADN puteți afla din literatură specială.



zei (anume dezoxiriboza a dat denumirea ADN-ului: acid dezoxiribonucleic). Și în sfârșit, **acidul ortofosfatic**. Nucleotidele ADN-lui se combină între ele astfel, încât restul acidului ortofosfatic al unei nucleotide este legat de dezoxiriboza altei nucleotide. Astfel, putem să ne imaginăm că catena de ADN reprezintă o secvență de resturi de acid ortofosfatic și dezoxiriboza (așa-numitul schelet glicofosfatic), de care sunt fixate bazele azotate. Nucleotidele ADN-ului diferă între ele numai după baza azotată. În general, sunt patru baze azotate: **adenina (A)**, **guanina (G)**, **timina (T)** și **citozina (C)**. Anume nucleotidele sunt „literele” textului, care înregistrează informația în ADN. Lungimea acestui text poate fi foarte diferită. Cele mai scurte genomuri bacteriene conțin milioane de nucleotide, cele mai lungi genomuri ale plantelor – sute de miliarde. În genomul uman sunt peste trei miliarde de nucleotide<sup>1</sup>.



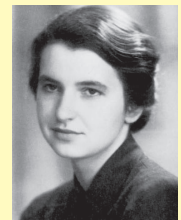
**Fig. 7.3. Principiul complementarității**

## Principiul complementarității reprezintă baza structurii ADN-ului

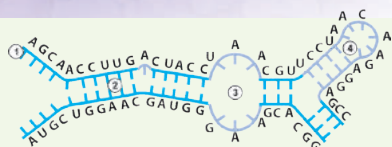
După cum s-a menționat deja, ADN-ul clasic este o moleculă bicatenară elicoidală formată din două catene polinucleotidice împletite una în jurul alteia. Totodată ambele catene sunt întoarse una spre alta cu bazele azotate: în fața unei baze azotate a unei catene polinucleotidice se află baza azotată a celeilalte catene. Trebuie de remarcat, că acest fapt nu este întâmplător, ci o corespondență regulată. Deci, în fața adeninei (A) a unei catene este situată timina (T) celeilalte catene, în timp ce în fața citozinei (C) se află guanina (G), precum și invers (fig. 7.3). Această corespondență se numește **principiul complementarității** (din lat. *complementum* – adăugare). Astfel, ambele catene ale ADN-ului, care formează structura bicatenară, sunt complementare între ele. Știind secvența nucleotidelor într-o catenă a moleculei de ADN, determinăm cu ușurință secvența nucleotidelor în catena a doua.

### Rosalind Franklin

*S-a născut în 1920 la Londra. Ea a studiat la școala St. Paul și la colegiul Nyunhem de la Universitatea Cambridge. Principalele lucrări științifice sunt legate de analiza cu raze X a structurii ADN-ului. Modelul bicatenar al ADN-ului propus de Watson și Crick, s-a bazat pe datele lui Franklin. Din păcate, Rosalind a avut cancer și a murit în 1958, la vârsta de 37 de ani. Conform testamentului lui Nobel, premiile în numele lui nu sunt acordate postmortal. Din acest motiv Franklin nu a fost nominalizată pentru Premiul Nobel în 1962, care a fost acordat pentru descoperirea structurii ADN-ului și determinarea rolului lui. Dar contribuția cercetătoarei în clarificarea structurii ADN-ului a fost evaluată de către mai multe instituții academice din lume, și chiar proiectul din 2012 de on-line educație în bioinformatică, programare și biologie moleculară a fost numit Rosalind în onoarea Rosalind Franklin.*



<sup>1</sup> Când sunt multe gene, informația este înregistrată pe mai multe molecule de ADN.



**Fig. 7.4. Variante de structuri secundare ale ARN-ului**

1. Porțiune monocatenară.
2. Porțiune bicatenară.
3. Buclă. 4. Agrafă.

Deci, la fiecare organism cantitatea de nucleotide adenilice este egală cantității celor timidilice, iar cantitatea celor guanilice – cantității celor citidilice. După cum o să vedem în următoarele paragrafe, principiul complementarității este extrem de important pentru citirea și realizarea informației genetice înregistrate în ADN.

### ARN-ul este un alt tip de acid nucleic

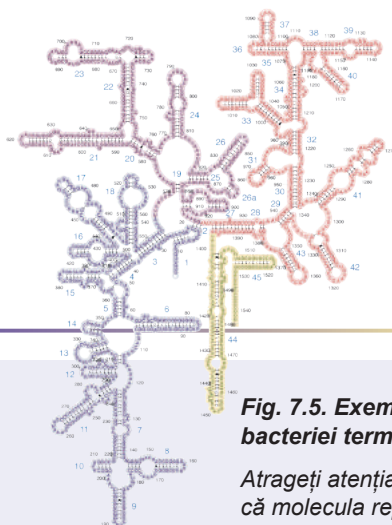
ADN-ul nu este unicul polinucleotid, ce se conține în celulă. Un alt tip de polinucleotide, care totdeauna este în celule și efectuează funcții vitale este **ARN-ul (acidul ribonucleic)**. Moleculile de ARN sunt con-

struite după aceeași schemă ca și molecula de ADN: o catenă de nucleotide unite succesiv. Diferența principală constă în faptul, că în nucleotidele de ARN, în loc de dezoxiriboză se conține **riboza**. De asemenea, în ARN, spre deosebire de ADN, în loc de timină se conține nucleotida apropiată după structura chimică uracilul<sup>1</sup>. Structurile tridimensionale, care le au moleculele de ARN, sunt mai variate decât structurile ADN-ului. Deși structura bicatenară elicoidală a ARN-ului este destul de comună, de obicei, ambele catene ale ei fac parte dintr-o secvență de polinucleotide. Astfel, moleculele de ARN formează bucle, agrafe, pseudonoduri și alte structuri neobișnuite (fig. 7.4). Trebuie remarcat faptul, că principiul complementarității astfel de sever în ADN, deseori este încălcat în zonele bicatenare ale ARN-ului.

### Rolul ARN-ului în celulă constă în realizarea informației ereditare

După cum deja știm, moleculele de ARN includ o mare varietate de structuri (fig. 7.5), ceea ce le permite să îndeplinească mai multe funcții în celulă. Majoritatea moleculelor de ARN în diferite moduri sunt implicate în realizarea informației genetice: citirea informației

codificate în secvența de ADN, sinteza moleculelor proteice, asigurarea sintezei altor molecule de ARN. Există ARN, care participă la protecția ADN-ului celular de virusuri și la reglarea funcționării lui. Unele ARN participă la transportul proteinelor prin membrană, precum și la cataliză chimică. Ultimul tip de ARN are denumirea de **ribozime** (după analogie cu enzime). Unele virusuri, cum ar fi virusul gripal, rinovirusurile (cauzează răcirii) și virusul imunodeficienței umane, pentru păstrarea informației genetice utilizează nu ADN, ci ARN.



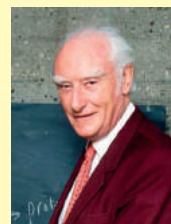
**Fig. 7.5. Exemplu de răsucire a moleculei de ARN: ARN-ul din ribozomii bacteriei termofile**

Atrageți atenția la un număr mare de structuri bicatenare și la faptul, că molecula reprezintă o singură catenă de polinucleotide.

1 ARN se deosebește printr-o varietate mai mare de baze azotate, ce intră în compoziția lui, dar principalele sunt patru: adenina, guanina, citozina și uracilul.

## Francis Crick

S-a născut în 1916, în orașul englez Northampton. Bunicul lui a fost biolog și a avut câteva lucrări științifice comune cu Charles Darwin. A studiat la școala Mill-Hill și apoi a absolvit Colegiul de la Universitatea din Londra. Principalele cercetări științifice se referă la structura moleculei de ADN. Datorită eforturilor lui Crick și multor colegi ai săi, în 1953 a reușit să propună un model al structurii ADN-ului în formă catenă helix dublu. Savantul a formulat proprietățile codului genetic, dogma centrală a biologiei moleculare, principale particularități ale biosintezei proteinelor. În 1962 el, împreună cu James Watson și Maurice Wilkins au primit Premiul Nobel pentru Fiziologie sau Medicină „descoperirile lor referitoare la structura moleculară a acizilor nucleici și la semnificația sa în transferul informației în lumea vie”. Până la sfârșitul zilelor sale Crick a rămas cercetător, umanist și ateu. Savantul a murit în 2004 în San Diego, Statele Unite ale Americii.



## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Funcția de păstrare a informației genetice în organism este efectuată de  
A proteine    B acizi nucleici    C lipide    D glucide    E aminoacizi
- 2 Monomer al acidului nucleic sunt  
A nucleotidele    B aminoacizii    C bazele azotate  
D ionii ortofosfatici    E acizii grași
- 3 În componența ADN-ului, de obicei, nu se conține baza azotată  
A timină    B adenină    C uracilu    D guanină    E citozină
- 4 Din perechile de nucleotide NU este complementară perechea  
A A–T    B G–C    C U–T    D A–U    E C–G
- 5 În locul marcat cu X în ADN-ul bicatenar elicoidal trebuie să fie nucleotida  
I catenă: T G C C T A T G A C  
II catenă: A C G G A X A C T G  
A A    B G    C T    D U    E C

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Scrieți secvența de ADN, care este complementară porțiunii următoare: ATGCGC-TTATTTCGAC. Scrieți secvența de ARN, complementară acestei catene de ADN.
- 7 Numiți deosebirea în natura chimică și structură a ADN-ului și ARN-ului.
- 8 Ce înseamnă noțiunea „complementaritatea catenelor de ADN”? În ce măsură această proprietate este caracteristică pentru moleculele de ARN?
- 9 La ridicarea temperaturii are loc așa-numita topire a ADN, în urma căreia ea se răsucește și devine monocatenară. Având în vedere că energia de interacțiune G-C este ceva mai mare decât energia de interacțiune A-T, presupuneți, care dintre cele două catene de ADN (sunt prezentate câte o singură catenă!) va avea temperatura de topire mai mare: GCAAAGTTAATTCATAT sau TAGCGC-TGCCGTCCGG?



- 10** Ureea poate fi folosită pentru tulburarea structurii tridimensionale a proteinelor, deoarece favorizează ruperea legăturilor de hidrogen. Poate oare ureea să fie utilizată pentru distrugerea structurii bicatenare a ADN-ului?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Setul moleculelor de ADN în nucleele celulelor omului conține circa 3 miliarde de nucleotide. În ADN fiecare bază constituie 0,34 nm din spirală. Reieșind din aceste date, calculează, care ar fi fost lungimea totală a moleculei de ADN în fiecare celulă a organismului uman, dacă tot ADN-ul ar fi fost complet răsucit și s-ar fi aflat în formă de spirală bicatenară (ai în vedere, că în celulă, de regulă, sunt câte două copii ale fiecărei molecule de ADN!).
- 12** Renumitul biofizician Max Delbrück a comparat descoperirea structurii ADN-ului, după însemnătatea pentru știință, cu descoperirea nucleului atomului de către Rutherford. Chibzuiește, cum lucrările în domeniul structurii ADN-ului au influențat asupra dezvoltării ulterioare a științei biologice și care este importanța lor.

### Află singur și comunică altora

- 13** Se știe, că ADN-ul monocatenar absoarbe lumina ultravioletă aproximativ de 40% mai eficient decât cel bicatenar. Încercați să prognozați cum se va schimba absorbția luminii de către ADN la ridicarea temperaturii de la 25 până la 98 °C. Ce se întâmplă dacă temperatura se va reduce încet de la 98 până la 25 °C?

## Anexa IV



### Anastasia Bondareva

A absolvit școala № 47 din Harkiv în 2008. În același an, ea a câștigat o medalie de bronz la Olimpiada Internațională de biologie în India.

A absolvit Universitatea Națională, Taras Șevcenko, din Kiev. Acum studiază la aspirantura facultății de medicină a Universității Tehnice din Dresda.

### Căutările „nebune” ale helixului bicatenar<sup>1</sup>

În 1869 Friedrich Miescher, cercetând leucocitele, a izolat „nucleină” din nucleele lor, redenumit mai târziu acid nucleic. Mai târziu, în anii 20 ai secolului XX, chimistul american Phoebus Levene a constatat că ADN-ul conține patru tipuri de nucleotide (adenina (A), guanina (G), citozina (C) și timina (T) formate din glucida dezoxiriboză, restul acidului ortofosfatic și baza azotată

respectivă) și a descris legăturile formate între ele. Însă Levene este mai bine cunoscut după teoria lui greșită a structurii ADN-ului: el considera că o moleculă de ADN conține numai câte o nucleotidă din fiecare tip (teoria tetranucleară). În 1934 această teorie a fost negată de descoperirea, conform căreia ADN-ul este un polimer din multe nucleotide legate într-o catenă.

Mai mult de jumătate de secol, de ADN s-au interesat mai mult chimiștii: la acel moment în biologie se considera că purtătorii eredității sunt proteinele. Dar, în 1928, Frederick Griffith a obținut un rezultat neașteptat al experimentului, în care bacteriile omorâte la încălzire (de obicei, proteinele își pierd structura lor spațială la temperaturi ridicate și sunt nefuncționale) au reușit să-și transmită patogenitatea sa la alte bacterii nepatogene. Acest lucru a dus la prezența altui purtător al eredității, în loc de proteină. Experimentele hotărâtoare, care nu au lăsat nici o îndoială în natura genei, au fost publicate de grupul lui Oswald Avery în 1944 după 10 ani de lucru: aceste experimente au

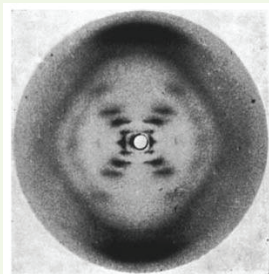
1 Asemănarea cu denumirea cărților lui Francis Crick și James Watson: Francis Crick „What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery”, 1988; James Watson „The Double Helix”, 1968.

arătat, că ereditatea la bacterii se pierdea numai în cazurile, când savanții distrugeau ADN-ul, și nu ARN-ul sau proteinele. Acest lucru a demonstrat, că anume ADN-ul este un purtător de ereditate și a unit eforturile geneticienilor și biochimistilor în căutarea „secretului vieții”.

În următorii 10 ani au continuat goane pentru întăietatea descifrării structurii ADN-ului. În America de această problemă s-a co-interesat Linus Pauling, unul dintre chimiștii de mare autoritate pe timpurile celea, care a descris natura legăturii chimice, laureat al Premiului Nobel pentru chimie în 1954. Totodată, la Colegiul Regal din Londra, Maurice Wilkins și Rosalind Franklin cu studentul său Raymond Gosling lucrau asupra analizei cu raze X a ADN-ului. Iar în Laboratorul Cavendish de la Universitatea Cambridge, biologul James Watson și fizicianul Francis Crick s-au interesat de problema structurii ADN-ului din alt punct de vedere: inspirați de succesul lui Pauling în aplicarea modelării moleculelor pentru a descifra structura proteinei ( $\alpha$ -spirală, propusă în 1951), au decis să modeleze structura ADN-ului. Însă, după cum scrie Watson în cartea sa „Helixul dublu”, ei rapid au înțeles, că pentru componentele ADN-ului sunt mult mai multe variante de plasare reciprocă decât pentru aminoacizi în proteine. Primele radiografii ale ADN-ului cu raze X obținute de Wilkins și Franklin, au indicat, că ADN-ul are o structură elicoidală, necăutând că Franklin a refuzat să facă astfel de concluzii fără experimente suplimentare. Toate acestea, nu i-au oprit pe Watson și Crick: unul dintre primele modele, construite de ei, avea aspectul unei spirale din trei catene de baze azotate la exterior și glicofosfați în interiorul moleculei. Văzând acest model, Franklin a remarcat că conform datelor ei, în cazul elicoidalității ADN-ului glicofosfații sunt localizați la exteriorul moleculei. A agravat modelarea și descoperirea recentă a lui Erwin Chargaff (născut în Cernăuți): în ADN cantitatea totală de adenină și guanină este egală cantității totale de timină și citozină. Oricare n-ar fi fost modelul ADN-ului, el trebuie să explice acest fenomen, sau, cel puțin, să nu-l contrazică.

Aproximativ după un an de la încercarea nereușită a lui Watson și Crick de a construi modelul tricatenar al ADN-ului, Linus Pauling a publicat un articol cu modelul său, care a fost foarte asemănător cu al lor. Acest model a avut câteva greșeli chimice semnificative și nu a putut explica regulile lui Chargaff, așa că Watson și Crick au continuat căutarea sa „neburnă” a modelului de lucru a ADN-ului. Un impuls hotărâtor pentru descifrarea structurii a devenit, probabil, cea mai cunoscută fotografie din istoria biologiei – așa-numita fotografie 51 (fig. IV.1), care a făcut-o Raymond Gosling – studentul lui Rosalind Franklin. Aceasta a fost o radiografie a sării de sodiu a ADN-ului, din care Watson și Crick au înțeles, că ADN-ul este format din două catene răsucite într-o spirală. Maurice Wilkins și grupul său, tot în același timp, au obținut radiografii cu raze X asemănătoare. Experimentând diferite variante ale spiralei duble, Watson și Crick au ajuns la un model elegant (fig. IV.2) cu nucleotide complementare (A – T și G – C), care nu numai că lămură regula lui Chargaff și nu era în contradicție cu caracteristicile chimice ale componentelor ei, dar, de asemenea, propunea un mecanism simplu de transmitere a informației genetice, în care ADN-ul se dublează prin sinteza catenelor noi pe o matrice a ADN-ului prezent. În 1953,

**Fig IV.2.**  
**Imaginea**  
**schematică**  
**a structurii ADN-lui,**  
**desenată**  
**de soția**  
**lui Francis Crick**



**Fig IV.1.** **Radiografia sării de sodiu a ADN-ului**

# Lucrarea practică № 1

## Rezolvarea exercițiilor elementare la structura proteinelor și acizilor nucleici

**Scopul:** de a se învăța cum se aplică cunoștințele despre structura proteinelor și acizilor nucleici la rezolvarea exercițiilor.

**Informație adăugătoare:** lungimea lineară a unui rest de aminoacid:  $l(aa) = 0,35$  nm; masa medie moleculară relativă a unui rest de aminoacid:  $M_r(aa) = 110$ ; lungimea lineară a unei nucleotide:  $l(nt) = 0,34$  nm; masa medie moleculară relativă a unei nucleotide:  $M_r(nt) = 345$ .

### Mersul lucrării

#### Exerciții și probleme la structura proteinelor

- 1 Masa moleculară relativă a proteinei mușchilor miozina constituie 500 000. Câte resturi de aminoacizi intră în componența catenei ei?
- 2 Proteina pepsina conține 340 resturi de aminoacizi. Determinați masa și lungimea catenei proteice a acestei enzime.
- 3 Scrieți toate succesiunile posibile ale catenelor de aminoacizi cu lungimea de două resturi, care sunt formate din aminoacizi diferiți sau identici „A” și „B”, și calculați numărul lor. Faceți aceleași operații cu setul de aminoacizi „A”, „B” și „C”. Deduceți formula generală pentru determinarea numărului variantelor de catene de aminoacizi în dependență de lungime (numărul de resturi) și diversitatea aminoacizilor în compoziția lor.
- 4 Hormonul de creștere somatotropina conține 9 resturi ale aminoacidului lizină cu masa moleculară relativă de 146. Care este masa moleculară relativă a întregii proteine, dacă lizina constituie doar 5,29% din masa lui totală?
- 5 Care este numărul de legături peptidice în molecula de proteină compusă din 191 de resturi de aminoacizi?

#### Exerciții și probleme la structura ADN-ului

- 6 Un fragment al moleculei de ADN are o lungime de 10,2 nm. Câte nucleotide el conține și care este masa lui?
- 7 ADN-ul unei celule umane conține 3,1 miliarde de perechi de nucleotide. Determinați masa și lungimea ADN-ului într-o celulă.
- 8 Unul dintre lanțurile de ADN are o secvență AGACTTGATCTGA. Înscrieți secvența catenei a doua de ADN și determinați lungimea fragmentului.
- 9 Fragmentul moleculei de ADN conține 120 nucleotide adenilice, ce constituie 30% din cantitatea lor totală. Câte alte nucleotide se conțin în acest fragment?
- 10 Secvența unei catene de ADN este următoarea: GCCTAATCAGGT. Care este conținutul fiecărei nucleotide în acest fragment de ADN?
- 11 Câte resturi de dezoxiriboză se conțin în molecula de ADN, dacă ea include 27% nucleotide guanilice, iar timidilice sunt 432?

*Aflați ce determină structura ARN-ului și cum asupra ei influențează înlocuirea unei nucleotide cu alta, rezolvând probleme și construind modele de molecule de ARN pe site-ul...*



## § 8. ATP

### Viața este dependentă de energie

Viața este mișcare. Această afirmație este pe deplin confirmată de observațiile de zi cu zi. Păsările zboară, făcând mișcări ramate cu aripile și împingându-se de la masele de aer. Musca creează cu mișcările aripilor sale turbulențe de aer, formând un spațiu rarefiat deasupra sa, în care este atrasă. Inima voastră în stare de repaus se contractă cu o frecvență de 60–80 de bătăi pe minut, pompând sângele prin organism. Plantele sunt mai puțin mobile, dar și ele întorc frunzele și florile în dependență de poziția soarelui.

În interior, celula este plină de mișcare. În fiecare clipă sute de vezicule mici se mișcă prin citoplasmă, se unesc și se împart, sunt transportate la distanțe mari de la locurile formării spre locurile de funcționare. Pentru efectuarea acestei diversități de mișcări este necesară o sursă de energie, așa cum și combustibilul este necesar pentru mișcarea automobilului.

Energia este, de asemenea, necesară pentru efectuarea reacțiilor chimice. Dacă am lua apă, în care se conține amidon, și am adăuga în acest amestec enzima amilaza, atunci amidonul începe să se descompună. Vorbind despre enzime, am remarcat deja, că astfel de reacții, ca descompunerea biopolimerului, decurg în mod spontan, deoarece produsele de reacție au mai puțină energie decât substratele. Însă organismele vii efectuează și reacții inverse: sinteza polimerilor din monomeri. Astfel de reacții pentru efectuarea sa necesită admisie suplimentară de energie.

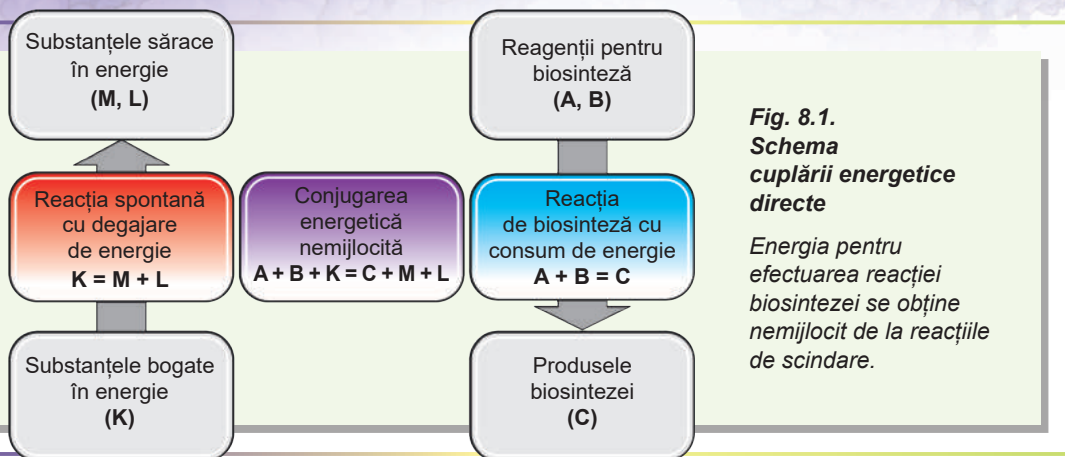
### Sursele de energie pentru organismele vii pot fi diverse

Organismele vii pot absorbi energia din mediul înconjurător în moduri diferite. Animalele obțin energie prin oxidarea („arderea”) moleculelor de substanțe, ce se conțin în produsele alimentare. Astfel, oxidarea glucozei până la dioxid de carbon și apă este însoțită de degajare de energie, care poate fi utilizată de către organism. În cazul arderii, această energie este eliberată sub formă de căldură și lumină, dar organismele vii sunt capabile să „ardă lent” glucoza, iar energia degajată s-o utilizeze pentru necesitățile sale (mai detaliat despre aceasta se va vorbi în § 17). Astfel, animalele utilizează energia chimică acumulată în moleculele substanțelor nutritive. Organismele vii, care obțin energia din moleculele „hranei” sunt numite **chemotrofi** (din gr. *hemo* – chimie și *tropho* – hrană). La ele aparțin animalele, ciupercile, multe bacterii și protozoare. Un alt mod de a obține energie este captarea energiei luminii solare. Organismele vii, care obțin energie în acest mod se numesc **fitotrofe** (din gr. *photos* – lumină). Fitotrofii au „antene moleculare” speciale pentru captarea energiei luminii, care va fi apoi transformată în energia legăturilor chimice (mai mult despre aceasta – în § 18).

### ATP-ul este valută energetică

După cum s-a menționat deja, reacțiile de sinteză a biomoleculelor sunt legate de consumul energiei. Sursă a acestei energii pot fi reacțiile chimice de descompunere a moleculelor, obținute în timpul nutriției. Așadar, în organism decurg concomitent atât reacțiile, care consumă energie, cât și reacțiile, care produc energie. Pentru a asigura cu energie vreo reacție de biosinteză, ea poate fi însoțită cu vreo reacție spontană, care decurge cu degajarea cantității suficiente de energie.





**Fig. 8.1. Schema cuplării energetice directe**

*Energia pentru efectuarea reacției biosintezei se obține nemijlocit de la reacțiile de scindare.*

Această legătură se numește **cuplare energetică**. Se obține cuplarea energetică ușor. Imaginați-vă că avem o reacție de biosinteză:



și o reacție, care are loc în mod spontan, cu o cantitate mare de energie:



Reacția (1) nu se va produce, dacă nu va primi energie din exterior. Dar noi putem adăuga la sistemul, care conține substanțele A, B și K, o enzimă, care va efectua reacția:

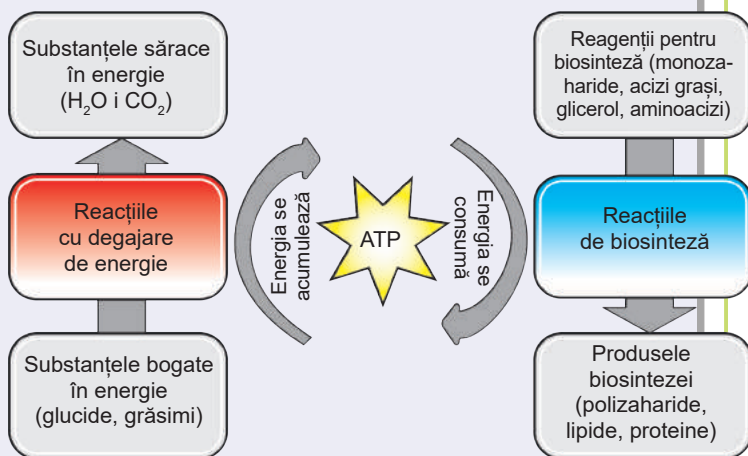


Practic, de acum ambele reacții sunt catalizate de o enzimă, iar energia obținută în timpul reacției (2) este utilizată pentru reacția (1).

Folosind această strategie, puteți alege pentru fiecare reacție de biosinteză o reacție cu degajare de energie. Se va primi schema prezentată în figura 8.1. Cu toate acestea, un astfel de sistem va avea o serie de neajunsuri: în cazul lipsei substratelor

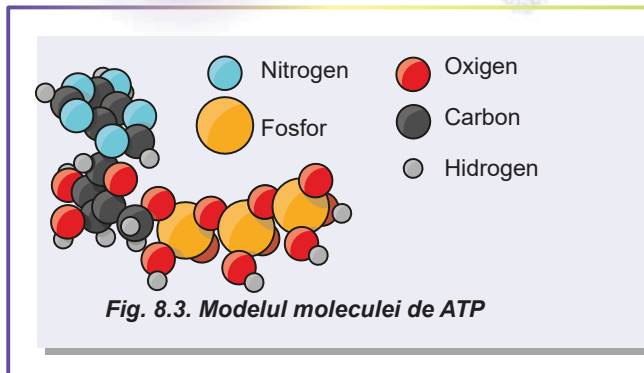
**Fig. 8.2. Schema cuplării energetice în organism cu mediator universal – ATP**

*În timpul oxidării substanțelor, obținute din alimente, se produce energie, care este acumulată în legăturile chimice ale moleculelor de ATP. Ulterior această energie este consumată în procesele de sinteză a moleculelor biologice, necesare pentru lucrul celulei.*



energetice specifice, reacțiile vor fi imposibile. De asemenea, reacțiile trebuie să coreleze astfel, încât energia degajată să nu fie mai mică decât energia necesară pentru sinteză. Mult mai eficient ar fi fost sistemul, în care, în timpul reacțiilor de scindare a moleculelor obținute cu alimentele, s-ar fi produs un mediator universal („valută energetică”), care ar putea fi utilizat ca sursă de energie pentru reacțiile de biosinteză.

Acest mediator ar trebui să posedă anumite proprietăți: să fie o moleculă stabilă mică (să nu se descompună spontan), iar energia scindării lui trebuie să fie mică (cu alte cuvinte, „valuta energetică” trebuie să fie în „monede mici”). Anume așa o schemă, ca în figura 8.2, este folosită de organismele vii, iar cel mai important din moleculele de mediatori energetici este **ATP-ul**.



## După structură molecula de ATP este o nucleotidă

În figura 8.3 este prezentat modelul structurii moleculei de ATP (acidului adenozintrifosfat). El este o nucleotidă (ribonucleotidă: conține glucidariboza), asemănătoare cu cele, din care sunt formați acizii nucleici. Molecula de ATP conține o bază azotată, adenina, fixată de riboză, și trei resturi de acid fosforic combinate între ele. La acțiunea apei, în prezența enzimei molecula de ATP poate scinda în ADP și acid ortofosforic. Această reacție este însoțită de degajare de energie<sup>1</sup>. Anume trifosfatul este porțiunea moleculei de ATP, în care se acumulează energia utilizată pentru biosinteză. O altă parte a moleculei servește pentru interacțiunea cu enzima.

ATP-ul este utilizat de către celule nu numai pentru asigurarea cu energie a reacțiilor de biosinteză. El servește și pentru efectuarea mișcărilor și transportul substanțelor prin membrană. Proteinele motoare asigură deplasarea moleculelor și a organelor celulare, bătaia cililor și flagelilor, precum și alte procese vitale, asociate cu mișcarea direcționată. Ele servesc drept enzime, care descompun ATP-ul și utilizează energia degajată pentru realizarea lucrului mecanic. Cu unele dintre ele ați făcut deja cunoștință în § 6. Aceasta este, de exemplu, miozina menționată. Celulele vii sunt bogate în mișcarea generată de motoare moleculare. Cu ajutorul microscopului se poate observa mișcarea organelor în celula vie<sup>2</sup>. Unele celule specializate sunt capabile să efectueze multe procese motorii de nivel global. Acestea sunt celulele țesutului muscular. Ele conțin proteina motorie miozina, asamblată în structuri complexe. Multe molecule de miozină descompun ATP-ul, și, datorită lucrului lor coordonat, este efectuată contracția musculară. Să studiați acest proces puteți, **în formă video, accesând linkul**.



- Există și un alt mod de scindare a ATP-ului: inițial el este descompus în AMP și acidul pirofosforic (moleculă formată din două resturi de acid fosforic), iar apoi acidul pirofosforic este scindat în două molecule de acid fosforic. În timpul acestei scindări a ATP-ului se degajă aproape de două ori mai multă energie decât la descompunerea până la ADP și acid fosforic.
- Puteți vedea mișcarea cloroplastelor în frunzele plantei acvatice, ciuma apelor **pe video, accesând linkul**.

ATP-ul, de asemenea, este substrat pentru un număr mare de proteine, care participă la transportul moleculelor și ionilor prin membranele biologice. Pentru funcționarea normală a celulelor vii trebuie să fie diferență de concentrații ale substanțelor pe ambele părți ale membranei.

Pentru a crea astfel de diferențe, trebuie de asigurat transportul substanțelor împotriva gradientului de concentrație: din locurile cu concentrații mici în locurile cu concentrații mari. Iar acest proces decurge cu consum de energie. Sursa de energie pentru el servește ATP-ul. Un exemplu tipic de proteină membranară, care transportă ionii împotriva gradientului de concentrație, este pompa de sodiu-potasiu. Ea este situată în membrana plasmatică a celulelor animale și asigură transferul a trei ioni de Sodiu din celulă și doi ioni de Potasiu în celulă timp de un ciclu de lucru. Pentru aceasta enzima consumă o moleculă de ATP.

Astfel, enzima creează un exces de ioni de Sodiu în afara celulei și un exces de ioni de Potasiu în celulă. Apare, de asemenea, un dezechilibru al sarcinilor pozitive pe părțile opuse ale membranei, deoarece timp de un ciclu de lucru, celula elimină mai mulți cationi, decât primește.

Această asimetrie suplimentară este necesară celulei animale pentru transportul altor substanțe prin membrană. Cu ciclul de lucru al pompei de sodiu-potasiu puteți face cunoștință, **acesând linkul**.



## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- Consumul de energie al ATP-ului nu necesită așa un proces natural, ca

**A** bătaia inimii                      **B** zborul furtunarului  
**C** zborul fructului de arțar        **D** zumzăitul bondarului  
**E** rotația inflorescențelor de floarea-soarelui după soare
- Organismele vii, care obțin energie din substanțele alimentelor, sunt numite (1), spre deosebire de fototrofi, care utilizează ca sursă de energie (2).

**A** 1 – autotrofi, 2 – reacțiile chimice  
**B** 1 – heterotrofi, 2 – oxidarea substanțelor nutritive  
**C** 1 – mixotrofi, 2 – absorbția substanțelor din aer  
**D** 1 – chemotrofi, 2 – captarea luminii solare  
**E** 1 – saprotrofi, 2 – reducerea compușilor minerali
- Alegeți perechea de reacții, în care prima reacție poate nemijlocit să fie energetic cuplată cu a doua, rezultând desfășurarea primei.

**A**  $C + O_2 = CO_2 + 393 \text{ kJ}$  și  $C + 2H_2 = CH_4 + 72 \text{ kJ}$   
**B**  $2H_2 + O_2 = 2H_2O + 572 \text{ kJ}$  și  $N_2 + O_2 = 2NO - 180 \text{ kJ}$   
**C**  $3O_2 = 2O_3 - 284 \text{ kJ}$  și  $2N_2 + O_2 = 2N_2O - 164 \text{ kJ}$   
**D**  $CaCO_3 = CaO + CO_2 - 178 \text{ kJ}$  și  $S + O_2 = SO_2 + 297 \text{ kJ}$   
**E**  $N_2 + 3H_2 = 2NH_3 + 92 \text{ kJ}$  și  $CO_2 + C = 2CO - 132 \text{ kJ}$

- 4** Molecula de ATP conține resturi de  
A adenină, dezoxiriboză, trei ortofosfați  
B timină, riboză, doi ortofosfați  
C adenină, riboză și trei ortofosfați  
D guanină, dezoxiriboză, un ortofosfat  
E acid ascorbic, trei ortofosfați

- 5** Ecuația reacției de scindare a ATP-ului este  
A  $ATP + H_2O = ADP + H_3PO_4$   
B  $ATP + H_2O = ADP + H_4P_2O_7$   
C  $ATP + H_2O = AMP + P_3PO_4$   
D  $ATP + H_2O = ADP + P_3PO_4$   
E  $ATP + H_2O = AMP + P_3PO_4$

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** De ce, după părerea voastră, viața este un proces, ce necesită consum de energie?  
**7** Care surse de energie sunt folosite de organisme? În care grupe pot fi împărțite organismele după această trăsătură? La care grup aparținem noi, oamenii?  
**8** Ce este cuplarea energetică? Cum ea apare în natura vie?  
**9** De ce ATP-ul este numit „monedă de schimb” al metabolismului energetic?  
**10** Cum ATP-ul în natura vie îndeplinește funcția de mediator între reacțiile cu consum de energie și reacțiile cu degajare de energie?  
**11** Cum funcționează pompa de sodiu-potasiu? De ce pentru funcționare ea necesită energia ATP-ului?  
**12** Caracterizați procesele celulare, care necesită energia ATP-ului.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 13** De ce aproape toate organismele folosesc aceeași substanță ca purtător și acumulator de energie? Despre ce aceasta mărturisește?  
**14** Majoritatea proceselor cu consum de energie în natură decurg datorită energiei ATP-ului. De ce atunci plantele și animalele acumulează grăsimi și glucide, dar nu ATP?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 15** Care alte substanțe sunt purtători și acumulatori de energie în natură? Unde ele sunt utilizate de organism și de ce?  
**16** În afară de ATP, purtători de energie sunt acidul guanozintrifosfatic (GTP), acidul timidintrifosfatic (TTP) și acidul citidintrifosfatic (CTF). Care sunt cauzele dominanței ATP-ului față de alți trifosfați?  
**17** Chemotrofii și fototrofii pot fi heterotrofi și autotrofi. Care este diferența dintre aceste patru noțiuni și de ce ele sunt adesea confundate?  
**18** De ce în organismele vii, ca reacții cu degajare de energie sunt cel mai des utilizate reacțiile de oxidare?





*Nature deserves praise and admiration for making machines so small.*

**Marcello Malpighi**



*Omnis cellula e cellula*

Rudolf Virchow

## **CAPITOLUL 2**

### ***Structura celulei***

## § 9. Structura celulelor eucariote

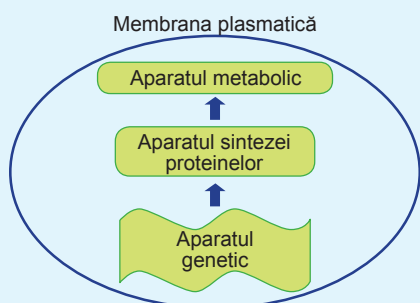


Fig. 9.1. Părțile funcționale ale celulei

### Cellula este unitatea elementară universală a vieții

Organismele vii au o diversitate extrem de mare. Acestea diferă unul de altul după structură, metodele de obținere a energiei și a substanțelor nutritive, tipurile de reproducere. Însă toate organismele vii au o proprietate universală: fiecare din ele este format din celule. Practic, **cellula este materialul genetic, care este separat de mediul extern printr-o membrană lipoproteică și are un aparat desăvârșit de sinteză a proteinelor și al metabolismului** (fig. 9.1). Putem spune, că cellula este cea mai mică unitate universală a vieții – cea mai mică structură, care posedă proprietățile sistemelor vii: autoreglarea și autoreproducerea. Drept, că unele celule ale organismelor pluricelulare pierd o parte dintre aceste proprie-

tăți. Dar nu există o astfel de structură, mai mică decât cellula, care este capabilă la autoreglare și autoreproducere în afara celulelor. Astfel, virusurile posedă o serie de proprietăți ale organismelor vii, dar se înmulțesc numai în interiorul celulei-gazde. În afara celulei, virusul este doar un complex macromolecular.

### Cellula animală are o structură internă complexă

Ca exemplu să cercetăm structura celulei animale (fig. 9.2). Cellula tipică a animalelor pluricelulare are dimensiuni liniare de 20–100  $\mu$ . Ea este înconjurată de **membrana plasmatică** și nu are un perete celular dens polizaharidic. Sub membrana plasmatică se află **citoplasma** și **nucleul**. Nucleul răspunde pentru păstrarea materialului genetic și etapele inițiale ale sintezei proteinelor. Citoplasma înconjoară nucleul din toate părțile. Ea poate fi împărțită în **citotosol** – fracție lichidă, și **organite** – structuri, specializate pentru efectuarea anumitei funcții. Cele mai bine vizibile sunt organitele înconjurate de propria membrană. La ele aparține **reticulul endoplasmatic** – un sistem de tuburi și rezervoare, care pătrund prin citoplasmă și participă la formarea membranelor (sinteza lipidelor și proteinelor membranare), secreția și dezactivarea toxinelor, **aparatur Golgi** – stațiune de sortare și de modificare a proteinelor membranare și proteinelor secretate, **lizozomii** – organite de digestie, precum și **veziculele de transport**. **Mitocondriile** reprezintă uzine energetice ale celulei și sunt înconjurate de două membrane. Ele, de asemenea, au și propriul lor aparat genetic și se pot reproduce în

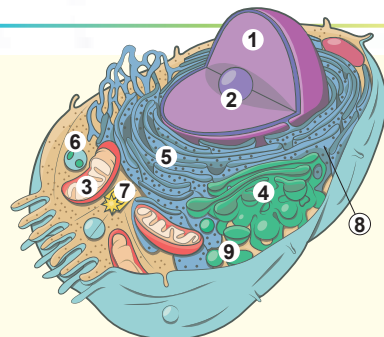
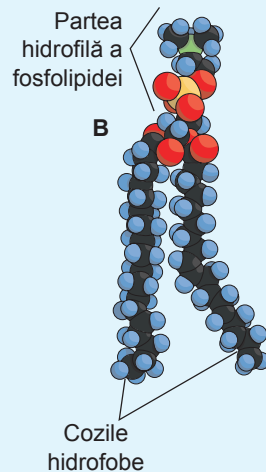
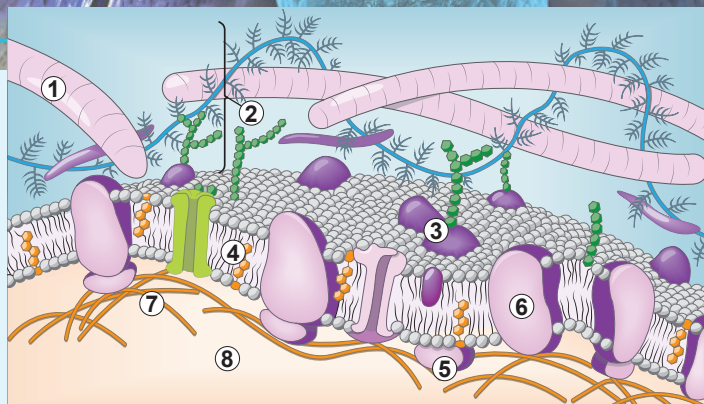


Fig. 9.2. Structura celulei animale

1. Nucleul.
2. Nucleolul.
3. Mitocondria.
4. Aparatur Golgi.
5. Reticulul endoplasmatic.
6. Lizozomul.
7. Centrul celular.
8. Ribozomul.
9. Vezicula de transport.





**Fig. 9.3. Structura membranei plasmatice**

**A.** O porțiune de membrană plasmatică. 1. Fibrilele matricei intercelulare. 2. Glicocalixul. 3. Glicoproteina. 4. Colesterolul. 5. Proteina periferică. 6. Proteina integrală. 7. Elementele citoscheletului. 8. Citosolul. **B.** Modelul fosfolipidei membranei.

interiorul celulei. Unele structuri intracelulare nu sunt înconjurate de membrană. La ele aparțin, de exemplu, **citoscheletul** – o rețea de filamente proteice, ce îndeplinesc funcția motorie și de sprijin, **ribozomii** – complexe macromoleculare, construite din proteine și ARN, ce sintetizează moleculele proteinelor, precum și **centrul celular** – organitul, care participă la formarea citoscheletului.

## Membrana celulară este formată dintr-un strat dublu de lipide

O parte obligatorie a celulei este membrana. Anume datorită membranei plasmatică conținutul celulei este separat de mediul înconjurător. Mai mult decât atât, multe organele, după cum am clarificat, au propriile membrane. Baza lor o alcătuiesc lipidele amfifile. Ele formează un strat dublu, în care capurile cu sarcină sau polare sunt întoarse spre mediul apos, iar cozile nepolare evită contactul cu apa și sunt îndreptate în interiorul stratului dublu (fig. 9.3).

În componența membranelor celulare intră și proteinele. Raportul dintre lipide și proteine poate varia în diferite membrane. În membrana plasmatică a celulelor Schwann,



### Robert Hooke

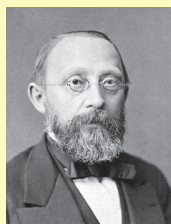
S-a născut în 1635 pe insula Wight. Robert Hooke a fost un adevărat enciclopedist. Anume el a introdus în uz științific termenul „celulă”. Hooke cu ajutorul microscopului de propria construcție, a examinat organizarea microscopică a stratului subțire de plută a plantei lemnoase și fiecare cămăruță a structurii ei reticulare a numit-o celulă. Rezultatele observațiilor sale, cercetătorul minuțios le desena și în cele din urmă în 1665, a publicat cartea „Micrografia”, în care a inclus aceste imagini.

Puteți să răsfoiți cartea lui Robert Hooke **accesând linkul**.

Savantul a murit în 1703 la Londra.







## Rudolf Virchow

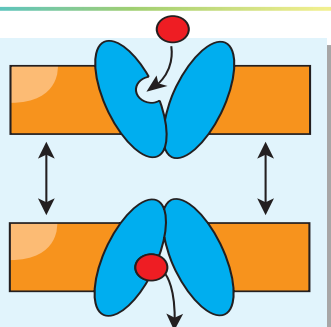
S-a născut în Schivelbein în Pomerania (acum Swidwin Polonia) în 1821. Studiile le-a făcut la Berlin în școala medicală. Virchow a fost fondatorul patologiei celulare, dovedind teza, că orice proces patologic se reduce până la schimbări în activitatea vitală a celulelor organismului. Savantul a formulat teza «*omnis cellula e cellula*» (fiecare celulă provine din celulă), cu ce a pus capăt închipuirilor multor dintre contemporanii săi că celulele pot să se formeze din substanță intercelulară. Această afirmație a fost inclusă în teoria celulară ca una dintre tezele ei. A murit cercetătorul în 1902 la Berlin.

care formează izolația celulelor nervoase, raportul este de 1 : 3 în favoarea lipidelor. În membrana internă a mitocondriilor raportul este de 3 : 1 în favoarea proteinelor. Proteinele membranei pot fi împărțite în trei tipuri: **integrale** sau **transmembranare**, cu suprafață hidrofobă mare cufundată în stratul nepolar al membranei; **periferice**, care contactează numai cu capurile lipidelor; și **ancorate**, de care este covalent fixat componentul lipidic, încorporat în membrană. Lipidele membrane includ o mare varietate de capuri. Majoritatea lor reprezintă grupări cu sarcină negativă sau cu sarcina totală egală cu zero (în cazul în care capul are grupări și pozitive, și negative). Astfel, suprafața membranei în condiții fiziologice are sarcină negativă, ce împiedică contopirea spontană a diferitelor organite membranare datorită respingerii electrostatice. Unele lipide și proteine membranare conțin componentul glucidic, fixat de moleculele lor. Astfel de molecule „himerice”, sunt numite glicolipide și glicoproteine respectiv. În membrana plasmatică componentele glucidice sunt întotdeauna situate pe partea exterioară (orientată spre mediul înconjurător)<sup>1</sup>.

## Proprietățile membranei celulare: semipermeabilitatea, fluiditatea, starea de cristal lichid

Trebuie de însemnat o serie de proprietăți, care caracterizează membrana biologică și care direct rezultă din structura ei.

În primul rând, în toate membranele este un strat nepolar format din cozile lipidelor. Este cunoscut faptul, că moleculele polare sau cu sarcină sunt foarte slab solubile într-un solvent nepolar. Astfel, membrana lipidică devine impermeabilă pentru moleculele cu sarcină și moleculele polare mari (moleculele polare mici, cum ar fi apa și amoniacul, pătrund prin membrana lipidică relativ ușor). Însă membrana poate deveni permeabilă și pentru astfel de molecule, și acest rol este îndeplinit de proteine. Ele formează canale, ce trec prin membrană și care posedă selectivitate față de anumite substanțe. Astfel, canalele de potasiu ale membranei plasmatică lasă să treacă ionii de Potasiu, dar sunt impermeabile pentru ionii de Sodiu. Sau pot exista transmițători cu organizare mai



**Fig. 9.4.**  
**Transportul**  
**glucozei**  
**prin membrană**

1 Această regulă este încălcată, de exemplu, la plante, la care sunt glicolipide cu component glucidic, ce „se uită” în interiorul celulei. Aceste glicolipide neobișnuite sunt implicate în sinteza celulozei.

complexă, așa ca transportorul de glucoză. Această proteină nu are un canal direct, dar poate să „împingă” prin sine molecula de glucoză (fig. 9.4).

Spre deosebire de transportul substanțelor prin stratul lipidic dublu (difuziunea simplă), transportul substanțelor prin intermediul proteinelor (difuziunea facilitată) poate fi controlat. Acest transport nu necesită consum de energie și se numește **pasiv**. Unele proteine, consumând energie, pot transporta substanțe împotriva gradientului de concentrație, adică din soluție mai puțin saturată în soluție mai saturată. Acest tip de transport se numește **transport activ**. El joacă un rol important în activitatea vitală a celulei.

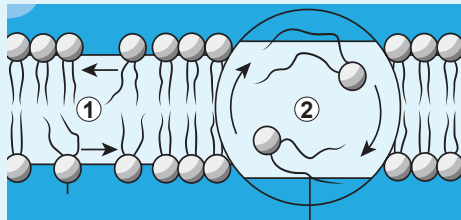
O altă trăsătură a membranei este aceea, că lipidele sunt capabile să se deplaseze (fig. 9.5). Și în cele din urmă, există încă o proprietate a membranei foarte interesantă. Cu toate că lipidele se mișcă în limitele stratului său, structura generală a membranei nu se schimbă: ea reprezintă un ansamblu plat din două straturi de molecule lipidice orientate. Astfel de sisteme, în care componentele permanent se mișcă, dar structura lor coordonată nu este tulburată, se numesc **cristale lichide**. Toate membranele biologice sunt cristale lichide.

Funcțiile membranei se bazează pe proprietățile enumerate. Anume aceste proprietăți contribuie la funcția **de barieră** și funcția **de transport selectiv**, ce asigură diferența conținutului intern al celulei de conținutul mediului, care o înconjoară. De asemenea, membrana formează majoritatea organitelor celulare, percepe și transmite semnale, participă la metabolismul energetic. Toate acestea reprezintă funcțiile ei **constructoare, de semnalizare** și, respectiv, **energetică**.

### La exterior, celula animală este acoperită cu o „blană” de glicide: glicocalix

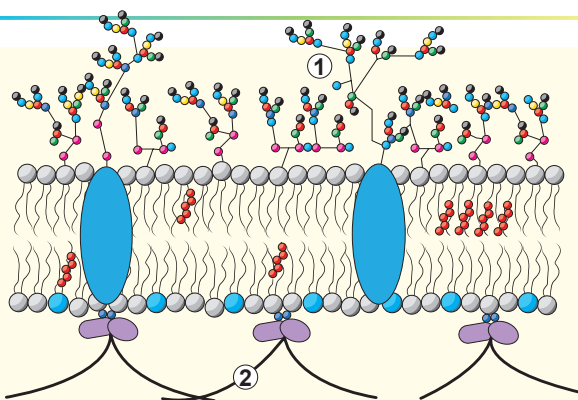
Membrana plasmatică reprezintă baza oricărei celule. Cu toate acestea, celulele au, în mod normal, structuri superficiale suplimentare. Se examinăm structura învelișului celulei tipice a animalului pluricelular. Deja am indicat, că pe suprafața externă a membranei plasmatică sunt glicolipide și glicoproteine.

Totalitatea componentelor glucidice formează în jurul celulei o „blană”: glicocalix. Glicocalixul asigură interacțiunea celulelor și substanței intercelulare. Din interior, membrana este suplimentar întărită de citoscheletul submembranar, care-i dă celulei formă și-i asigură mobilitatea (fig. 9.6).



**Fig. 9.5. Mișcarea lipidelor în membranară**

1. Deplasarea lipidelor în limitele unui strat. 2. Deplasarea între straturi – tranziția flip-flop.



**Fig. 9.6. Glicocalixul (1) și elementele submembranare ale citoscheletului (2)**

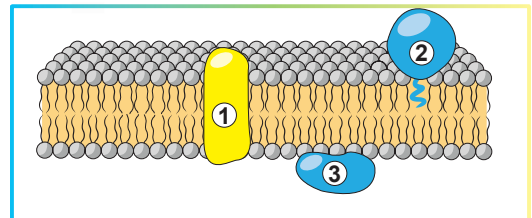
# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Celula vie la exterior este înconjurată de o membrană compusă din substanțe (1), care cu părțile sale (2) sunt orientate în interiorul membranei, iar cu cele (3) spre exterior.
- A** 1 – hidrofobe, 2 – amfifile, 3 – hidrofile  
**B** 1 – amfifile, 2 – hidrofobe, 3 – hidrofile  
**C** 1 – hidrofile, 2 – hidrofobe, 3 – amfifile  
**D** 1 – amfifile, 2 – hidrofile, 3 – hidrofobe  
**E** 1 – hidrofobe, 2 – hidrofile, 3 – amfifile
- 2** Unele structuri celulare au propriul lor aparat genetic, sunt capabile la sinteza proteinelor și reproducere în interiorul celulei. În celula animală acestora le aparțin
- A** rezervoarele aparatului Golgi    **B** ribozomii    **C** mitocondriile  
**D** nucleul    **E** lizozomii
- 3** Formarea membranelor în celulele animale (sinteza fosfolipidelor și asamblarea straturilor duble), are loc în
- A** mitocondrii    **B** aparatul Golgi    **C** reticulul endoplasmatic  
**D** lizozomi    **E** nucleu

- 4** În figură este prezentată o porțiune a membranei. Indică, care obiecte sunt marcate cu cifrele 1 – 3.

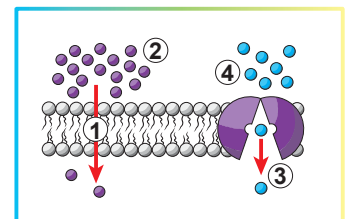
- A** 1 – proteina integrală,  
2 – proteina periferică,  
3 – proteina ancorată  
**B** 1 – proteina periferică,  
2 – proteina integrală,  
3 – proteina ancorată



- C** 1 – proteina integrală,  
2 – proteina ancorată, 3 – proteina periferică  
**D** 1 – proteina periferică, 2 – proteina ancorată, 3 – proteina integrală  
**E** 1 – proteina ancorată, 2 – proteina periferică, 3 – proteina integrală

- 5** În figură sunt demonstrate două tipuri de transport prin membrană. Imaginea din stânga ilustrează (1), care asigură pătrunderea (2). Imaginea din dreapta ilustrează (3), care asigură transportul (4).

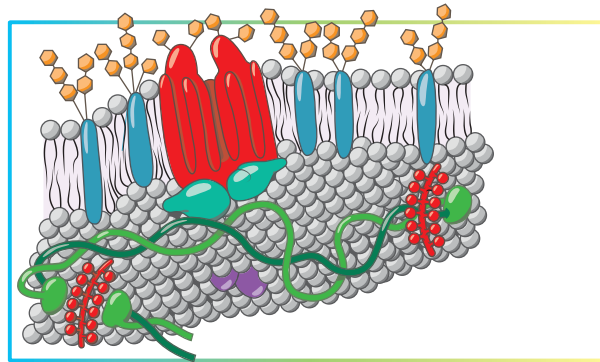
- A** 1 – transportul pasiv, 2 – Oxigenului,  
3 – transportul activ, 4 – cationilor de Potasiu  
**B** 1 – transport activ, 2 – cationilor de Sodiu,  
3 – difuziunea simplă, 4 – apei  
**C** 1 – difuziunea simplă, 2 – dioxidului de carbon,  
3 – difuziunea facilitată, 4 – glucozei  
**D** 1 – transportul activ, 2 – cationilor de Sodiu,  
3 – transportul pasiv, 4 – apei



- E** 1 – difuziunea facilitată, 2 – apa, 3 – difuziunea simplă, 4 – glucozei

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Explicați noțiunile, care sunt folosite în afirmația: „Celula este cea mai mică unitate universală a vieții – cea mai mică structură, care are proprietăți ale sistemelor vii: autoreglarea și autoreproducerea”.
- 7 Figura 9.2 prezintă structura generală a celulelor animale. După cum se vede, ea are multe părți structurale și funcționale. Încercați să le grupați și indicați principiul, după care părțile celulei au fost combinate în fiecare grup.
- 8 Analizați particularitățile funcționării celulelor, ale căror exemple sunt date în paragraf și explicați modul, în care se schimbă și de ce depinde raportul proteinelor și lipidelor în membranele biologice.
- 9 Cum și de ce se deplasează moleculele fosfolipidelor în membrană? Faceți desene, care arată deplasările posibile ale lipidelor. Faceți presupuneri despre rolul biologic al acestor mișcări și despre natura lor chimică.
- 10 Învelișul eritrocitelor conține multe componente. Indicați unde pe desen se află partea externă a membranei. Discutați funcțiile posibile ale componentelor de pe desen.



## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Descrie diversitatea fosfolipidelor, care formează membranele celulelor animale. Încearcă să faci o listă de fosfolipide și indică particularitățile lor de structură și rolul biologic. Unde omul utilizează fosfolipidele?
- 12 În membrană nu se poate face o gaură. Indică, în care situații aceasta este de folos, iar în care – nu. Această „rezistență” este cauzată de unele proprietăți ale membranei și ale componentelor, care intră în compoziția ei. Numește aceste proprietăți.

## Află singur și comunică altora

- 13 Mesagerii secundari transmit diferite semnale în interiorul celulei. Descrie funcționarea cascadei fosfatidil-inozitolice de semnalizare și rolul ei în reglarea funcțiilor organismului.
- 14 Foarte importantă este înțelegerea proceselor de asamblare a membranei, funcționării și demontării ei. Încearcă să faci schema sau planul de „viață” a membranei biologice.

## Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15 **Ascultați cântecul despre celulă** și încercați să creați ceva asemănător în limba natală. Înregistrați videoclipul, prezentați-l în *YouTube* și cântați-l cu colegii de clasă la lecția de biologie.





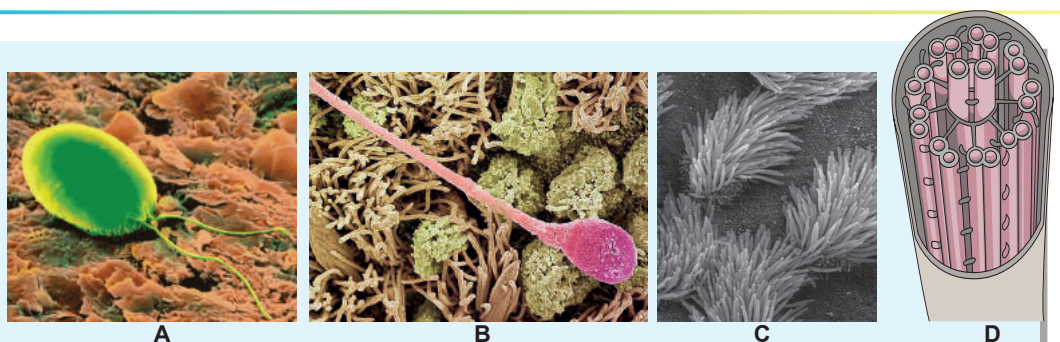
## § 10. Citoplasma și organelile

### Citosolul este străpuns de elementele citoscheletului

În paragraful precedent noi detaliat am examinat structura membranei plasmatică. Acum este momentul să ne scufundăm în interiorul celulei și să examinăm structurile și procesele, care decurg sub membrana celulară.

Nemijlocit sub membrana plasmatică se află conținutul celulei – citoplasma. Din punct de vedere istoric, prin citoplasmă se subînțelege tot conținutul celulei, în afară de nucleu. În citoplasmă se evidențiază partea ei lichidă – **citosolul**, și organelile. În citosol decurg diferitele procese biochimice, cu care o să vă familiarizați în § 15–16. Interiorul celulelor este pătruns de filamente de sprijin<sup>1</sup> – **citoschelet**. Anume citoscheletul menține forma celulei, precum și asigură majoritatea mișcărilor ei. Flagelii și cilii, ce asigură deplasarea organismelor unicelulare, spermatozoizilor, precum și mișcarea secrețiilor pe membranele mucoase, au în interiorul său un pivot, ce conține filamente speciale – microtuburi, capabili să se deplaseze unul față de altul: anume această deplasare și asigură mișcarea lor (*fig. 10.1*). Mușchii se contractă datorită faptului, că filamentele, formate din proteina actină, se deplasează față de filamentele proteinei miozină. Suprafața celulelor epiteliale, care căptușește mucoasa intestinului subțire, este de multe ori mai mare datorită prezenței microvilozităților pe suprafața lor. Aceste microvilozități sunt susținute din interior de filamentele proteinei actina.

O trăsătură importantă a proteinelor citoscheletului (actinei și tubulinei) este faptul, că ele pot să se conțină în componența fibrelor (filamentelor) citoscheletului (*fig. 10.2, A*) sau să se afle în formă solubilă.

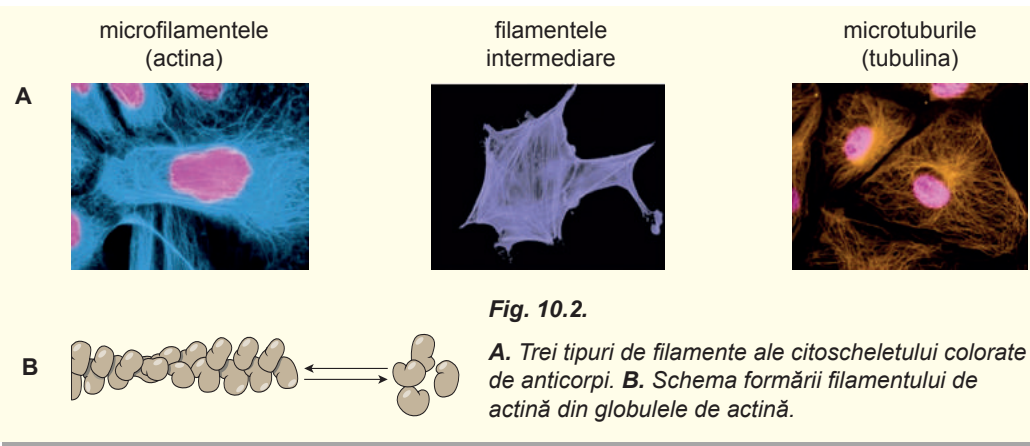
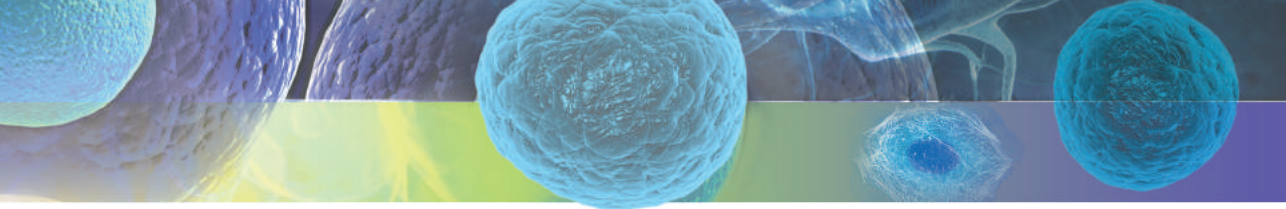


**Fig. 10.1. Flagelii și cilii**

**A.** Celula *clamidomonadei* are doi flageli, datorită mișcărilor coordonate ale cărora ea se mișcă în apă. **B.** Spermatozoidul pe suprafața epitelului trompei uterine. Spermatozoidul are un singur flagel lung, datorită căruia el se deplasează spre ovul. **C.** Celulele epitelului trompelor uterine, de asemenea, conțin structuri mobile – cilii: câteva pe o celulă. Bătăile lor sincrone ajută ovulului să se miște spre spermatozoid. **C.** Cilii traheii omului, care ajută la eliminarea mucusului și particulelor mici din căile respiratorii. **D.** Schema structurii flagelului.



<sup>1</sup> Filament (din engl. *filament* – *fibră*) – structură fibroasă intracelulară.



**Fig. 10.2.**  
**A.** Trei tipuri de filamente ale citoscheletului colorate de anticorpi. **B.** Schema formării filamentului de actină din globulele de actină.

De exemplu, actina este o proteină tipică globulară, solubilă în citoplasmă. Totodată ea poate să se polimerizeze<sup>1</sup>, formând fibre lungi ale citoscheletului din actină (fig. 10.2, B). Această transformare este reversibilă și poate controla atât formarea, cât și dezasamblarea filamentelor.

**Vacuomul este totalitatea organelor unimembranare ale celulei**

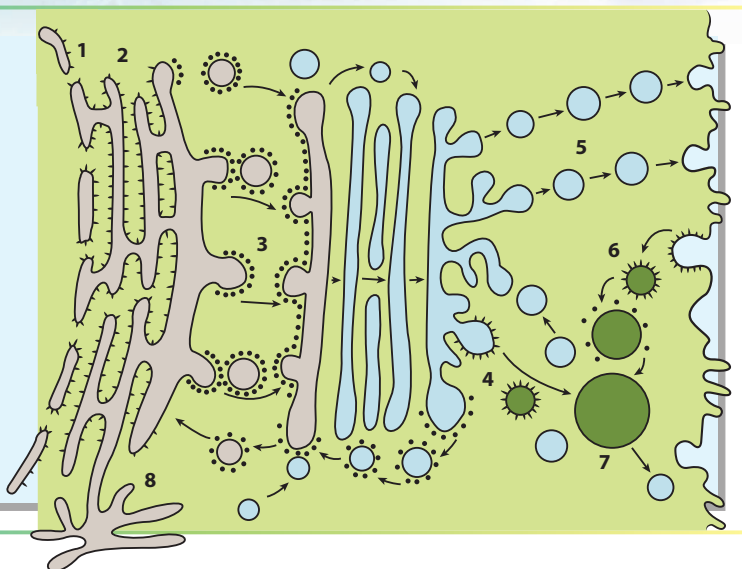
Printre structurile intracelulare ale celulelor animale cel mai pronunțat se evidențiază organele înconjurate de propria membrană. Totalitatea organelor, înconjurate de o singură membrană, formează **vacuomul** celulei. Organite, care aparțin la vacuom, sunt veziculele, tuburile, discurile și structurile reticulare. **Reticulul endoplasmatic (REP)** este o rețea continuă de tuburi și cisterne, care ocupă o porțiune considerabilă a celulei, reprezintă partea centrală a vacuomului. REP-ul se împarte două părți. Una din ele este **reticulul endoplasmatic rugos**, care participă la biosinteza proteinelor și e numit așa pentru că membrana lui este acoperită cu ribozomi. Alta este **reticulul endoplasmatic neted**, lipsit de ribozomi. REP neted este implicat în sinteza lipidelor și asigură acumularea ionilor de Calciu. REP dă naștere la alte componente ale vacuomului, formând vezicule membranare, care ulterior se unesc cu o altă structură a vacuomului – **aparatur Golgi** (fig. 10.3).

Aparatur Golgi al celulelor animale are o structură caracteristică: el este format din discuri membranare, aranjate în teancuri, cu laturi extinse. În aparatul Golgi decurg procesele de maturizare a proteinelor membranare și proteinelor secretoare, sintetizate în REP, precum și sortarea lor. În timpul sortării celula decide dacă proteina va „lucra” în interiorul ei sau va fi eliminată în exterior. Proteinele, care sunt îndreptate în exterior, intră în componența veziculelor de transport. Apoi veziculele fuzionează cu membrana plasmatică a celulei, conținutul lor trece în mediul extern, iar lipidele și proteinele membranare devin componente ale membranei plasmatică.

1 Sub termenul „polimerizare” se subînțelege formarea complexelor macromoleculare din multe subunități fără formarea de legături covalente.

**Fig. 10.3.**  
**Organitele unimembranare:**  
**schema transformărilor**  
**reciproce**

1. Membrana nucleară.
2. REP rugos.
3. Mișcarea veziculelor de la REP spre aparatul Golgi.
4. Formarea lizozomilor primari.
5. Eliminarea substanțelor.
6. Absorbția substanțelor.
7. Vacuola digestivă (lizozomi secundari).
8. REP neted.



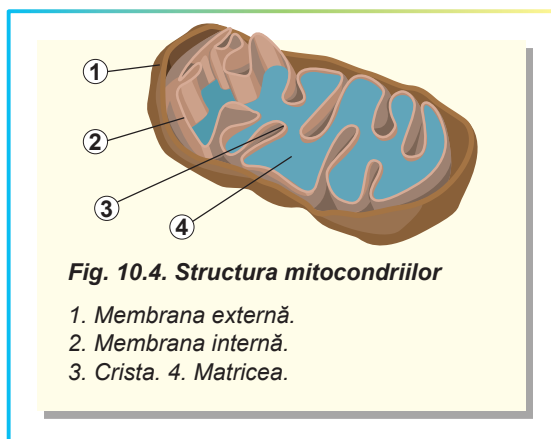
Încă un tip de vezicule produse de aparatul Golgi sunt **lizozomii**. Lizozomii sunt organite digestive, care conțin enzime digestive. Ei digeră particule ale hranei sau organite și celule întregi.

### Mitocondriomul reprezintă totalitatea mitocondriilor celulei

La un grup special aparțin organitele citoplasmice înconjurate de două membrane. La animale astfel de organite sunt **mitocondriile**. Structura mitocondriilor „clasice” este prezentată în figura 10.4. Mitocondriile au înveliș din două membrane. **Membrana externă a mitocondriei** este netedă și înconjoară mitocondria ca un ciorap, în timp ce **membrana internă** nu este netedă, conține numeroase cute – **criste**, care măresc suprafața ei de multe ori. La diferite organisme ele pot avea forma unor plăci, tuburi, vezicule. Sub membrana internă se află **matricea mitocondrială** – conținutul lichid al mitocondriei. Trebuie de remarcat că mitocondriile au propriul **ADN** și propriul lor aparat de sinteză a proteinelor. ADN-ul se află în matrice și nu este înconjurat de structuri membranare suplimentare.

Mitocondriile sunt uzine energetice ale celulei. Anume în aceste organite sunt efectuate ultimele stadii ale respirației celulare la animale: oxidarea compușilor organici de către oxigen până la dioxid de carbon și apă cu degajare de energie. Majoritatea etapelor respirației celulare decurg pe membrana internă a mitocondriei, din care motiv suprafața ei este mărită de multe ori datorită prezenței cutelor.

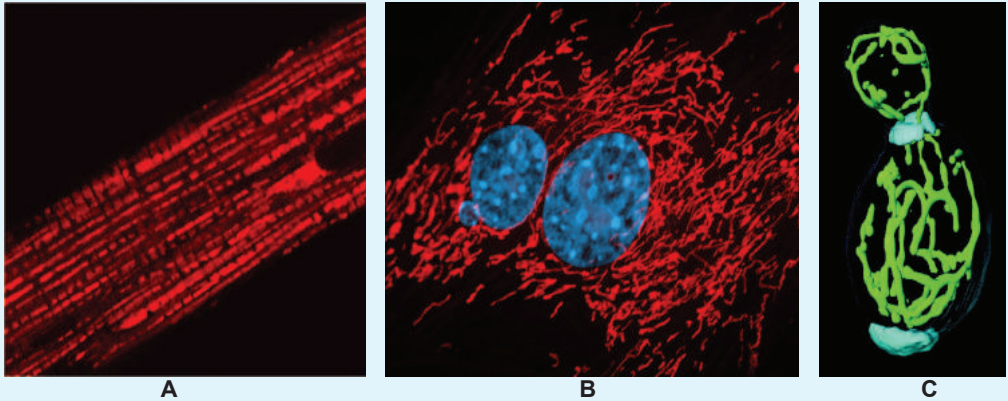
Adesea mitocondriile se deosebesc semnificativ după forma sa de cea ilustrată în figura 10.4. De exemplu, mitocondriile fibrelor musculare, se unesc între ele, formând o rețea, care străbate întreaga citoplasmă – **reticulul mitocondrial** (fig. 10.5 A).



**Fig. 10.4. Structura mitocondriilor**

1. Membrana externă.
2. Membrana internă.
3. Crista. 4. Matricea.





**Fig. 10.5. Exemple de mitocondrii în diferite tipuri de celule**

**A.** Mitocondriile celulelor musculare (colorate în roșu). **B.** Celula țesutului conjunctiv al omului (mitocondriile sunt colorate în roșu, nucleul – în albastru). **C.** Drojdiile (mitocondriile colorate în verde).

O astfel de structură asigură mai eficient cu energie structurile contractile ale fibrelor musculare. În alte celule, uneori se conțin până la câteva mii de mitocondrii, iar la multe protozoare în celulă este doar o mitocondrie (fig. 10.5, B, C).

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

**1** Microvilozitățile celulelor intestinale din interior sunt sprijinite de filamente de (1). Epiteliul intestinal datorită microvilozităților (2). La exterior microvilozitățile sunt înconjurate de (3).

**A** 1 – miozină, 2 – este protejat de sucurile digestive, 3 – collagen

**B** 1 – actină, 2 – își mărește suprafața sa, 3 – glicocalix

**C** 1 – tubulina, 2 – asigură mișcarea ovulului, 3 – celuloză

**D** 1 – actină, 2 – este capabil de a regenera, 3 – mucus

**E** 1 – tubulină, 2 – este capabil să se deplaseze 3 – înveliș lipidic

**2** La polimerizare și formarea structurilor fibrilare sunt capabile proteinele globulare

**A** collagenul, cheratina **B** hemoglobina, mioglobina **C** tubulina, actina

**D** miozina, collagenul

**E** hemoglobina, cheratina

**3** Din vacuomul celulei fac parte

**A** organele nemembranare

**B** mitocondriile și cloroplastele

**C** organele de mișcare

**D** lizozomii și aparatul Golgi

**E** nucleul și citoplasma



- 4** Alegeți caracteristicile corecte ale mitocondriilor din cele enumerate:  
1) conțin ADN-ul propriu;  
2) sunt capabile de a se divide în interiorul celulei;  
3) au propriul aparat de sinteză a proteinelor;  
4) au propriul reticul endoplasmatic;  
5) aparțin la vacuomul celulelor;  
6) aparțin la organitele de mișcare.  
**A** 1, 2, 3   **B** 2, 3, 4   **C** 3, 4, 5   **D** 4, 5, 6   **E** 1, 5, 6

- 5** Mitocondriile sunt numite uzinele energetice ale celulei, deoarece ele  
**A** au structură bimembranară  
**B** oxidează substanțe organice  
**C** sunt umplute cu matrice  
**D** au membrană internă cu structură cutată  
**E** conțin ADN-ul propriu

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Ce este citosolul? Încercați să descrieți compoziția citosolului. Indicați funcțiile principale ale citosolului.
- 7** Fibrele citoscheletului adesea sunt formate din proteine globulare polimerice, dar nu din molecule fibrilare lungi. Cum vă gândiți, de ce?
- 8** Există câteva organite diferite de mișcare. Faceți o caracteristică comparativă a acestor organite în formă de un tabel. În acest tabel indicați răspândirea și structura fiecăruia dintre organitele propuse.
- 9** Cu termenul „vacuom” sunt indicate toate organitele unimembranare ale celulei, subliniind prin aceasta că ele toate sunt interdependente. Descrieți această dependență din punct de vedere al funcției și structurii.
- 10** Descrieți structura mitocondriilor și indicați structurile ei principale. Determinați relațiile structurale și funcționale, explicați însemnătatea lor.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Unii paraziți unicelulari sunt lipsiți de mitocondrii, deși sunt eucariote tipice. Cum ele pot trăi fără uzinele energetice?
- 12** Citoscheletul este prezent nu numai în celulele eucariote, dar și în celulele procarote. Care proteine participă la formarea lui în bacterii?

### Află singur și comunică altora

- 13** Între citoschelet și organitele de mișcare există legături reciproce. Cum sunt efectuate aceste relații? Care este rolul centrului celular în aceste relații?
- 14** Transportul substanțelor de veziculele membranare în interiorul celulei este efectuat cu ajutorul proteinelor „pășitoare” dineinei și chinezinei. Găsește informație, video despre ele și povestește în clasă despre aceste proteine uimitoare.

## § 11. Nucleul

### Nucleul este o trăsătură caracteristică pentru celulele eucariote

Noi deja am făcut pe scurt cunoștință cu diferite organite celulare, care se conțin în citoplasmă. Este timpul să ne uităm în „Sfânta Sfințelor” a celei – **nucleul celei**.

Pentru prima dată nucleele au fost observate de Leeuwenhoek în celulele sangvine ale somonului ca „granule” mari în interiorul celulelor. Apoi, botanistul scoțian Robert Brown (anume în cinstea lui este numită mișcarea dezordonată a particulelor de substanță – browniană) a găsit structuri similare în polenul orhideelor.

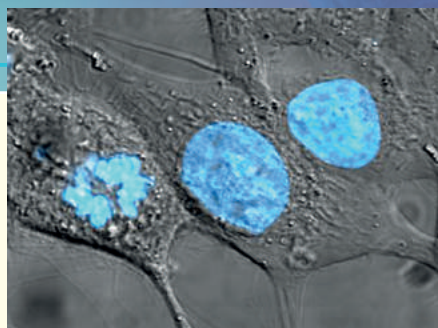
S-a constatat, că prezența nucleului este o trăsătură universală a celulelor animale și vegetale, precum și a ciupercilor și protozoarelor. Nucleu este și în celulele albe ale sângelui omului, și în celulele frunzelor floarei-soarelui, și în celulele șampinionului, și în celulele amibe și parameciului. La bacterii nucleul lipsește, dar despre aceasta vom discuta în următorul paragraf.

Toate celulele animale conțin cel puțin un nucleu (*fig. 11.1*). În unele „celule”, ca, de exemplu, în eritrocitele (celulele sangvine roșii) mamiferelor, neuronii celor mai mici insecte, celulele solzilor cornoși ai epidermei, nucleul lipsește. Însă, în aceste cazuri, este mai corect să le numim nu celule, ci structuri postcelulare, care s-au format din celule obișnuite și, în diferite moduri, au pierdut nucleul.

Nucleul execută în celulele vii cel mai important rol: el este un depozit de informație genetică înregistrată în moleculele de ADN<sup>1</sup>. Nucleul servește, de asemenea, pentru protecția ADN-ului celular de acizii nucleici citoplasmatici și majoritatea virusurilor<sup>2</sup>. Anume în nucleu are loc formarea moleculelor de ARN și decurg etapele inițiale ale sintezei proteinelor. În nucleu are loc asamblarea ribozomilor – mașinilor moleculare responsabile pentru etapele ulterioare ale sintezei proteinelor. De asemenea, este important să ne amintim, că moleculele de ADN în nucleu sunt ambalate foarte compact și elegant. Astfel, dacă s-ar extrage tot ADN-ul nuclear uman dintr-o singură celulă, se va obține un fir aproximativ de 204 cm lungime. Dar în celulele omului el este ambalat în nucleu, al cărui diametru constituie aproximativ 5 μ.

### Componentele structurii nucleului: învelișul, porii, cromatina, nucleolul

Nucleul are o structură complexă. La exterior este acoperit de **membrana nucleară**, care delimitează nucleul de citoplasmă (*fig. 11.2*). Membrana nucleară este dublă și reprezintă o continuare directă a reticulului endoplasmatic. Ea este străpunsă de **pori nucleari** – zona, în care membrana externă și internă a nucleului se unesc una cu alta. Însă porii nucleari nu sunt doar niște găuri în membrana nucleară. Eli conțin multe proteine, ce sunt organizate în **complexele porilor nucleari** – porți, ce controlează, care molecule pot intra în nucleu sau ieși din el, și care nu pot. Desigur, proteinele citoplas-

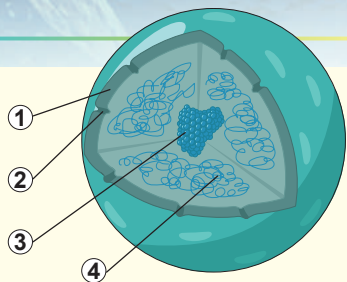


*Fig. 11.1. Nucleele în celulele vii ale mamiferelor (ADN-ul colorat)*

*Cellula din stânga se divide.*

1 După cum vă amintiți, nu tot ADN-ul celulelor animale este localizat în nucleu: mitocondriile, de asemenea, conțin ADN-ul propriu, dar cantitatea de ADN în nucleu este mult mai mare decât în mitocondrii.

2 Unele virusuri, de exemplu, virusul gripal și virusul imunodeficienței umane (HIV), pot să ajungă la nucleu pentru efectuarea ciclului său vital.



**Fig. 11.2. Structura nucleului**

1. Membrana nucleară.
2. Porul nuclear. 3. Nucleolul.
4. Cromatina.

matice și ARN-ul nu pot trece prin porii nucleari. Dar dacă proteina conține o secvență din resturi de aminoacizi specială de semnalizare – un fel de „bilet” în nucleu, ea poate fi deplasată în interior prin membrana nucleară<sup>1</sup>.

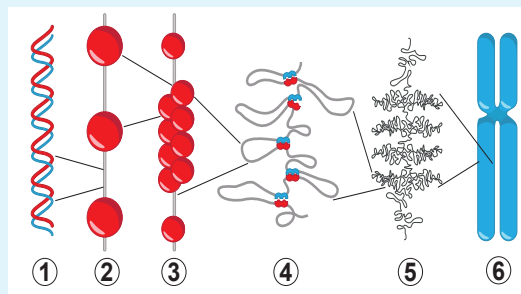
Cea mai mare parte a nucleului este umplută cu **cro-****matină**: un complex complicat de ADN și proteine (în raport cu masa aproximativ de 2:3). ADN-ul se află și funcționează în celulă în calitate de component al cromatinei. Proteinele cromatinei deservesc necesitățile ADN-ului: asigură compactizarea, protecția de afectări, ruperi, corectarea erorilor și asigurarea copierii și sintezei moleculei de ARN. Putem distinge două fracții de cromatină: **heterocromatina** și **eucromatina**. Heterocromatina este cromatină „inactivă”, în care procesele formării ARN-ului aproape nu decurg. Regiunile de sinteză activă a ARN-ului reprezintă eucromatina: o parte a cromatinei cu densitate

mai mică. Raportul hetero- și eucromatinei variază de la celulă la celulă. Astfel, dacă în celulă continuă sinteza activă a ARN-ului și proteinei, atunci nucleul ei este bogat în eucromatină, iar când celula este inactivă, nucleul aproape complet este umplut cu heterocromatină.

În majoritatea nucleelor celulelor animale pot fi identificate una sau mai multe structuri dense globulare: nucleoli. **Nucleolul** reprezintă un complex special intranuclear, care nu este limitat de membrană. În nucleol decurge un proces important – formarea ribozomilor. În el se formează un ARN ribozomal special (care tot aici este acoperit cu proteinele ribozomale) și are loc asamblarea ribozomilor. Apoi particulele ribozomale formate părăsesc nucleul prin porii nucleari și pot să înceapă să-și îndeplinească funcția sa directă – sinteza proteinelor.

## Cromozomii sunt organite, care conțin ADN

Am menționat deja, că ADN-ul nucleului se află în stare de cromatină – complex stabil cu proteine. În această formă ADN-ul are o compactizare destul de densă (fig. 11.3). Dacă examinăm structura cromatinei la nivel microscopic, vom vedea, că el are aspectul unui filament de ADN, răsucit pe mărgelile de proteine. Această catenă de „mărgelile” înaintea diviziunii celulare (mai detaliat în § 28) formează o structură mai complexă din rozete și bucle. În sfârșit, toată molecula de ADN este condensată într-un complex compact mare cu proteinele – **chromozom** (fig. 11.4). Cromozomii au forma unui bastonaș. Cromozomul cla-

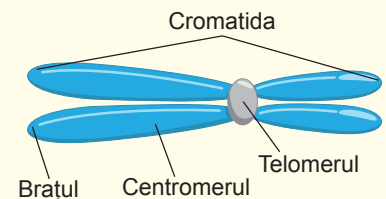


**Fig. 11.3. Compactizarea ADN-ului**

1. Helixul dublu de ADN. 2. Fibră nucleozomală.
3. Fibrilele de 30 nm. 4. Buclele. 5. Cromatidele.
6. Cromozomii.

<sup>1</sup> Proteinele mici, de obicei, pot nimeri în nucleu fără secvențe din resturi de aminoacizi speciale.

sic al mamiferelor are următoarea structură: el reprezintă un bastonaș, la capătul căruia sunt situați **telomerii** – zone ale cromatinei responsabile de menținerea lungimii cromozomului. La mijloc se află o constricție – **centromer**, care asigură repartizarea corectă a cromozomilor în timpul diviziunii celulare. Constricția împarte cromozomul în două brațe. **Brațele** sunt de diferite lungimi, prin această cromozomii se deosebesc unul de altul. Uneori puteți vedea o altă schemă a cromozomului – cu aspectul unei litere X. Acest cromozom este dublat: el este format din doi cromozomi identici, uniți în regiunea centromerului. În acest caz, cromozomul-copie este numit **cromatidă**. Anume în astfel o formă de X cromozomi se află la începutul diviziunii celulare.



**Fig. 11.4. Structura cromozomului**

### Cariotipul reprezintă totalitatea cromozomilor

Numărul de cromozomi în nucleu variază (fig. 11.5). Astfel, în nucleeele celulelor furnicilor negre buldog sunt doar doi cromozomi, în timp ce la racul de râu – 176. Recordul pentru numărul de cromozomi printre organismele pluricelulare aparține ferigii limba șarpelui – în celulele ei se conțin 1440 de cromozomi. Comparativ cu aceste organisme numărul de cromozomi la om este mic: în nucleul celulelor noastre se conțin 46 de cromozomi. Numărul de cromozomi nicidecum nu este legat de complexitatea organismului sau cu poziția lui sistematică. Chiar și la organismele strâns înrudite el poate fi diferit: la cerbul pitic chinez muntjac sunt 46 de cromozomi, iar la muntjacul indian înrudit cu el – doar 6<sup>1</sup>.

Totalitatea tuturor cromozomilor nucleului se numește **cariotip** (din gr. *karion* – nucleu). Cromozomii, care se conțin în nucleu, se deosebesc unul de altul. Dacă ei toți sunt diferiți, așa un set de cromozomi se numește **haploid** (din gr. *haploos* – singularic): în el fiecare cromozom este unic, reprezentat doar o singură dată. În celulele animalelor adulte în mod normal fiecare cromozom este prezent în două exemplare: așa un set de cromozomi este numit **diploid** (din gr. *diploos* – dublu).



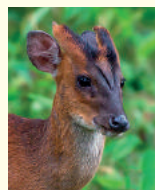
Feriga limba șarpelui (1440)



Furnica neagră buldog (2)



Racul de râu (176)



Muntjacul indian (6)



Muntjacul chinez (46)

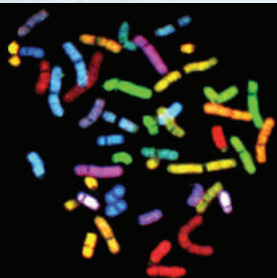
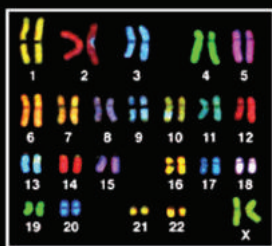


Omul înțelept (46)

**Fig. 11.5. Numărul de cromozomi la diferite organisme**

1 Aceasta este corect pentru femelele muntjacului indian, masculii au un cromozom în plus, deci împreună au 7.





**Fig. 11.6. Cariotipul omului**

*Cromozomii au fost colorați prin hibridizarea fluorescentă (mai mult despre această metodă găsiți în § 39.).*

Setul diploid de cromozomi ai omului este de 46 de cromozomi, iar haploid, respectiv, – 23. Figura 11.6 prezintă cariotipul diploid al omului: cromozomii diferă după mărime și structură. O atenție deosebită trebuie de acordat ultimei, a 23 pereche de cromozomi – **cromozomii sexuali**. La femei sunt doi așa-numiți X-cromozomi (ca în imagine), iar la bărbați – un cromozom X și un cromozom mic Y. Restul cromozomilor sunt nesexuali – numiți **autozomi**.

Unele organisme vii au trei sau mai multe seturi complete de cromozomi. Un astfel de set de cromozomi se numește **poliploid**. Nucleele poliploide sunt destul de comune pentru plante, precum și pentru pești și amfibieni<sup>1</sup>. Cariotipul este o trăsătură caracteristică speciei<sup>2</sup>. Modificarea numărului de cromozomi în cariotip poate cauza boli genomice ereditare. Astfel, prezența a trei cromozomi în perechea 21 în cariotipul omului duce la dezvoltarea sindromului Down (mai detaliat în § 37).

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Nucleul lipsește în

- A corpul de fructificație al hribului
- B eritrocitele broaștei
- C celulele fructelor castravetelui
- D celulele agentului patogen al malariei
- E celulele agentului patogen al tuberculozei

2

În organismul omului nucleele lipsesc în astfel de structuri, ca

- A celulele albe ale sângelui
- B celulele ficatului
- C celulele mușchiului cardiac
- D plachetele sangvine (trombocite)
- E celulele fotosensibile ale retinei (conurile și bastonașele)

3

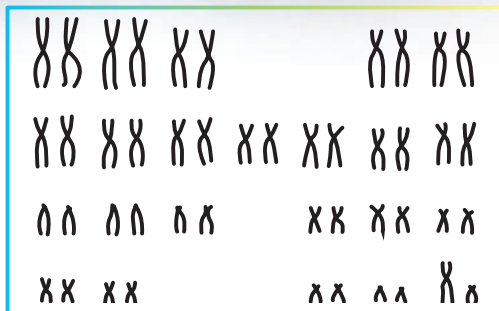
Origine nucleară are

- |             |                |                  |
|-------------|----------------|------------------|
| A ribozomul | B mitocondria  | C aparatul Golgi |
| D lizozomul | E cloroplastul |                  |

1 Uneori chiar diferite țesuturi ale aceluiași organism conțin un număr diferit de seturi haploide de cromozomi. Astfel, în nucleele celulelor ficatului și inimii omului adult sunt patru seturi haploide de cromozomi.

2 Totuși de la această regulă sunt excepții. Cel mai expresiv exemplu este șobolanul negru, diferite subspecii ale căruia au 38, 40 și 42 cromozomi într-un set diploid.

- 4 În figură este demonstrat cariotipul  
**A** al omului – femeii  
**B** al omului – bărbatului  
**C** al muntjacului indian – femelei  
**D** al muntjacului indian – masculului  
**E** al racului de râu



- 5 Cariotipul bărbatului de cariotipul femeii se deosebește  
**A** printr-un cromozom  
**B** prin doi cromozomi  
**C** prin douăzeci și două perechi de cromozomi  
**D** prin douăzeci și trei perechi de cromozomi  
**E** prin numărul de cromozomi

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Descrie structura membranei nucleare. Care sunt funcțiile ei? Cum sunt realizate relațiile nuclear-citoplasmice și care este rolul lor biologic?
- 7 Reticulul endoplasmatic în multe locuri se continuă în membrana externă a nucleului. Astfel, spațiul dintre membrana nucleară internă și externă contactează cu cisternele REP. Poate oare acest spațiu să fie o parte a vacuomului celulei? Presupuneți, ce este comun și prin ce diferă compoziția și funcțiile acestui spațiu și spațiului REP.
- 8 Complexele porilor nucleari reprezintă porțile, ce controlează, care molecule pot intra în nucleu sau ieși din el, și care nu pot. Chibzuiți, care molecule și de ce ar trebui să pătrundă în nucleu, iar care – nu.
- 9 Cea mai mare parte a nucleului este umplută cu cromatină. Ce reprezintă ea? Cum se schimbă structura cromatinei în timpul trecerii celulei la starea de diviziune?
- 10 Ce este cariotipul? Este oare cariotipul caracteristic pentru fiecare individ sau pentru toată specia în general? Se întâlnesc oare schimbări ale cariotipului în natură?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Din acest paragraf tu știi, că în cromozom se disting diferite părți structurale: telomeri, centromeri, brațe. Care sunt particularitățile de structură și rolul biologic al acestor părți ale cromozomului?
- 12 Tu știi, că nu toate celulele umane au un singur nucleu: unele au două sau mai multe nuclee, iar unele nu au nucleu deloc. Dă un exemplu de astfel de celule „neobișnuite” și pentru fiecare caz explică cauza acestei „exclusivități”.

### Află singur și comunică altora

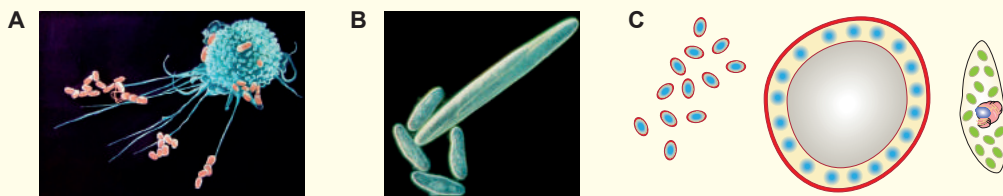
- 13 Cromatina este un complex al ADN-ului și proteinelor. Care proteine intră în compoziția cromatinei și care este rolul lor biologic?
- 14 Prin ce se deosebește ADN-ul nucleului de ADN-ul mitocondriei? Încearcă să răspunzi din punct de vedere al structurii și funcțiilor acestora.

## § 12. Tipurile de celule

### Cellulele unor organisme nu au nucleu

După cum am povestit în paragraful precedent, toate celulele animalelor, plantelor, ciupercilor și protozoarelor, așa ca amiba sau parameciul, conțin nucleu celular. Organismele, ale căror celule conțin nucleu, se numesc eucariote. Unele celule ale organismelor pluricelulare în timpul maturizării pierd nucleul, și, împreună cu el, cea mai mare parte a materialului genetic, formând structuri postcelulare. Acestea sunt, de exemplu, eritrocitele mamiferelor și celulele tuburilor ciuruite ale plantelor angiosperme. Astfel de structuri nu pot fi numite celule adevărate, fiindcă sunt lipsite de material genetic. Însă există o mulțime de organisme, în care materialul genetic nu este înconjurat de o membrană nucleară, ci contactează cu citoplasma. Astfel de organisme, care nu au nucleu în celule, sunt numite **procariote**. Cel mai divers și cel mai mare grup de procariote sunt bacteriile.

Cellulele procariote și eucariote diferă nu numai după prezența nucleului. Comparând celulele pro- și eucariote, prima, ce bate la ochi, este diferența dimensiunilor. În medie celula eucariotă este mai mare de cea procariotă de 1000–10 000 de ori după volum (fig. 12.1). Cellulele eucariote, folosind acest avantaj în dimensiune, de multe ori se hrănesc cu procariote, înghițindu-le întregi (puteți urmări acest proces, **pe cale video, accesând linkul**). Dar de la această regulă, sunt excepții destul de interesante. Astfel, celulele bacteriilor tiomargarita și epulopisthia pot atinge dimensiunea de 0,7 mm, depășind după acest indicator nu numai celulele eucariote, dar și unele organisme pluricelulare. Secretul tiomargaritei constă în faptul, că aproape tot volumul ei constituie o vacuolă, iar citoplasma reprezintă un strat subțire alipit de membrană. Așadar, legitatea descrisă trebuie ceva schimbată: volumul citoplasmei active al celulelor eucariote depășește volumul citoplasmei active al procariotelor. Bacteria amintită



**Fig. 12.1. Comparația dimensiunilor celulelor pro- și eucariote**

**A.** Cellulele sistemului imunitar al omului capturează bacteriile. În fotografie se vede, că dimensiunile liniare ale celulelor umane sunt mai mari decât celulele bacteriene aproximativ de 10 ori. Deci, volumul este mai mare aproximativ de 1000 de ori. **B.** Bacteria gigantă epulopisthia împreună cu patru eucariote unicelulare – paramecii. **C.** Structura bacteriei obișnuite – bacilului intestinal, bacteriei gigante tiomargarita și protozoarului euglena în aceeași scară. Din figură se vede, că citoplasma bacteriei gigante este delăturată la suprafață, iar în centru se află o vacuolă mare.

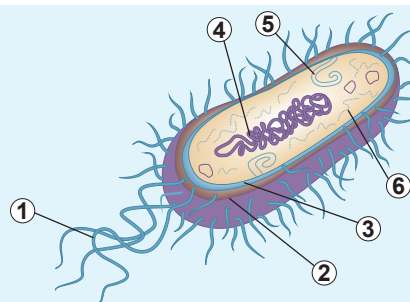
practic reprezintă un „balon”, în care toată viața este „unsă pe perete”.

Eucariotele au putut să formeze celule mari datorită unui sistem eficient de transport intracelular, compartimentalizarea proceselor biochimice<sup>1</sup> și metabolismului energetic perfect. Sistemul de transport al eucariotelor conține un citoschelet dezvoltat și un sistem de tuburi interne. După cum vă amintiți, citoscheletul este nu numai o carcasă pentru celule, dar și un sistem de căi de transport, mișcându-se, pe care proteinele motorii pot deplasa molecule și organite la distanțe mari. Transportul moleculelor în celula bacteriană este efectuat numai prin difuziune, care funcționează, în mod eficient, doar pentru distanțe mici (în cazul celulelor – 0,5–1 μ, ce corespunde dimensiunilor lineare ale majorității celulelor bacteriene).

Un alt factor important, care a făcut posibilă creșterea semnificativă a dimensiunii celulelor eucariote, este apariția mitocondriilor: uzinelor energetice intracelulare. Aceasta se datorește faptului, că mecanismul respirației celulare este asociat cu membrane: cu membrana internă a mitocondriilor în celulele eucariote și cu membrana plasmatică a celulelor procariote. Dacă dimensiunea lineară a celulelor bacteriene crește, de exemplu, de 10 ori, volumul ei, conform legilor geometrice, va crește de 1000 ori, iar suprafața membranei – doar de 100 de ori. Deoarece necesitatea de energie în celulă este proporțională volumului, iar producția ei – suprafeței membranei, această celulă va simți un deficit semnificativ de energie. În celulele eucariote, această problemă este rezolvată prin prezența centrelor intracelulare de producere a energiei – mitocondriilor.

## Structura celulei procariote

Să examinăm mai detaliat, cum este alcătuită celula bacteriană (fig. 12.2). Să luăm, de exemplu, bacilul intestinal – organismul simbiotic, care trăiește în intestinul gros al mamiferelor. Celula bacteriei este înconjurată de membrana plasmatică, care este asemănătoare după structură cu membrana celulelor animale. La exterior, celula este acoperită cu **perete celular**, construit din **mureină** – substanță complexă, care conține atât catene polizaharidice, cât și catene de aminoacizi. Peretele celular protejează bacteria de influențele externe și participă la interacțiunea celulei bacteriei cu mediul. Multe celule bacteriene sunt mobile și conțin structuri motorii specifice – **flageli**. Trebuie de menționat, că flagelii bacteriilor se deosebesc extraordinar de flagelii eucariotelor. Spre deosebire de ultimii, ei nu sunt acoperiți de membrana plasmatică, ci complet sunt construiți din proteine. Mișcarea flagelului este realizată de motorul



**Fig. 12.2. Structura celulei bacteriene**

1. Flagelul.
2. Peretele celular.
3. Membrana plasmatică.
4. Nucleoidul.
5. Mezozomul.
6. Ribozomii.

<sup>1</sup> Adică împărțirea celulei în compartimente – mici părți izolate structural și funcțional (cum ar fi, vacuomul sau mitocondriul) cu particularități proprii ale metabolismului.



situat la baza flagelului și fixat în membrana plasmatică. Datorită mișcării motorului, flagelul se rotește în jurul axei sale, determinând mișcarea celulei. Puteți să vă familiarizați cu principiul funcționării flagelul bacterian **pe cale video, accesând linkul**.



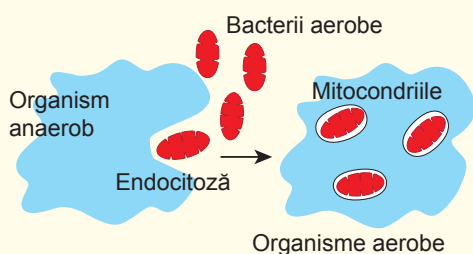
În citoplasma bacteriilor, spre deosebire de citoplasma eucariotelor, lipsesc veziculele și organitele membranare<sup>1</sup>. Citoplasma este destul de omogenă, conține ribozomi, deși uneori în ea se întâlnesc granule de substanțe de rezervă (atât organice, cât și anorganice), neînconjurate de membrană.

ADN-ul bacteriilor formează un complex cu proteina, care se numește **nucleoid**. Raportul de masă a ADN-ului și a proteinelor în nucleoid, spre deosebire de cromatina eucariotelor, este deplasat spre ADN și este aproximativ 3:2. Nucleoidul nu este înconjurat de membrană și contactează direct cu citoplasmă celulei<sup>2</sup>.

## Celulele eucariote sunt secundare comparativ cu cele procariote

După cum vedem, celula procariotă are o structură mult mai simplă decât cea eucariotă. Ea nu are un sistem de membrane interne, mitocondrii și nucleu format. Cu toate acestea, planul de structură a celulei procariote este asemănător cu structura unor organite ale eucariotelor – mitocondrii. Mitocondria conține ADN-ul propriu și ribozomi. Aceste particularități i-au permis lui **Lynn Margulis** în 1967 să propună teoria **endosimbiozei** – originea mitocondriilor de la procariote și, în rezultat, originea celulelor eucariote de la procariote. Conform acestor închipuiri, o celulă mare procariotă a absorbit una mai mică prin înfășurarea ei cu membrană, adică prin **endocitoză** (fig. 12.3). În rezultat, membrana vacuolei celulei s-a transformat în membrana externă a mitocondriilor, iar membrana plasmatică a celulei absorbite a devenit drept membrana internă mitocondrială. Celula endocitată și-a păstrat parțial aparatul genetic și aparatul de sinteză a proteinelor<sup>3</sup>. Această ipoteză a fost

formulată de câțiva savanți încă la sfârșitul secolului XIX – începutul secolului XX, dar a nu fost adoptată dintr-o dată de către comunitatea științifică. Numai în anii 1960, datorită dezvoltării tehnologiilor genetice a fost demonstrată asemănarea uimitoare a ADN-ului mitocondrial cu ADN-ul unui grup de bacterii – așa-numite  $\alpha$ -proteobacterii. Treptat, teoria endosimbiozei a fost acceptată și a dobândit popularitate, iar din anii 1980 este considerată unanimă. Astfel, celula eucariotă este o himeră, alcătuită din mai multe celule procariote, care s-au unit una cu alta. Una dintre ele constituie cea



**Fig. 12.3. Schema endosimbiozei**

- 1 La unele bacterii, membrana plasmatică formează numeroase încrețituri (mezozomi), care sunt asemănătoare cu o rețea membranară. Însă aceste structuri nu sunt închise și păstrează legătura cu membrana celulară.
- 2 Într-adevăr, sunt și excepții: de exemplu, la bacteriile planctomicete și poribacterii membrana plasmatică formează o adâncitură în formă de cupă în jurul nucleoidului. Totuși, deoarece această structură, ce se numește corpuscul nuclear, păstrează legătura cu membrana plasmatică și nu formează complexele porilor nucleari, ea nu poate fi considerată nucleu.
- 3 În procesul evoluției o parte semnificativă a materialului genetic al mitocondriilor s-a pierdut sau a fost transferată în nucleul celulei-gazdă.

## Lynn Margulis

S-a născut în 1938 în Chicago (Statele Unite ale Americii). Profesorii o caracterizau pe Lynn ca „un elev rău, care de multe ori a stat în colț”. Dar, după absolvirea școlii, a continuat studiile la Universitatea din Chicago și la 22 de ani a primit diploma de master în zoologie și genetică. Ea a lucrat ca profesor la Universitatea din Massachusetts. Margulis este cunoscută, în primul rând, ca autorul teoriei endosimbiozei. Această idee, într-o formă sau alta, au exprimat-o diferiți cercetători, începând cu mijlocul secolului al XIX-lea, dar numai Lynn a transformat-o într-un sistem logic și a reușit s-o răspândească, ca apoi ea să fie recunoască de savanții de frunte din lume. În afară de aceasta, Margulis împreună cu chimistul britanic James Lovelock, este autorul ipotezei Gaia, după care Pământul și Biosfera lui este un supraorganism viu. Lynn Margulis a murit în 2011. Corpul ei, conform testamentului, a fost incinerat, iar cenușa a fost împrăștiată pe lotrul experimental preferat de lângă casă. *Interviul cu această cercetătoare puteți să-l vizionați, accesând linkul.*



mai mare parte a celulei eucariote, iar altele s-au transformat în mitocondrii. Într-adevăr, în afară de mitocondrii, în rezultatul endosimbiozei, au apărut și alte organite ale celulei eucariote. Dar aceasta vă vom explica în următorul paragraf.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- Din organismele enumerate, la procariote aparțin

A mucegaiul alb                      B plasmodiul malaric                      C bacilul fânului  
D amiba dizenterică                      E parameciul
- Din structurile postcelulare fac parte

A leucocitele  
B spermatozoizii  
C ovulul  
D celule polenului plantelor cu semințe  
E celule tuburilor ciuruite ale plantelor cu flori
- Învelișul celulei bacteriene este format din

A membrana fosfolipidică și peretele celular din mureină  
B membrana fosfolipidică și glicocalix  
C nucleoid și pereții celulari din celuloză  
D membrana steroidică și peretele celular chitinos  
E membrană acoperită cu un strat de glicerină
- Originea bacteriană are următorul organit al celulei eucariote

A ribozomul                      B lizozomul                      C reticulul endoplasmatic  
D mitocondria                      E aparatul Golgi
- În nucleoidul bacteriilor sunt

A proteine și ADN                      B proteine și lipide                      C proteine și glucide  
D ADN și lipide                      E glucide și ADN

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Știți deja, că unele celule ale organismelor eucariote, în procesul dezvoltării, pierd nucleul. Dați exemple de astfel de celule. Indicați funcțiile lor. Încercați să determinați legătura reciprocă între structura celulelor, care le-ați numit, cu funcțiile lor.
- 7 Celule procariote sunt, după volum, aproximativ de o mie de ori mai mici decât celulele eucariote. Care sunt cauzele acestui fapt?
- 8 Numiți principalele deosebiri ale structurii celulelor procariote și eucariote.
- 9 Ce reprezintă materialul ereditar al celulelor procariote?
- 10 Care este sensul teoriei endosimbiozei? Care este soarta acestei teorii?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Celule procariote, de obicei, sunt mult mai mici, decât cele eucariote. Dar totuși sunt și excepții. Dă exemple de astfel de excepții. Care este cauza succesului acestor celule procariote mari?
- 12 Cutele membranelor în interiorul celulelor procariote se numesc mezozomi. Care este rolul lor? La care procariote mezozomii sunt cei mai dezvoltați? De ce unii cercetători mult timp au crezut, că mezozomii nu există, ci doar sunt greșeli în interpretarea microfotografiilor?

## Află singur și comunică altora

- 13 Viața bacteriei. Cum ea este? Încercați să descrieți viața unei celule bacteriene de orice specie de la formarea ei până la diviziunea următoare.
- 14 Care organite ale celulei procariote sunt cunoscute? Care sunt funcțiile lor? Cum celula unui procariot tipic trăiește fără multe organite, care sunt în celule eucariote?

## Anexa V



### Grigory Zolotarev

A absolvit Liceul Universității din Harkiv în 2013. A câștigat medalia de bronz la Olimpiada Internațională de Biologie din Elveția. Acum studiază la Universitatea Carolină din Praga, Facultatea de Medicină.

## Teoria endosimbiozei: mitocondriile

Deja la sfârșitul secolului al XIX-lea, zoologii au descris organite celulare neobișnuite, care sunt în toate celulele. Patologul german Richard Altman, în 1890, a numit aceste organite bioplaste și a propus o ipoteză ciudată, că bioplastele sunt vietăți minuscule în celule mai complexe.

În 1910, zoologul Constantin Merezhkovsky a descris „teoria a două plasme”, în care a presupus, că celulele mai complexe au apărut din celule mai simple combinându-se între ele. Această teorie el a numit-o simbiogeneză. În timpurile lui Merezhkovsky și Altman aceste declarații erau considerate erezie, comunitatea științifică nu le lua în serios. Totodată zoologilor și botaniștilor le erau bine cunoscute exemplele de simbionți, așa ca lichenii, care reprezintă simbioza ciupercii și algei.

Paraziții, care trăiesc în interiorul celulelor, de asemenea, au fost descriși. În 1909 Howard Taylor Ricketts a descris agentul patogen al febrei pătate a Munților Stâncoși – o bacterie mică, care trăiește în interiorul celulelor. În același an, Ricketts, în Mexic, a reușit să izoleze agentului patogen al tifosului epidemic – de asemenea bacterii mici. Din păcate, cercetătorul peste câteva zile a murit, infectându-se cu această bacterie. În onoarea acestui savant curajos, bacteriile noi au fost numite Rickettsia.

În 1922 Ivan Wallin, profesor de anatomie din Colorado, care a primit porecla «Mitochondrial Man», a presupus, ca mitocondriile pot proveni de la bacterii. La așa o concluzie el a ajuns datorită faptului, că mitocondriile și bacteriile pot fi colorate de aceiași coloranți și, astfel, au o structură chimică similară.

În secolul al XX-lea, luptele răsunau și pe câmpurile biochimiei. Comunitatea științifică era preocupată de căutarea răspunsurilor la unele dintre cele mai interesante întrebări ale vieții: în ce mod celula obține energie și pentru ce ea are nevoie de oxigen. Au început din nou a vorbi despre mitocondrii: a devenit evident, că aceste organite mici și sunt uzinele energetice ale celulei. Problema evoluției mitocondriilor a fost amânată: de ce să se speculeze și să se propună ipoteze absurde, atunci când știința serioasă este ocupată cu lucruri mai importante?

Numai în 1967 Lynn Margulis, bazată pe lucrările predecesorilor săi, a formulat ideile de bază ale teoriei endosimbiozei. Ea a declarat, că mitocondriile, probabil, provin de la bacterii neparazite, iar cloroplastele – de la cianobacterii.

Lucrarea ei științifică a fost refuzată de 15 ediții. Margulis a început să fie criticată de biologi, care nu erau de acord. Merită stimă faptul, cu ce entuziasm această femeie remarcabilă își apăra punctul său de vedere. Pe ce se baza cercetătoarea în concluziile sale?

Mitocondriile și cloroplastele au propriul lor ADN, propriii săi ribozomi, care sunt foarte asemănători cu ribozomii bacterieni. Procesul de sinteză a proteinelor în aceste organite este extrem de asemănător cu acest proces la bacterii. Unele proteine din membrana internă a mitocondriilor sunt aceleași, ca și în membrana externă a bacteriilor. Pe lângă aceasta, mitocondriile și cloroplastele noi pot să se formeze prin diviziune, ca și strămoșii lor nesimbionici.

În anii 1980, odată cu dezvoltarea metodelor de secvențiere, a devenit clar faptul că ADN-ul, care se conține în aceste organite, semnificativ diferă de ADN-ul din nucleu și este mult asemănător cu ADN-ul bacteriilor. Apoi s-a dovedit că genomul mitochondrial este similar genomului  $\alpha$ -proteobacteriilor, la care aparține și Rickettsia. Treptat dovedi s-au acumulat atât de multe, încât era imposibil să nu se recunoască faptul evident: mitocondriile și cloroplastele sunt rămășițele bacteriilor cândva libere.

Celebrul popularizator englez al științei, autorul teoriei „genei egoiste” Richard Dawkins a numit teoria endosimbiozei „una dintre cele mai importante realizări în biologia secolului al XX-lea”.

De la momentul ieșirii lucrării autoarei Margulis a trecut o jumătate de secol, teoria ei cu privire la endosimbioză a fost acceptată de toată comunitatea științifică. Apariția mitocondriilor este considerată drept eveniment central în originea celulelor eucariote: având la dispoziție o mică uzină de producere a energiei, celulele au căpătat posibilitatea, în sfârșit, să „respire profund”.

Trebuie de subliniat faptul, că mitocondriile servesc nu numai pentru asigurarea celulelor cu energie, de ele depind deciziile importante. Moartea celulară programată – apoptoza – este declanșată de mitocondrii. Aceste organite mici decid, să trăiască celula sau să se sinucidă.

Mitocondriile sunt transmise numai de la mamă prin citoplasma ovulului. Acesta se întâmplă la toate speciile, care se reproduc pe cale sexuată, chiar și la cele, la care celulele sexuale, ce se contopesc, sunt identice. Deci, determinarea sexului se poate face în următorul mod: feminin este acel, care transmite descendenților mitocondriile, iar masculin – cel, care nu transmite. Apare întrebarea logică: oare nu joacă mitocondriile un anumit rol în originea reproducerii sexuale?

Biologia mitocondriilor este domeniul de cercetare intensă în medicina modernă. Un număr mare de boli genetice sunt asociate cu aceste organite. Există aspecte mai complexe, care pot clarifica mitocondriile: îmbătrânirea și cancerul. Mitocondriile acumulează mutațiile și singure devin o sursă de radicali de oxigen, care afectează celulele. Respirația, de felul său, este un proces foarte periculos, mitocondriile practic se joacă cu focul!

Mitocondriile au lăsat o urmă și în cinematografie: George Lucas în universul Star Wars i-a prezentat pe Jedi înzestrați cu Forță datorită ființelor mici – midiclorianilor. Deci, Ziua Star Wars – 04 mai – poate fi considerată o zi a mitocondriilor.

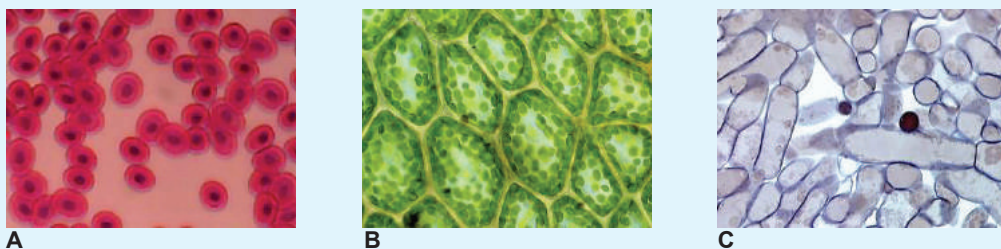


## § 13. Celulele vegetale și animale

### Organizarea eucariotă a celulelor animalelor, plantelor, ciupercilor și protozoarelor

În paragraful precedent am constatat, că, în afară de celulele eucariote, sunt și procariote, lipsite de nucleu și de sistemul membranelor interne. Organizare eucariotă a celulelor animalelor, plantelor, ciupercilor și protozoarelor (fig. 13.1). Însă reprezentanții acestor grupuri mult se deosebesc unul de altul și duc un mod diferit de viață. Celulele lor, la rândul său, au, de asemenea, trăsături caracteristice. În paragrafele anterioare noi am examinat structura celulelor animale. Ea nu este acoperită cu perete celular, forma ei poate să se schimbe, unele celule ale animalelor pluricelulare sunt mobile. Celulele animale formează între ele diferite tipuri de contacte, care le combină într-un organism integru. Deseori sunt prezente organite de mișcare, de exemplu, flageli sau cili.

Celulele plantelor superioare au trăsăturile sale determinate de modul de viață al plantelor, cum ar fi imobilitatea și capacitatea la fotosinteză. Celulele plantelor sunt aco-

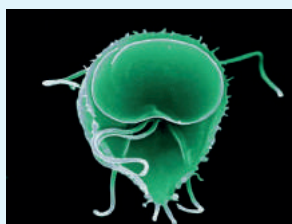


**Fig. 13.1. Diferite tipuri de celule ale eucariotelor unicelulare și pluricelulare**

**A.** Eritrocitele broaștei. Spre deosebire de eritrocitele sângelui la mamifere, ele au nucleu.  
**B.** Celulele frunzei. Se văd multe cloroplaste verzi, iar celulele sunt înconjurată de pereți celulari groși din celuloză.  
**C.** Secțiunea corpului de fructificație a ciupercii cu pălărie. Corpul de fructificație este alcătuit dintr-o rețea densă de filamente împletite – hife, formate din celule, acoperite cu perete celular. Spațiul mic dintre hife este umplut cu aer.  
**D.** Parameciul.  
**E.** Lamblia.  
**F.** Euglena verde.



D

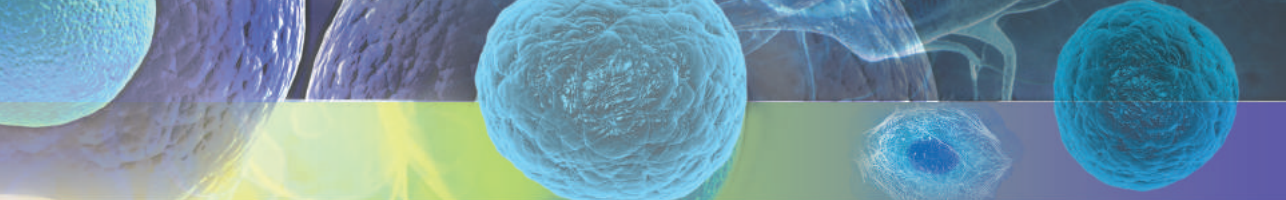


E



F





perite cu un perete celular rigid, construit din polizaharida celuloză). Celula, înconjurată de un astfel perete celular, este imobilă și nu poate să-și schimbe forma<sup>1</sup>. În interiorul celulei vegetale sunt organite de tip special: **cloroplaste**, care participă la procesul de fotosinteză. Nu toate celulele plantei adulte participă la fotosinteză. Astfel, celulele rădăcinii sunt în majoritate subterane și nu sunt capabile la fotosinteză din cauza inaccesibilității luminii solare. Aceste celule conțin omologi incolori ai cloroplastelor – **amilo-plaste**, care deseori sunt folosite pentru depozitarea amidonului. Unele celule vegetale conțin **cromoplaste** – plastide, care acumulează pigmenți suplimentari și atribuie unor părți ale plantelor o culoare aprinsă (roșie, galbenă, portocalie). În interiorul celulelor plantelor sunt, de asemenea, una sau mai multe **vacuole** – organite membranare mari umplute cu suc celular. În celulele mature vacuolele sunt situate în centrul celulei și ocupă cea mai mare parte din volumul ei, împingând citoplasmă și nucleul la periferie. Majoritatea celulelor plantelor superioare (cu excepția spermatozoizilor) nu au organite de mișcare<sup>2</sup>.

Celulele ciupercilor au mult comun cu celulele animale, dar sunt înconjurate de un perete celular. Spre deosebire de plante, baza peretelui celular al majorității ciupercilor este formată din chitina, dar nu din celuloză. Adesea corpul ciupercilor reprezintă o rețea de filamente ramificate (hife). Aceste filamente pot fi alcătuite din celule aparte, așa ca la hrib sau trufa neagră, sau să reprezinte o structură filamentoasă plurinucleară. Un astfel de corp are, de exemplu, mucegaiul alb întâlnit de obicei pe pâine. Dar drojdiile, care tot sunt ciuperci, există în formă de celule separate.

Celulele protozoarelor sunt caracterizate printr-o mare diversitate. Trăsătura principală este că celula protozoarelor reprezintă un organism aparte, care trebuie să îndeplinească toate funcțiile vitale: să se hrănească, să se reproducă, să se miște, să găsească condiții favorabile ale mediului. Așa o celulă are o structură mult mai complicată decât, să zicem, celulele plantelor sau animalelor pluricelulare. Să luăm, de exemplu, celula parameciului. Ea este acoperită cu numeroși cili, care asigură mișcarea ei în mediu. Nemijlocit sub membrana plasmatică este o rețea de vezicule, care formează un fel de înveliș dens, care-i asigură celulei formă și servește drept sprijin pentru cili și alte organite.

La parameci este ușor de găsit gura celulară, prin care el absoarbe particulele de hrană și se acuplează cu paramecii „de sex opus”<sup>3</sup>. În interiorul parameciilor pot fi observate două vacuole contractile, care asigură eliminarea surplusului de apă, ce intră în celulă. Structuri similare la eucariotele pluricelulare nu există.

## Prin ce diferă celula vegetală de celula animală?

La această întrebare vom face caracteristica comparativă ale celulelor vegetale și animale – două grupe de eucariote, care au atins o organizare pluricelulară complexă (tab. 13.1, fig. 13.2).

- 1 Peretele celular al celulei nou-formate conține mai puțină celuloză, astfel ea poate fi întinsă, asigurând creșterea celulelor. Asemenea modificări ale formei poate apărea, de exemplu, în timpul formării perişorilor absorbanți. Însă, spre deosebire de celulele animale, aceste modificări sunt lente, ireversibile și nu sunt legate cu mișcarea în spațiu.
- 2 Iar la celulele plantelor cu flori, flageli lipsesc complet.
- 3 La multe protozoare, care se reproduc pe cale sexuală, este ceva asemănător cu genul plantelor și animalelor, dar „sexe” sunt, de obicei, nu două, ci mult mai multe.

Tabelul 13.1. Caracteristica comparativă a celulelor animale și vegetale

Trăsătura	Manifestarea în celulele animale	Manifestarea în celule vegetale
Peretele celular	Lipsește	Este perete celular dur, baza căruia o formează celuloza
Citoscheletul	Este. În afară de microtuburi și filamentele de actină sunt prezente și alte structuri	Prezent. Este format numai din microtuburi și filamente de actină
Ribozomii	Prezenți	Prezenți
Reticulul endoplasmatic	Prezent	Prezent
Vacuolele	Prezente, în formă de vacuole digestive	Este una sau mai multe vacuole mari umplute cu suc celular. De multe ori vacuolele ocupă cea mai mare parte din volumul celular
Organitele de mișcare	Flageli și cili. Sunt atât la spermatozoizi, cât și la celulele corpului	Flageli au numai spermatozoizii. La plantele cu flori flagelii lipsesc
Nucleul	Prezent	Prezent
Mitocondriile	Prezente	Prezente
Plastidele	Lipsesc	Prezente în majoritatea celulelor. Pe lângă cloroplastele verzi, sunt cromoplaste și amiloplaste incolore

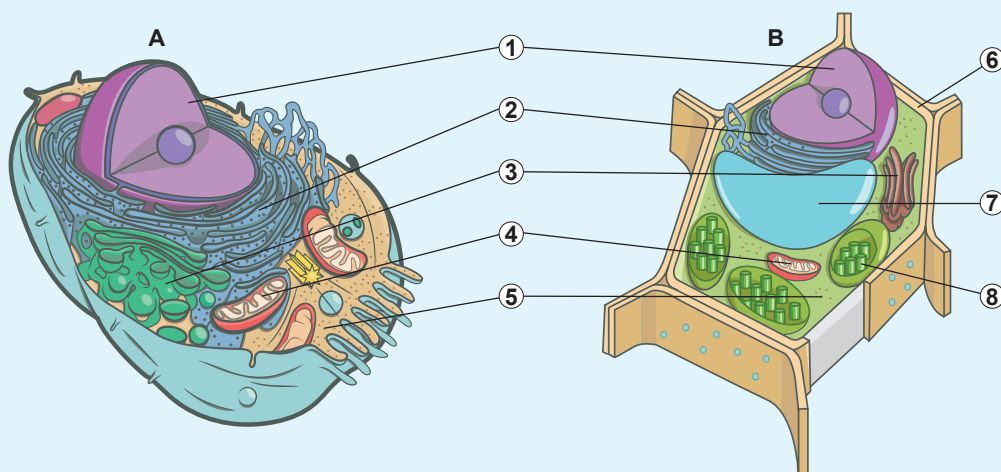


Fig. 13.2. Structura celulei animale (A) și vegetale (B)

**Organitele comune:** 1. Nucleul. 2. REP. 3. Aparatul Golgi. 4. Mitocondriile. 5. Ribozomii.

**Organite diferite:** 6. Peretele celular. 7. Vacuola cu suc celular. 8. Cloroplastele.

## Plastidele sunt organite bimembranare ale celulei vegetale

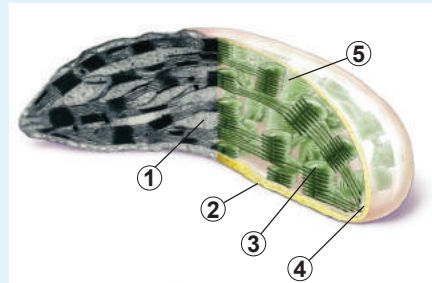
Acum o să examinăm unele organite caracteristice celulelor vegetale. Fără îndoială, un exemplu convingător al acestor structuri sunt cloroplastele: organitele, în care decurge un proces energetic esențial – fotosinteza. Structura cloroplastelor (fig. 13.3) are mult comun cu structura mitocondriilor. Ele au, de asemenea, două membrane: internă și externă, dar membrana internă aproape nu formează cute. Membrana internă înconjoară conținutul cloroplast, numit **stromă**. În stroma cloroplastului se conține ADN și ribozomi, precum și vezicule membranare discoidale – **tilacoide**. Aproape toată stroma este umplută cu tilacoide, care sunt, de obicei, situate compact și formează grupuri asemănătoare cu stive de monede. Ele se numesc **grane**. Anume în membrana tilacoidală se conține clorofilă și alți pigmenți implicați în captarea energiei luminii solare și transformarea ei în energia legăturilor chimice, adică în fotosinteză.

Cloroplastele, ca și mitocondriile, au aparatul său genetic și de sinteză a proteinelor. Se consideră că cloroplastele au apărut de la endosimbioza cu o bacterie fotosintetică. Astfel, strămoșii plantelor au intrat în endosimbioză de două ori: la început au fost primite mitocondriile, iar apoi cloroplastele. Unele cloroplaste în rezultatul specializării au pierdut capacitatea de fotosinteză și au început să îndeplinească alte funcții. Astfel, unele dintre ele sunt folosite de către celule pentru depozitarea amidonului, ca, de exemplu, amiloplastele tubercuilor de cartofi. Unele cloroplaste acumulează pigmenți, transformându-se în cromoplaste. Pentru cloroplaste, amiloplaste, cromoplaste și alte organite asemănătoare cu ele este o denumire comună: **plastide**.

## Vacuolele conțin suc celular

O altă caracteristică a celulelor vegetale este prezența vacuolelor umplute cu suc celular. În celulele vegetale este o vacuolă mare sau mai multe vacuole mici. Sucul celular reprezintă o soluție de substanțe anorganice și organice. Vacuolele îndeplinesc funcția mecanică: umplute bine cu apă, ele oferă elasticitate celulei. Ofilirea plantelor din cauza insuficienței de apă este cauzată de scăderea volumului vacuolei. Unele celule ale organismului vegetal pot modifica volumul vacuolelor lor, ca rezultat, efectuând mișcări. De exemplu, celulele stomatelor, celulele din frunzele capcanei lui Venus și mimozei (fig. 13.4).

De asemenea, în vacuole sunt depozitate diverse substanțe. Astfel, în vacuolele petalelor florilor se acumulează pigmenți, care le oferă florilor culoare albastră, purpurie, violetă, roz, cafenie sau roșie. Culoarea depinde de aciditatea conținutului celulei. O soluție de pigmenți antociani, în mediul acid are o culoare roșie, în neutru – albastru-violetă, iar în alcalin – galbenă-verde.



**Fig. 13.3. Structura cloroplastului „clasic” al plantelor superioare**

*Partea din stânga a imaginii este o fotografie făcută cu microscop electronic, partea dreapta este o imagine, creată de pictor.*

1. Stroma.
2. Membrana externă.
3. Tilacoidul.
4. Membrana internă.
5. Grana.





**Fig. 13.4.** . *Plantele efectuează multe mișcări prin modificarea volumului vacuolelor celulelor*  
**A.** Stomatele.  
**B.** Frunzele capcanei lui Venus.  
**C.** Frunzele mimozei.



## Peretele celular al celulei vegetale este compus din celuloză

O altă trăsătură caracteristică a celulelor vegetale este prezența peretelui celular, baza căruia reprezintă celuloza<sup>1</sup>. Celuloza, după cum vă amintiți din § 4, este un polimer liniar al glucozei. Moleculele de celuloză se „lipesc” împreună formând filamente microscopice, ce pot fi văzute pe microfotografii (fig. 13.5, A). Peretele celular asigură forma celulei, o protejează de deteriorări mecanice (fig. 13.5, B). Uneori peretele celular se îngroașă considerabil, ca în țesuturile mecanice, care efectuează funcția de sprijin (fig. 13.5, C, D).

Cât de extraordinar nu ar fi, dar peretele celular participă la transportul apei și substanțelor minerale prin plante. Transmiterea soluției de la un perete celular la alt perete celular adesea este mai rapidă decât transmiterea din citoplasmă în citoplasmă. O parte din țesuturile conducătoare a plantei reprezintă vase. La etapele timpurii ale formării vasului celula-precursor se atrofiază, de la ea rămâne doar peretele celular. Anume acest sistem de capilare transportă apa în plante la distanțe mari.



**Fig. 13.5. Structura pereților celulelor vegetale**

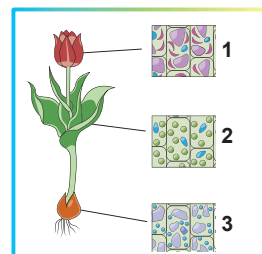
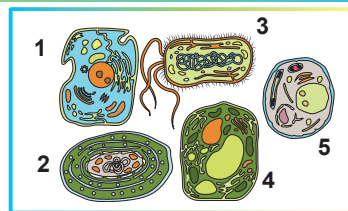
**A.** Peretele celular al plantelor: se văd filamente microscopice, care reprezintă fascicule de molecule de celuloză. **B.** Îngroșarea peretelui celular în țesutul mecanic al tulpinii tinere. Celulele de depozitare, care se văd în partea de jos a imaginii, au perete celular subțire. În partea superioară a fotografiei este demonstrat țesutul mecanic cu perete celular îngroșat. **C.** Grupurile de celule cu pereți îngroșați din miezul de pară (celule pietroase). **D.** Vasele și alte elemente conducătoare ale plantei cu flori (colorate artificial).

1 În arară de celuloză, ea conține, de asemenea, polizaharide, proteine și alți polimeri.

## Să cugetăm

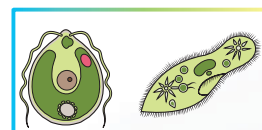
### Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Celula vegetală este prezentată pe imaginea  
A 1                      B 2                      C 3  
D 4                      E 5
- 2** Dintre celulele enumerate organisme întregi sunt  
1) euglena, 2) parameciul, 3) leucocitul, 4) miocitul, 5) ovulul.  
A 1 și 2                B 2 și 3                C 3 și 4                D 4 și 5                E 1 și 5
- 3** Învelișul celulei vegetale este format din  
A membrană fosfolipidică și perete celular proteic  
B membrană fosfolipidică și glicocalix  
C membrană fosfolipidică și peretele celular din celuloză  
D membrană steroidă și peretele celular chitinos  
E membrană lemnificată, acoperită cu un strat de plută
- 4** Origine endosimbiotică au următoarele organite ale celulei vegetale  
A ribozomii                B lizozomii                C reticulul endoplasmatic  
D cloroplastele            E vacuolele
- 5** Indicați inscripțiile corecte ale plastidelor prezentate  
A 1 – cloroplaste, 2 – cromoplaste, 3 – amiloplaste  
B 1 – amiloplaste, 2 – cromoplaste, 3 – cloroplaste  
C 1 – cromoplaste, 2 – cloroplaste, 3 – amiloplaste  
D 1 – amiloplaste, 2 – cloroplaste, 3 – cromoplaste  
E 1 – cloroplaste, 2 – amiloplaste; 3 – cromoplaste



### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Este oare aceeași mobilitatea la celulele vegetale și animale? Cum aceasta influențează asupra structurii și funcționării organismului pluricelular mare?
- 7** Enumerați organitele, care permit cu încredere de distins celulele vegetale de cele animale. Ce funcții efectuează aceste organite?
- 8** Care sunt particularitățile structurii celulelor ciupercilor? În care grupe se împart ciupercile după structura hifelor? Indicați particularitățile de structură ale celulelor ciupercilor cu cele ale plantelor și animalelor.
- 9** Comparați structura a două organisme demonstrate în imagini. Indicați organitele diferite și comune. Explicați prezența lor din punct de vedere a modului de viață a acestor organisme.
- 10** Numiți principalele tipuri de plastide. Descrieți funcția plastidelor numite.



### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Demonstrează prin câteva exemple diversitatea compoziției și proprietăților sucului celular al vacuolelor.
- 12** Cum se formează peretele celular din celuloză în celulele vegetale? Care substanțe în afară de celuloză, intră în compoziția ei? Care este rolul lor în structura peretelui celular?

## Află singur și comunică altora

- 13** Descrie celulele neobișnuite ale plantelor: mari și mici, mobile și imobile, vii și moarte, cu nucleu și enucleate. Explică legătura reciprocă a particularităților celulei și funcțiilor ei în organismul vegetal.
- 14** Propune câteva exemple de eucariote fotosintetice unicelulare. Compară structura celulelor lor cu structura celulelor plantelor verzi, atrage atenția la asemănările și deosebirile lor. Încearcă să le explici.

## Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15** Izolarea și separarea pigmentilor vegetali.
- A. Obținerea amestecului pigmentilor vegetali.**
- 1) Spălați și uscați 3–4 frunze verzi ale oricărei plante.
  - 2) Tăiați-le cu foarfeca într-un mojar și mărunțiți-le cu pistilul.
  - 3) Puneți masa vegetală și suculele obținute cu lingurița într-un pahar.
  - 4) Adăugați câțiva mililitri de alcool sau de soluție de șters unghiile de lac. Lăsați amestecul timp de 10–15 minute.
  - 5) Filtrați amestecul printr-o pânză cu hârtie de filtru într-un pahar curat.
- B. Efectuarea cromatografiei pigmentilor pe hârtie.**
- 6) Tăie-ți o fâșie de hârtie subțire (din filtru pentru cafea sau dintr-un prosop de hârtie).
  - 7) Răsuciți fâșia pe un creion, astfel încât să nu atingă fundul paharului curat, când creionul este pus pe vas.
  - 8) La 2 cm de la capătul inferior al fâșiei puneți o picătură de filtrat. Dăți picăturii verde să se usuce și adăugați pe același loc o altă picătură. Repetați aceasta încă de 2–3 ori.
  - 9) Turnați în pahar benzină, petrol lampant sau soluție de șters unghiile de lac astfel, încât înălțimea lichidului turnat să fie în jur de 1 cm.
  - 10) Puneți fâșia cu pata verde, răsucită în jurul unui creion, într-un pahar astfel, încât această bandă să nu se atingă de pereți, dar capătul ei să fie înmuiat în lichid. Evitați înmuierea în lichid a locului cu pata verde!
  - 11) Acoperiți paharul, ca lichidul să nu se evaporeze și lăsați-l timp de 20–40 minute. Urmăriți, cum pata, deplasându-se în sus, se împrăștie în componente colorate.
- C. Evaluarea rezultatelor și facerea concluziilor.**
- 12) Luați banda din pahar atunci, când pata se va muta la marginea de sus a hârtiei. Uscați-o.
  - 13) Însemnați pe hârtie cu creionul dungile colorate, care corespund diferitelor pigmenti:
    - cea mai joasă dungă – clorofilei b galbene-verde;
    - următoare dungă – clorofilei a verzi și albastru-verzi;
    - dunga mai înaltă – xantofilei galbene;
    - cea mai înaltă dungă – carotenoidelor galbene și portocalie.
  - 14) Explicați de ce diferiți pigmenti se mișcă în solvent cu diferite viteze.
  - 15) Încercați să obțineți și să împărțiți amestecul de pigmenti din flori, fructe și frunze de diferite culori ale plantelor. Comparați rezultatele.

## Anexa V (continuare)

### Teoria endosimbiozei: cloroplastele

Se consideră, că cloroplastele au fost descoperite de Julius von Sachs – „tatăl fiziologiei plantelor“. În 1884 Eduard Strasburger a propus denumirea „cloroplaste“, care s-a și fixat în biologie.

Este general acceptat faptul, că cloroplastele provin de la cianobacterii. O trăsătură caracteristică a acestor bacterii este fotosinteza cu ajutorul clorofilei *a* și *b* și eliminarea oxigenului – astfel ca și la plantele terestre. Cianobacteriile au două membrane, internă și externă, între care este situat peretele celular. Cianobacteriile au un sistem complex de membrane și vezicule membranaire, care după analogie cu structurile asemănătoare cloroplastelor sunt numite tilacoide.

În urma primului eveniment endosimbiotic aproximativ 1,6 mlrd de ani în urmă cianobacteria a fost absorbită de către celula eucariotă. Astfel a apărut cloroplastul primar. Deoarece în timpul absorbirii se formează vezicula membranară, care delimitează bacteria bimembranară, membrane la astfel de cloroplaste pot să fie trei. Dar la cloroplastele primare sunt numai două membrane. În zilele noastre se consideră că a treia membrană (veziculară) a fost pierdută, iar membrana externă a cloroplastelor corespunde membranei cianobacteriei.

Apoi au apărut trei tipuri principale de cloroplaste: cloroplastele algelor glaucofite, cloroplastele algelor verzi și plantelor terestre și cloroplastele algelor roșii. Toate trei tipuri de cloroplaste primare sunt delimitate de două membrane.

Particularitatea plastidelor constă în faptul, că în evoluția eucariotelor evenimentele endosimbiotice au avut loc de mai multe ori. Aceasta înseamnă că diferite eucariote au primit plastide, le-au pierdut și din nou, le-a primit în rezultatul endosimbiozei.

Dacă alga cu cloroplast primar, delimitată de două membrane, o să fie absorbită de altă algă, atunci se formează cloroplast secundar delimitat de patru membrane. Acest proces se numește endosimbioză secundară. Cloroplastele criptomonadelor chiar și-au păstrat rămășițele nucleului, care aparțineau algelor roșii absorbite.

Cloroplastele algelor euglenide au apărut în următorul mod: strămoșul euglenelor a absorbit o algă verde. Ca rezultat, sa format cloroplast cu trei membrane (cea externă a fost pierdută).

Cloroplaste, care au provenit de la alge roșii, sunt mult mai frecvente decât cele de tip „verde“. Aceste cloroplaste sunt, de exemplu, la algele diatomee, brune, aurii și galben-verzi. Sporozoarele conțin resturi de cloroplaste cu originea de la algele roșii – apicoplaste. Cel mai vestit reprezentant al sporozoarelor este agentul patogen al malariei – plasmodiul malaric. Încercați numai să vă imaginați! Boala, care ia milioane de vieți în fiecare an, este cauzată de organism, strămoșii căreia au fost alge, fotosintetizau și nici idee nu aveau ca să trăiască în interiorul celulelor sanguine, să mănânce conținutul lor și să aducă la atacuri de febră.

Însă cele mai notabile dintre purtătorii cloroplastelor, care sunt descendenții algelor roșii, sunt dinoflagelatele. Aceste alge cauzează luminescența apei (alga noctiluca), precum și marea roșii – înflorirea apei, când ea devine sângerie. Dinoflagelatele pot avea diferite tipuri de cloroplaste, ce provin de la diferite alge, care singure au primit cloroplast în rezultatul absorbției algelor. Acest fenomen se numește endosimbioză terțiară.

În celulele dinoflagelatului criptopteridia se conține cloroplast, delimitat de cinci membrane. Acest cloroplast reprezintă o algă diatomee absorbită cândva, care are cloroplaste, derivate din alge roșii. Nucleul algelor diatomee nu a dispărut, chiar și mai mult – ea și-a păstrat propriile mitocondrii. În afară de aceasta, în celulele criptopteridiei, au rămas încă și cloroplastele secundare proprii. Astfel, fiecare celulă conține două nuclee eucariote diferite, două tipuri diferite de cloroplaste și două grupuri diferite de mitocondrii.

Putem spune că originea simbiotică a cloroplastelor este atât de evidentă din structura lor, că nici o îndoială nu poate fi. Dacă cloroplaste nu ar fi apărut ca rezultat al endosimbiozei, atunci am fi fost nevoiți să presupunem că diferite grupuri de eucariote au inventat independent cloroplastele sale cel puțin de 15 ori! Astfel, înțelegerea evoluției cloroplastelor joacă un rol important în stabilirea relațiilor evolutive dificile între eucariote.



## § 14. Metodele de studiu al celulelor

### Mulți savanți au contribuit la studiul celulelor

Primul om, care a văzut celulele a fost savantul englez **Robert Huk**<sup>1</sup>. În 1665 el a aplicat un microscop avansat pentru a studia structura plutei – stratului exterior al scoarței stejarului de plută (fig. 14.1). El a văzut o structură asemănătoare cu fagurele de miere, și le-a numit **celulele**. La acel moment Hooke presupunea, că „vii” sunt pereții celulari, dar nu conținutul celulelor.

Peste 10 ani medicul italian **Marcello Malpighi** a propus teoria structurii celulare a plantelor. Ideea de bază a acestei teorii a fost că toate organele plantelor sunt alcătuite din celule. De asemenea cercetătorul a presupus, că „viața” este concentrată nu numai în învelișul celulei, dar și în lichidul din interior. Cam în același timp, olandezul **Antoni van Leeuwenhoek** a văzut pentru prima dată organisme unicelulare, precum și unele celule umane – eritrocitele și spermatozoizii. Celebru zoolog francez **Jean-Baptiste Lamarck** la începutul secolului al XIX-lea a presupus, că toate organismele vii au o structură celulară. Această idee au confirmat-o studiile ulterioare ale fiziologului ceh **Jan Purkyne** și botanistului englez **Robert Brown**, care a descris nucleul. Savanții germani **Theodor Schwann**, **Matthias Schleiden** și **Rudolf Virchow** au făcut din faptele cunoscute concluzii și le-au generalizat în teoria celulară a structurii tuturor organismelor vii. Organul animalelor, structura celulară a căruia a fost dovedită cel mai târziu, a fost creierul.

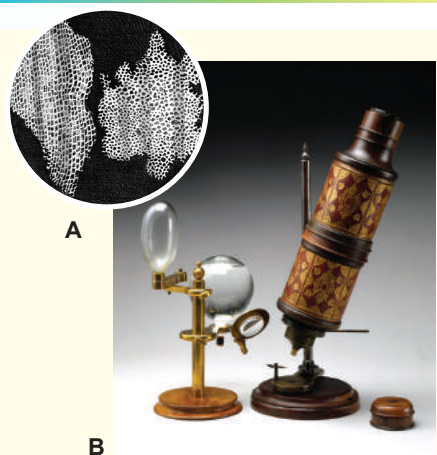


Fig. 14.1.

A. Imaginea plutei sub microscop, făcută de Robert Hooke.

B. Modelul microscopului, care a fost utilizat de Hooke în timpul studiilor sale.

### Primele microscopie au fost optice

Istoric, primele microscopie au fost **optice**. Principiul funcționării lor constă în faptul, că printr-un obiect transparent trece o rază de lumină, care apoi nimereste pe un sistem de lentile, ce măresc de multe ori imaginea obiectului. Structura microscopului optic este prezentată în figura 14.2, A.

Microscopul optic face posibilă examinarea obiectelor mici, cu o precizie suficient de mare. Cu ajutorul microscopului optic școlar obiectele pot fi mărite de 100–400 de ori, iar cu ajutorul celor de laborator – de 1000 de ori. Însă la microscopul optic este o **limită de rezoluție** – distanța minimă între două puncte, atunci când acestea sunt văzute ca obiecte separate. Limitele de rezoluție sunt determinate de natura fizică a luminii și nu pot fi depășite cu ajutorul unor lentile mai puternice. Limita teoretică a rezoluției unui microscop optic este de  $0,2 \mu$  (pentru comparație: lungime aproximativă a bacilului intestinal este de  $1-2 \mu$ ), iar rezoluția maximă – aproximativ de 2000 de ori. Rezoluția, care este mai mică decât dimensiunea celulelor, permite studiarea ani-

1 La lecțiile de fizică ați studiat legea elasticității formulată de el – legea lui Hooke.

malelor mici și organismelor unicelulare, structura țesuturilor și celulelor. Dar structura internă a organelor, bacteriilor, precum și structura virusurilor și moleculelor este inaccesibilă la microscopul optic obișnuit.

### Microscopia electronică este o metodă puternică de studiu a structurii celulelor

Limita teoretică de rezoluție a unui microscop optic poate fi depășită dacă se folosește pentru obținerea imaginii nu lumină, ci un fascicul de electroni. Așa microscop se numește **electronic**. El, de asemenea, are lentile, dar nu de sticlă, ci magnetice, care focalizează electronii și proiectează imaginile pe ecran. Folosirea electronilor permite ridicarea limitei de rezoluție a microscopului până la 0,5 nm, ce, practic, mărește imaginea obiectului de 1 milion de ori sau mai mult. Există mai multe modele de microscop electronic, cele mai răspândite dintre care sunt **cu transmisie** și **cu scanare**. În microscopul electronic cu transmisie (MET) fasciculul de electroni trece printr-un obiect foarte subțire și formează o imagine pe ecran (fig. 14.3). În microscopul electronic cu scanare (MES) fasciculul de electroni focalizat scanează obiectul și este reflectat de pe suprafață (fig. 14.4). Analiza traiectoriilor electronilor reflectați dă posibilitatea de a obține o imagine a suprafeței obiectului cu o mare precizie.

Deși imaginea obținută cu un microscop electronic este de înaltă definiție, pregătirea probei pentru microscopia electronică este un proces destul de îndelungat și greu. Și, din păcate, folosirea unui microscop electronic pentru studiul obiectelor biologice vii este imposibilă.

### Microscopia de fluorescență face posibilă reconstruirea unei structuri tridimensionale a celulelor

În ultimele decenii au apărut multe metode noi de microscopie optică, bazate pe introducerea în obiect a unor marcați luminoși specifici. Există anumite substanțe numite **fluorescente**, care, atunci când sunt iluminate cu lumină de o anumită culoare, încep să lumineze cu o altă culoare (fig. 14.5).

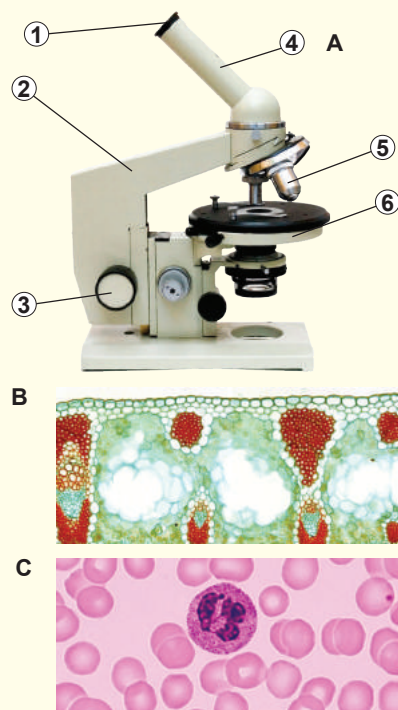
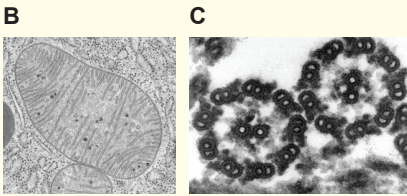
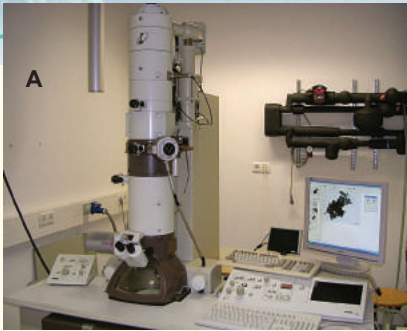


Fig. 14.2.

**A.** Structura microscopului optic. 1. Ocularul. 2. Stativul. 3. Rotița de focalizare. 4. Tubul. 5. Obiectivul. 6. Platforma. **B.** Secțiunea transversală a frunzei de porumb. **C.** Frotiu de sânge uman: printre eritrocite enucleate este un leucocit mare cu nucleu segmentat. Toate preparatele au fost suplimentar colorate în timpul preparării, deoarece majoritatea țesuturilor animale și vegetale sunt incolore.



**Fig. 14.3.**

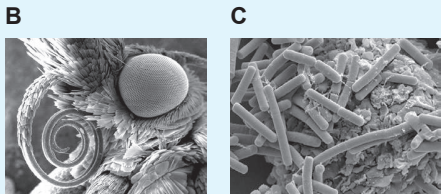
- A.** Microscopul electronic modern cu transmisie (MET).  
**B.** Aspectul mitocondriei în MET.  
**C.** Secțiunea transversală a unui flagel eucariotic în MET.

Cu aceste substanțe fluorescente pot fi marcate moleculele în obiectul cercetat. Ca rezultat, este ușor de învățat poziția intracelulară a moleculelor, care ne interesează. Iar metodele perfecționate de microscopie fluorescentă permit reconstrucția structurii tridimensionale a obiectelor biologice!

### Centrifugarea diferențială permite „demontarea” pe părți a celulei

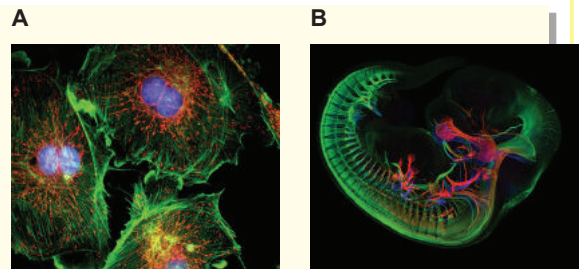
Pentru a studia structura și funcția componentelor celulei este important de le eliminat în formă pură. Cel mai des aceasta se face prin metoda de **centrifugare diferențială**. Pentru a separa organelite, celula este distrusă, iar amestecul obținut este transferat în centrifugă. Centrifuga este un dispozitiv pentru separarea componentelor celulare **prin forța centrifugă**.

În centrifugă eprubeta cu organelite se rotește cu viteză mare, rezultând o accelerație centrifugă considerabilă (de obicei, de la 100 g până la 100 000 g, unde g este accelerația gravitațională). Forța centrifugă care rezultă din accelerația centrifugă, este proporțională masei. De aceea componentele mai grele se sedimentează pe fundul eprubetei primele, după ele – mai ușoare și cele mai ușoare. Astfel, primele se sedimentează nucleiele, apoi mitocondriile și așa mai departe, până când ultimele nu se vor sedimenta veziculele membranare și ribozomii. Apoi organelite separate pot fi cercetate.



**Fig. 14.4.**

- A.** Microscopul electronic modern cu scanare (MES).  
**B.** Capul fluturului în MES.  
**C.** Bacilul intestinal în MES.



**Fig. 14.5.**

- A.** Celulele epiteliale. **B.** Embrionii șoarecelui.



# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Crearea teoriei celulare nu ar fi fost posibilă fără  
A microscopul optic      B microscopul electronic      C centrifugă  
D microscopul fluorescent      E experimente chimice
- 2** În microscopul optic poate fi văzută  
A structură virusului gripal      B părțile componente a ribozomilor  
C molecula de proteină      D mitocondria      E rețeaua cristalină a sării
- 3** MET și MES diferă prin faptul că  
A imaginea în MET este plană, iar în SEM – tridimensională  
B în SEM obiectul are culorile sale naturale  
C mărirea obiectului întotdeauna este diferită  
D în MET obiectul poate fi viu  
E în MET pentru focalizare sunt utilizați magneți, iar în SEM – lentile de sticlă
- 4** În timpul centrifugării diferențiale ultimul se va sedimenta componentul celulei  
A cloroplastul      B mitocondria      C vacuola digestivă      D ribozomul      E nucleul

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** Ce este comun și prin ce diferă mecanismele, datorită cărora preparatele pentru microscopia optică și fluorescență obțin diferite culori?
- 6** De ce în biologie a apărut necesitatea de a utiliza microscopul electronic?
- 7** Care este motivul înlocuirii lentilelor de sticlă cu magnet în microscopul electronic?
- 8** Cu ce componente suplimentare trebuie să fie echipat microscopul optic pentru ca el să funcționeze ca cel fluorescent?
- 9** Examinați figura 14.2, A și descrieți, prin care părți ale microscopului optic și în ce ordine trece fasciculul de lumină. Ce elemente efectuează mărirea imaginii?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10** De ce structura celulară a plantelor a fost descoperită înainte de structura celulară a animalelor?
- 11** Care boli ale omului și în ce mod pot fi diagnosticate folosind microscopia optică?
- 12** Cum, utilizând centrifugarea diferențială, pot fi separate celulele sau moleculele mari? Ce particularități va avea o astfel de separare?

## Află singur și comunică altora

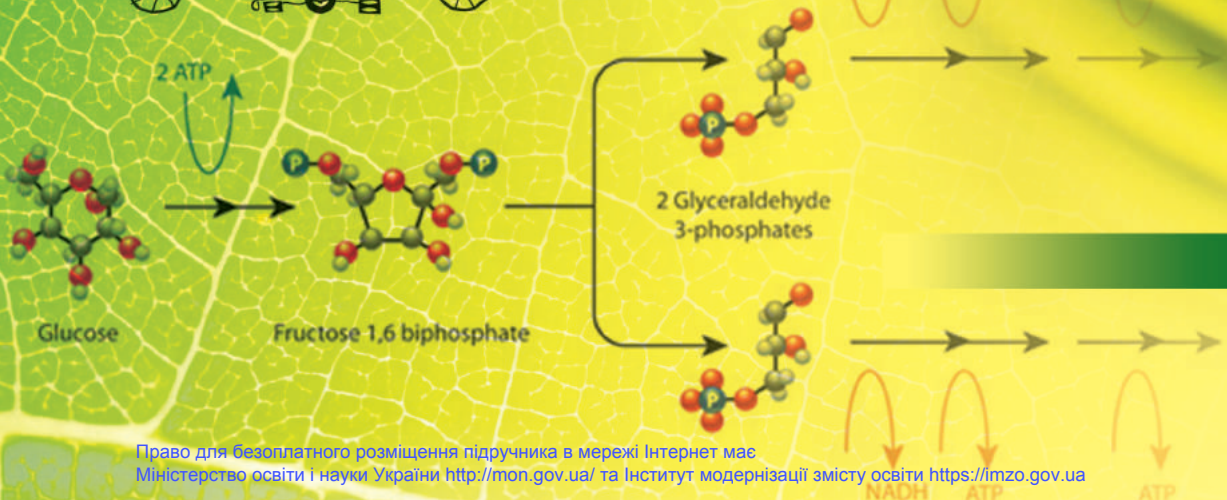
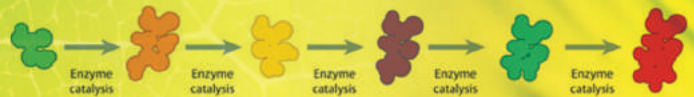
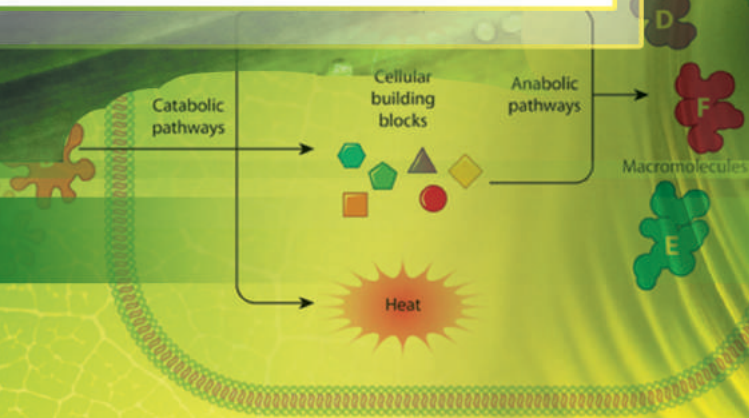
- 13** În anul 2008 un grup de savante au câștigat Premiul Nobel pentru studierea structurii și elaborarea modurilor de utilizare a proteinei verzi fluorescente. Care este însemnătatea acestei substanțe pentru biologia modernă?

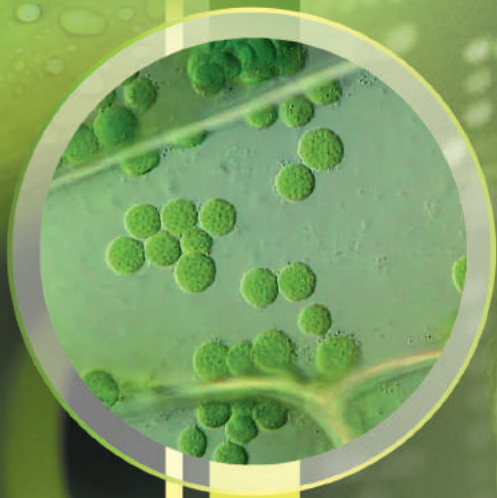




*There are living systems; there is no living „matter”. No substance, no single molecule, extracted and isolated from a living being possess, of its own, the aforementioned paradoxical properties. They are present in living systems only; that is to say, nowhere below the level of the cell.*

**Jacques Monod**

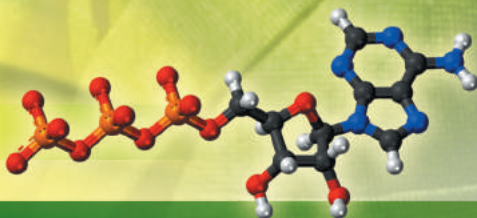




Melvin Calvin

# CAPITOLUL 3

## *Principiile funcționării celulelor*



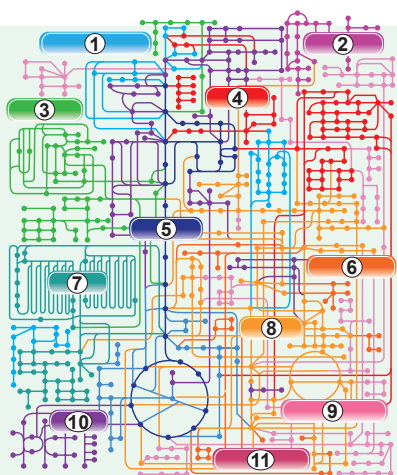


# § 15. Metabolismul și energia

## Metabolismul este o totalitate de reacții chimice în organism

În organismele vii se conțin o cantitate enormă de diferite substanțe chimice, care reacționează una cu alta. Organismele consumă unele substanțe și produc altele. Noi toți inspirăm oxigen, care-l utilizăm pentru oxidarea substanțelor organice și expirăm dioxidul de carbon, format în urma acestui proces. Plantele sunt capabile din dioxid de carbon și apă să formeze substanțe organice, iar oxigenul, ca produs secundar al acestui proces, este eliberat în atmosferă. De asemenea, plantele sunt capabile să absoarbă nitrați (sărurile acidului nitric), care sunt apoi reduși până la grupările amino ale aminoacizilor, ce vor intra în compoziția proteinelor. La animale proteinele vegetale din nou se descompun în aminoacizi, iar din acești aminoacizi animalele „construiesc” proteinele proprii. Zaharoza, pe care o consumăm cu ceaiul de dimineață este scindată în fructoză și glucoză. Ultima poate fi nemijlocit transmisă la creier pentru a fi „arsă” sau poate nimeri în ficat, unde intră în compoziția polimerului glicogen, care va fi depozitat pentru viitor. Totalitatea tuturor acestora și altor reacții chimice, care decurg în organism, sunt numite metabolism<sup>1</sup>.

## Căile metabolice reprezintă o rețea ramificată de reacții



**Fig. 15.1. Rețeaua căilor metabolice ale celulei**

- 1, 5. Glucidele.
2. Neutralizarea substanțelor străine.
- 3, 7. Lipidele.
4. Nucleotidele.
- 6, 8. Aminoacizii.
9. Vitaminele.
10. Metabolismul energetic.
11. Substanțele specifice.

Reacțiile care decurg în organism sunt destul de variate. Pe figura 15.1 este prezentată schema metabolismului omului, mai detaliat, **aceseați linkul**.

Studiind schema tuturor proceselor chimice din organism, putem observa că adesea reacțiile sunt combinate în succesiuni de două tipuri: liniare și circulare (fig. 15.2). O astfel de succesiune de reacții chimice poartă denumirea de **căi metabolice**. În ele substratul (componentul inițial al căilor metabolice, S) se transformă într-un produs al căii metabolice (P) prin substanțe intermediare (I). De obicei, substanțele intermediare nu îndeplinesc nici o funcție biologică și concentrația acestora în organism este destul de mică. Aici trebuie să ne amintim de o trăsătură importantă a metabolismului: transformarea substratului în produs biologic activ aproape niciodată nu decurge într-o singură etapă, ci numai printr-un lanț de substanțe intermediare.

Căile metabolice pot fi clasificate în diferite moduri, de exemplu, este convenabil de a le distribui după funcții. Să examinăm funcțiile de bază ale căilor metabolice din organismul animal.

**A.** Scindarea moleculelor alimentelor cu formarea moleculelor mici – monomerilor universali.

<sup>1</sup> Din greacă *metabole* – transformare.

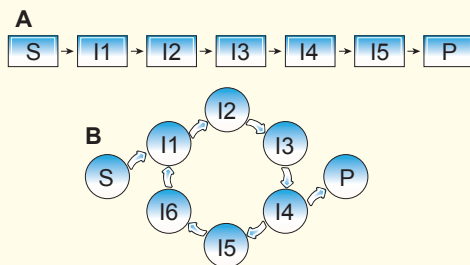
**B.** Sinteza moleculelor mari și complexe din monomeri universali, iar a monomerilor, din substanțe anorganice.

**C.** Scindarea monomerilor universali până la substanțele anorganice cu scopul de a obține energie.

**D.** Formarea produselor slab toxice ale metabolismului și neutralizarea otrăvurilor.

Căile metabolice, care aparțin grupului B, deseori sunt numite **anabolism**, iar cele care aparțin grupului C – **catabolism**. Nu există nici o diviziune clară între **anabolism** și **catabolism**, de aceea acești termeni pot fi considerați învechiți, deși ei sunt adesea folosiți în literatura de specialitate.

După organizarea generală a metabolismului, organismele vii diferă foarte mult, de aceea mai departe noi vom examina tipurile de bază ale metabolismului organismelor vii.



**Fig. 15.2. Două tipuri de căi metabolice**

**A.** Succesiune lineară de reacții (de exemplu, glicoliză).

**B.** Cale metabolică ciclică (de exemplu, faza de întuneric a fotosintezei).

## Auto- și heterotrofii – două tipuri de nutriție în natură

Toate organismele vii sunt formate din substanțe organice. Mai mult decât atât, noi știm că majoritatea compușilor organici din biosfera Pământului și în afara biosferei (petrolul, gazele naturale și hidrații de gaze din adâncime) au o origine organică. Cu alte cuvinte, organismele vii sunt principalii producători de substanță organică din biosferă. Însă nu toate organismele sunt capabile de a sintetiza compuși organici din anorganici. Unele organisme trebuie să absoarbă alte substanțe organice pentru a-și asigura necesitățile lor în substrate pentru sinteză. Organismele, care sunt capabile de a sintetiza compuși organici din anorganici (din dioxid de carbon) se numesc **autotrofe**, iar cele, care sunt nevoite să consume substanțe organice – **heterotrofe**. La autotrofi aparțin, de exemplu, mulții reprezentanți ai cianobacteriilor și plantelor verzi, iar la heterotrofi – ciupercile și animalele.

## Foto- și chemotrofii se deosebesc după sursa de energie

Tuturor organismelor pentru efectuarea proceselor vitale le trebuie energie. Însă sursele acestei energii sunt diferite. Sursă de energie pot fi reacțiile chimice ale substanțelor consumate de organisme. Astfel de organisme sunt numite **chemotrofe**. Iar alte organisme pot folosi ca sursă de energie lumina solară. Astfel de organisme sunt numite **fotothrofe**.

În dependență de sursa de energie și de substanțele organice pot fi distinse diferite tipuri de metabolism, reprezentate în tabelul 15.1 și în figura 15.3. Animalele, ciupercile, o parte din protozoare (de exemplu, amiba, plasmodiul malaric) și bacterii, paraziți, unele plante parazite nu sunt capabile de a sintetiza în mod independent substanță organică din dioxid de carbon. În calitate de sursă de energie, ei folosesc reacțiile chimice ale moleculelor absorbite (de exemplu, „arderea” moleculelor alimentelor de către oxigen). Astfel de organisme sunt numite **chemoheterotrofe**. Plantele verzi, algele, cianobacteriile sunt capabile să consume energia solară și să sintetizeze compuși organici din dioxid de carbon și apă. Aceste organisme sunt **fotoautotrofe**.





**Fig. 15.3. Diversitatea organismelor cu diferite tipuri de nutriție**

**A.** Chemoheterotrof tipic în habitatul său natural. **B.** Muma pădurii – plantă-parazit chemoheterotrof. **C.** Fotoautotrof tipic. **D.** Bacteria nitromonas, chemoautotrof. **E.** Bacteria chloroflexus, fotoheterotrof. **F.** Euglena verde, mixotrof.

Fotoautotrofii și chemoheterotrofii sunt două cele mai răspândite strategii metabolice ale ființelor vii. Dar există, de asemenea, mai multe combinații neobișnuite. Astfel, unele bacterii din sol pot obține energie la oxidarea compușilor de amoniu cu oxigenul până la nitrați sau nitriți și, astfel, să sintetizeze substanțe organice din dioxid de carbon. Astfel, aceste bacterii sunt **chemoautotrofi**. Bacteriile genului chloroflexus au metabolism și mai surprinzător: ele folosesc energia luminii solare, dar sunt nevoite să consume substanță organică din mediul înconjurător. Astfel, ele sunt exemplu de bacterii **fotoheterotrofe**.

**Tabelul 15.1. Clasificarea organismelor pentru o sursă de energie și materiale**

	<b>Autotrofi</b>	<b>Heterotrofi</b>
<b>Fototrofi</b>	Fotoautotrofi (majoritatea plantelor și algele)	Fotoheterotrofi (bacteriile din genul chloroflexus)
<b>Chemotrofi</b>	Chemoautotrofi (unele bacterii din sol)	Hemoheterotrofi (animalele și ciupercile)

Trebuie remarcat faptul, că această clasificare nu este absolută: în dependență de condițiile de mediu, unele organisme pot schimba strategia lor metabolică. Astfel, euglena verde la lumină poate sintetiza materia organică din dioxid de carbon, comportându-se ca fotoautotrof, dar la întuneric este nevoită să absoarbă substanțe organice din mediul ca chemoheterotrof. Așa organisme vii se numesc **mixotrofi**.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1) La procesul de fotosinteză și de respirație participă gazele  
**1) O<sub>2</sub>, 2) N<sub>2</sub>, 3) CO, 4) NO<sub>2</sub>, 5) CO<sub>2</sub>.**  
**A 1 și 2      B 2 și 3      C 3 și 4      D 4 și 5      E 1 și 5**
- 2) Căile metabolice, care, de obicei, aparțin la anabolism, sunt legate de  
**A** scindarea moleculelor alimentelor  
**B** sinteza moleculelor mari și complexe din monomeri universali  
**C** reacțiile care contribuie la acumularea de energie în celulă  
**D** formarea produselor slab toxice ale metabolismului  
**E** formarea substanțelor anorganice din monomeri universali

3 Din organismele propuse mai jos la heterotrofe aparțin



A 1 și 2    B 2 și 3    C 3 și 4    D 4 și 5    E 1 și 5

4 Unele bacterii din sol pot obține energie în rezultatul procesului de oxidare a compușilor amoniacului cu oxigen până la nitriți și nitrați și, în același timp, să sintetizeze substanța organică din dioxid de carbon. Ele sunt

A fototrofe    B fotoheterotrofe    C chemoheterotrofe  
D chemoautotrofe    E mixotrofe

5 Clamidomonada este capabilă să fotosintetizeze la lumină, precum și să absoarbă substanțe organice prin suprafața corpului. Pe baza acestor fapte, putem face concluzia că Clamidomonada este

A fotoautotrof    B fotoheterotrof    C chemoheterotrof  
D chemoautotrof    E mixotrof

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

6 De ce fără metabolism viața este imposibilă?

7 În care grupe pot fi împărțite căile metabolice, care decurg în organism? Pe care principiu se bazează sistemul ce l-ați propus? Cum altfel pot fi clasificate căile metabolice?

8 Care este diferența fundamentală între autotrofi și heterotrofi? Dați exemple de organisme, care aparțin acestor grupuri. Stabiliți trăsăturile caracteristice ale structurii lor, determinate de tipul de nutriție.

9 Descrieți varietatea tipurilor de nutriție a organismelor. Pe ce bază se disting aceste tipuri? Dați exemple de organisme, care fac parte din fiecare grupă propusă de voi.

10 Unele organisme se hrănesc mixotrof. Ce aceasta înseamnă? Căror condiții trebuie să corespundă aceste organisme?

### Găsește răspunsul și aporie-te de înțelegerea naturii

11 Care sunt avantajele și neajunsurile căilor metabolice liniare și ciclice? În care cazuri pentru organism este mai eficient să utilizeze un tip al căilor metabolice și în care cazuri alt tip?

### Află singur și comunică altora

12 Plantele și animalele de parcă alcătuiesc două lumi: autotrofe și heterotrofe. Cu toate acestea, ca întotdeauna, în natura vie, există excepții. Dați exemple și descrieți biologia lor.

13 A fi mixotrof este convenabil: în prezența luminii, ei sunt sături, în prezența substanței organice gata – ei sunt asigurați cu hrană. De ce dar atât de puține organisme se hrănesc mixotrof?

## § 16. Scindarea substanțelor

### Substanțele nutritive sunt descompuse în tractul gastrointestinal

După cum am clarificat în paragraful precedent, animalele nu sunt capabile de a sintetiza propriile substanțe organice din dioxid de carbon și apă, deci sunt nevoite să le obțină din alimente. În acest paragraf vom vedea ce se întâmplă cu moleculele din alimente absorbite de om. În primul rând, trebuie remarcat faptul, că produsele alimentare conțin un număr mare de polimeri (proteine și polizaharide), pe care celulele intestinului subțire nu le pot absorbi nemijlocit. De aceea, aceste substanțe trebuie să fie scindate în monomeri (aminoacizi și monozaharide, respectiv). Grăsimile, de asemenea, nu pot fi absorbite fără scindare, de aceea ele se descompun cu producerea acizilor grași. Anume aceste procese le vom descrie acum.

### Scindarea proteinelor începe în stomac

Hrana proteică reprezintă baza alimentației omului, deși conținutul de proteine din alimente variază foarte mult în diferite culturi naționale: în ele este foarte bogată bucătăria Asiei Centrale, și foarte săracă la aborigenii polinezieni și africani. În tractul gastrointestinal proteinele sunt scindate în mai multe etape. Etapele inițiale ale scindării proteinelor decurg în stomac. Aici, în mediul acid, la proteine se distruge structura lor tridimensională și ele sunt supuse scindării inițiale de către enzima **pepsină**. În acest timp molecula proteinelor se descompune în catene scurte de aminoacizi, însă nu până la aminoacizi liberi. Apoi catenele formate de aminoacizi nimeresc în intestinul subțire. Acolo, într-un mediu slab alcalin, acestea sunt supuse acțiunii enzimelor **tripsina** și **chimotripsina**, care sunt secretate de pancreas. Funcționarea acestor enzime duce la formarea unor catene de aminoacizi și mai scurte (2–20 aminoacizi). Scindarea finală a acestor catene scurtate până la aminoacizi este efectuată de alte enzime digestive ale intestinului subțire. Numai aminoacizii liberi pot fi absorbiți de celulele intestinului subțire și intră în circuitul sanguin<sup>1</sup>.

### Scindarea glucidelor decurge în mai multe etape

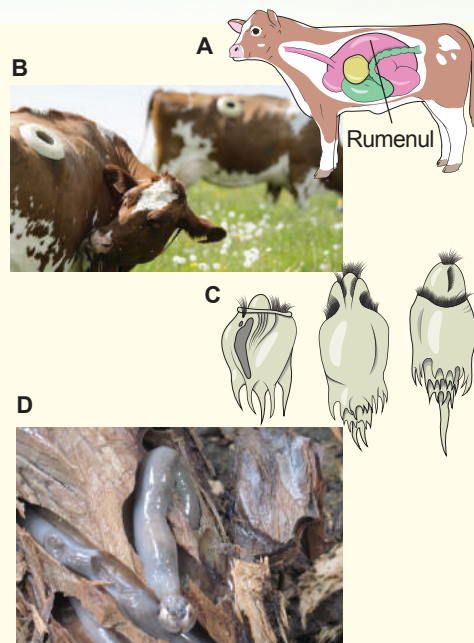
În alimente sunt diverse glucide: polizaharide (ca amidonul și celuloza), dizaharide (ca zaharoza și lactoza) și monozaharide, dintre care cea mai importantă este glucoza. Conținutul relativ al glucozei libere în alimente este destul de mic, iar majoritatea glucidelor sunt reprezentate prin di- și polizaharide. Ca și în cazul aminoacizilor, celulele epitelului intestinului subțire sunt capabile să absoarbă numai monozaharide, de aceea di- și polizaharidele trebuie să fie descompuse în tractul gastrointestinal. Dizaharidele sunt scindate în intestinul subțire: zaharoza este scindată de enzima **zaharaza**, iar lactoza – de **lactază**. Trebuie de menționat faptul, că, de obicei, la mamifere lactaza este produsă numai în timpul alăptării, iar cu vârsta ele încetează să formeze lactază și, în consecință, pierd capacitatea de a digera laptele. În unele populații umane lactaza se produce pe parcursul întregii vieți (mai detaliat în anexa II).

1 Această afirmație nu este în întregime corectă. Unele proteine sunt capabile de a intra în sânge din lumenul intestinului subțire intact, fără a fi supuse scindării. Ca, de exemplu, proteina laptelui lactoferina, care participă la transportul fierului de la mamă la copil, precum și la protecția antivirală și antibacteriană. Dar un astfel exemplu de transfer al proteinei este mai degrabă excepție, decât regulă.

Scindarea polizaharidelor decurge mai complicat în mai multe etape. Ca exemplu, să studiem scindarea amidonului, care se conține în multe produse alimentare. Scindarea amidonului începe deja în cavitatea bucală, deoarece saliva conține enzima **amilază**. Amilaza scindează catenele de amidon, făcându-le mai scurte. Ele în intestinul subțire se întâlnesc cu acțiunea amilazei produse de pancreas. Acolo decurge scindarea catenelor scurte în dizaharida **maltoza**, care este formată din două resturi de glucoză. Maltoza este scindată până la glucoză liberă de către enzima **maltaza**.

După cum deja știm, majoritatea glucozei în biosferă intră în componenta celulozei. Scindarea celulozei este efectuată de enzima **celulaza**, care este la unele bacterii, protozoare și ciuperci. La animalele vertebrate celulaza lipsește. Cu toate acestea, animalele erbivore asimilează celuloza datorită prezenței în tractul gastrointestinal a organismelor simbiotice. Aceste organisme preferă să trăiască într-un mediu lipsit de oxigen. La mamiferele erbivore microorganismele simbiotice, care descompun celuloza, trăiesc în intestinul gros și orb (ca la imparicopitate și lagomorfe) sau în regiunea specializată a esofagului (ca la paricopitatele rumegătoare). Astfel, rumenul vacii<sup>1</sup> ocupă toată jumătatea stângă a cavității ei abdominale și ajunge la un volum de 300 litri (fig. 16.1).

În rumen se formează un ecosistem unic de microorganisme. Cea mai mare parte a „populației” rumenului constituie bacteriile, care descompun celuloza și absorb glucoza. Cu ele se hrănesc o varietate de ciliate, de asemenea, trăiesc în rumenul rumegătoarelor. Aceste ciliate sunt fundamentul rumegătoarelor „produse alimentare”. Ai putea spune că vaca „mănâncă”, nu atât de mult iarba, cât biomasa microbiană, pe care ea o „crește” în rumen.

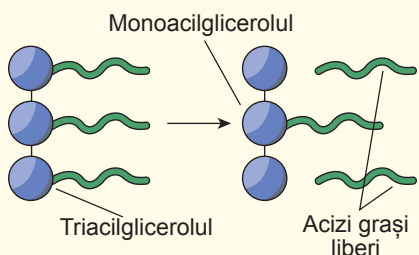


**Fig. 16.1.**

- A.** Structura „stomacului” cu patru camere la vacii cu un rumen uriaș.
- B.** Vacii cu fistula într-o parte, care sunt conectate cu rumenul, fac posibilă studierea procesului de digestie.
- C.** Principala „hrană” a vaciilor sunt paramecii (2 milioane/ml), care trăiesc în rumen.
- D.** Viermele corăbiilor, o moluscă bivalvă marină neobișnuită, care se hrănește cu lemn. El nu numai că conține în tractul digestiv microorganisme simbiotice, ce digeră celuloza, dar, de asemenea, creează propria celulază. Deși molusca este un dăunător, care dăunează corăbiilor și acostările de lemn, are o mare importanță pentru natură: distruge lemnul mort în oceanul planetar.

1 Deseori rumenul este considerat ca primul compartiment al stomacului, dar stomacului adevărat corespunde doar ultimei camere – cheagului.





**Fig. 16.2. Scindarea grăsimilor neutre de către lipaza sucului pancreatic**

## Pentru scindarea grăsimilor este nevoie de emulsionarea lor

Grăsimile sunt, de asemenea, o parte importantă a rației animalelor. Este important de menționat valoarea energetică ridicată a grăsimilor. „Arderea” unui gram de grăsime va da mult mai multă energie decât „arderea” unui gram de proteine sau de glucide. Însă grăsimile sunt foarte greu de asimilat. După cum știm, grăsimile sunt molecule nepolare, care, în soluții apoase, formează picături de grăsime. Aceste picături nu pot fi absorbite de către celulele epiteliale ale intestinului subțire. De asemenea, molecula mare

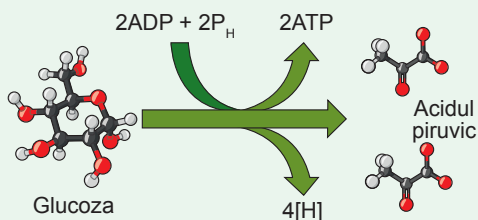
nepolară de grăsime nu poate pătrunde prin stratul de capuri polare de pe suprafața membranei celulare. De aceea, moleculele de grăsime sunt scindate în intestinul subțire de enzima **lipaza**, și apoi absorbite de celulele intestinale (fig. 16.2).

Enzima lipaza este secretată de pancreas. Ca și multe alte enzime, el reprezintă o moleculă solubilă în apă, de aceea poate scinda grăsimile doar la suprafața picăturilor de grăsime. Evident, că viteza acestui proces va fi limitată de suprafața picăturilor de grăsime. Pentru a mări aria suprafeței, sunt necesari **acizii biliari** produși de ficat. Acizii biliari emulsionează grăsimile – fragmentează picăturile mari de grăsime în mai mici, măbind semnificativ suprafața accesibilă pentru lipază. Componentele formate în timpul scindării grăsimilor alimentelor ajung în celulele epiteliale ale intestinului subțire, unde din ele din nou sunt sintetizate moleculele grăsimilor. Aceste molecule în reticulul endoplasmatic se adună în picături speciale, care sunt secretate din partea opusă a celulei. Însă ele nu nimeresc în sânge, ci în capilarele limfatice. Numai după aceasta cu fluxul limfatic picăturile nimeresc în circulația sangvină în venele de la gât și vena cavă superioară.

## Oxidarea intracelulară a glucozei decurge în câteva etape

În capitolele anterioare am menționat, că di- și polizaharidele, care nimeresc în tractul gastrointestinal, sunt scindate de enzime până la monozaharide, dintre care cea mai importantă este glucoza. Glucoza, prin celule epiteliale ale intestinului subțire, nimereste în sânge și este răspândită prin tot organismul. Cu glucoza, în interiorul celulelor, se pot produce astfel de modificări:

1. Ea poate fi complet oxidată până la dioxid de carbon și apă. În acest caz, se va acumula energie în formă de ATP. Acest proces decurge în prezența oxigenului și se numește **respirație**.
2. Ea poate fi transformată în acidul lactic în timpul **fermentației**. Pentru acest proces, oxigenul nu este necesar, iar ATP se produce mai puțin decât în timpul respirației.



**Fig. 16.3. Schema generală a glicolizei**

$P_H$  – ortofosfat.

## Jakub Parnas

S-a născut în 1884 în Mokriany, în apropierea Drohobych, regiunea Lviv. A studiat în Lviv, Strasbourg, Zurich. A predat la universitățile din Strasbourg, Varșovia, Lviv. Principalele realizări științifice ale savantului sunt în domeniul biochimiei metabolismului glicidic. Este mai mult cunoscut datorită descoperirii scindării glicogenului în mușchi și dezvoltarea unor reacții ale glicolizei, care mai este numită calea Embden-Meyerhoff-Parnass. După ocupația vestului Ucrainei, în 1939 de către trupele sovietice, deși a avut posibilitatea să răspundă la invitația colegilor săi de a pleca la Londra sau New York, a rămas totuși în Lviv. Odată cu începutul operațiilor militare, în 1941, a fost evacuat la Ufa, iar în 1943 s-a mutat la Moscova. În Moscova a fost unul dintre fondatorii Academiei de Științe Medicale, fondator și director al Institutului de Chimie biologică și medicală. A efectuat o muncă educativă mare, organizând în fiecare zi de joi seminare cu participarea biochimiștilor, fiziologilor și medicilor remarcabili. La începutul anului 1949, a fost arestat în legătură cu procesul Comitetului Antifascist Evreiesc, pentru lucrul de recunoaștere în beneficiul altei țări. Toate acușările împotriva lui Parnas au fost fabricate și nu au fost confirmate. Însă savantul deja era bolnav de diabetul zaharat și de insuficiență cardiovasculară. În ianuarie 1949 Jakub Parnas a murit de un atac de cord în timpul unui interogariu. Cel puțin, așa este înregistrat în documentele NKVD-ului. Cum a fost în realitate, nu se știe. Precum nu se cunoaște nici locul unde remarcabilul savant Parnas a fost înmormântat. În zilele noastre, la fiecare doi ani, Societatea biochimică ucraineană și Societatea biochimică poloneză organizează o conferință științifică dedicată memoriei acestui mare om de știință.



3. Ea poate fi transformată în alte monozaharide, precum și lipide sau aminoacizi.
4. Ea poate fi transformată în polimerul glicogen, în a cărui formă poate fi acumulat în citoplasmă. Cel mai des glicogenul este depozitat în ficat și mușchii scheletici. În caz de necesitate de glucoză pentru organism, glicogenul din nou va fi scindat.

Etapă inițială de oxidare a glucozei este **glicoliza** – scindarea unei molecule de glucoză în două molecule de **acid piruvic**. Acest proces decurge complet în citosolul celulei. Este o cale metabolică liniară, care include 10 reacții consecutive. Schema glicolizei este prezentată în figura 16.3.

După cum puteți vedea, în acest proces oxigenul nu participă. Dacă privim mai atent la schema glicolizei, putem vedea, că în două molecule de acid piruvic se conține tot atâta Carbon și Oxigen, ca și în molecula de glucoză, dar lipsesc patru atomi de Hidrogen. Acești patru atomi de Hidrogen se deplasează pe un transportator special. Din paragraful următor noi vom afla, ce se întâmplă cu acești atomi de Hidrogen și cum molecule de acid piruvic se oxidează până la dioxid de carbon. Aici de acum va fi implicat și Oxigenul.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Moleculele polimerilor nu trebuie să nimerescă în mediul intern al organismului – sânge și limfă, de aceea sunt scindate în monomeri. Aceasta decurge în
- A sistemul cardiovascular      B sistemul digestiv      C sistemul excretor  
D sistemul respirator      E sistemul imunitar

- 2** Mediul acid al sucului gastric asigură
- 1) distrugerea structurii tridimensionale a moleculei de proteină;
  - 2) activarea pepsinei;
  - 3) emulsionarea grăsimilor.
- A** 1 și 2      **B** 2 și 3      **C** 1 și 3      **D** numai 1      **E** 1, 2 și 3

- 3** În tractul gastrointestinal cu lipidele alimentelor are loc emulsionarea. Scopul ei principal este
- A** de a facilita absorbția lipidelor prin membrană
  - B** de a forma bolul alimentar
  - C** de a face particulele de alimente inaccesibile pentru microflora intestinală
  - D** de a mări aria suprafeței picăturilor lipidice
  - E** de a mări tensiunea superficială a lipidelor

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 4** Organismul oamenilor, ca și la alte animale, necesită substanțe organice. Cu ce scop oamenii trebuie să primească regulat substanță organică?
- 5** De ce înainte de a fi absorbite în celulele organismului, proteinele sunt scindate până la aminoacizi? Oare numai dimensiunea mare a moleculelor de proteine limitează absorbția lor? Dacă nu, propuneți alte motive?
- 6** Oare orice hrană trebuie rumegată? Iar dacă ea poate fi ușor înghițită, ca terciul de gris sau de ovăz? Argumentați răspunsul, având în vedere compoziția alimentelor și fiziologia digestiei.
- 7** Cu care dificultăți se întâlnesc animalele, care se hrănesc cu iarbă și lemn? Pentru ce aproape toate dintre ele cresc în sistemul digestiv sau microorganism simbiotice? Ce, la urma urmei, este hrană pentru vacă?
- 8** Cea mai frecventă monozaharidă a organismelor vii este glucoza. Care sunt căile posibile de utilizare a ei în organismul uman?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 9** Vacile au o masă de simbioți în rumenii săi, iepurii – în intestinul orb. Dar cum simbioții nimeresc încolo, doar aceste animale nu se nasc cu tractul gastrointestinal deja populat?
- 10** Se știe, că bila ajută la emulsionarea grăsimilor, ceea ce le face accesibile pentru scindare. Care anume substanțe sunt responsabile pentru această acțiune a bilei? Care substanțe ale bilei permit o astfel de funcție neobișnuită?

### Află singur și comunică altora

- 11** Celulaza este o enzimă, care se întâlnește numai la unele organisme. De ce? Cu cât mai ușor ar fi fost să trăim, dacă am putea mânca lemn, rumeguș, hârtie. Încearcă să explici răspândirea neînsemnată a acestei enzime utile în lumea animală.
- 12** Din punct de vedere al energeticii procesului, explică, de ce glucoza în timpul glicolizei pierde Hidrogen, dar nu Carbon sau Oxigen.

## § 17. Mecanismele biochimice ale respirației

### Oxigenul în organismul multor animale formează complex cu hemoglobina

După cum am clarificat mai înainte, oxidarea completă a glucozei de către animale este imposibilă fără oxigen. Dar pentru această oxigenul trebuie să fie transportat la celule. La multe organisme mici oxigenul pătrunde din mediu în celule prin difuziunea simplă. Însă odată cu creșterea dimensiunii organismului difuziunea încetează să fie un mecanism eficient de asigurare cu oxigen. Organismele mari conțin purtători de oxigen speciali – proteine, care au un component neproteic (adică care nu constă din resturi de aminoacizi), ce formează un complex cu molecula de oxigen. Exemplu de astfel de proteină este hemoglobina<sup>1</sup> – proteină multimerică (adică care constă din mai multe catene de aminoacizi), ce conține o grupare neproteică – **hem** (fig. 17.1). Hemoglobina animalelor vertebrate este alcătuită din patru catene de aminoacizi conținute în eritrocitele sângelui. La nevertebrate hemoglobina poate fi alcătuită din mai multe catene de aminoacizi, conținute, în special, în plasmă.

Hemoglobina poate absorbi oxigenul în plămâni, în piele umedă sau branhii, dacă conținutul lui acolo este înalt, și apoi să-l cedeze în țesuturi. Astfel, oxigenul captat din mediu, este fixat de o proteină transportoare și poate fi transmis la celule, odată cu fluxul sângelui sau altor lichide.

O examinare specială trebuie acordată sistemului respirator al insectelor. De obicei, celulele insectelor adulte nu au pigmenți respiratori și transportă oxigenul la țesuturi datorită difuziunii printr-o rețea de tuburi foarte fine – trahei. Traheile ajung nemijlocit la celulele organismului și le asigură cu oxigen. Însă această structură a sistemului respirator limitează dimensiunile insectelor<sup>2</sup>.

### Cedarea hidrogenului de către moleculele substanțelor nutritive este un mod de a obține combustibil aerobic

În paragraful anterior am ajuns la momentul, când molecula de glucoză în citoplasma celulei este oxidată până la două molecule de acid piruvic. Ca rezultat sunt sintetizate două molecule de ATP și cedați patru atomi de Hidrogen, adică două molecule de Hidrogen. Hidrogenul, din punct de vedere energetic, este foarte bun combustibil.

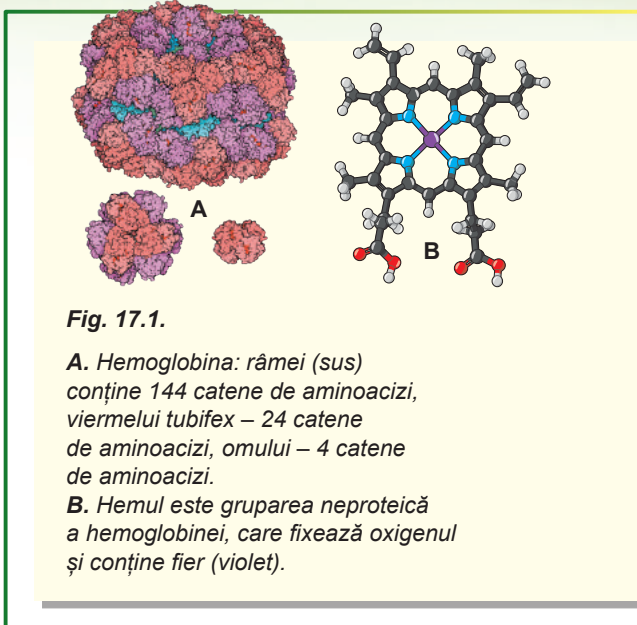


Fig. 17.1.

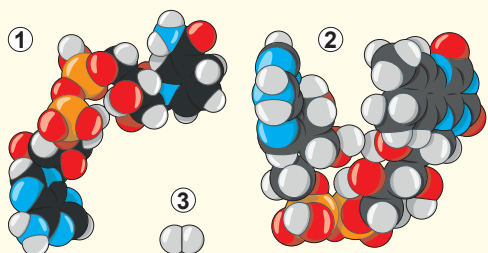
**A.** Hemoglobina: râmei (sus) conține 144 catene de aminoacizi, viermelui tubifex – 24 catene de aminoacizi, omului – 4 catene de aminoacizi.

**B.** Hemul este gruparea neproteică a hemoglobinei, care fixează oxigenul și conține fier (violet).

1 Hemoglobina nu este unica proteină, care transportă oxigenul. În afară ei, la animale există hemeritrina (conține ioni de fier în afara complexului cu hem), hemocianina (conține Cupru, în combinație cu oxigenul asigură o culoare albastră a sângelui), iar la unii viermi marini se conține bonelina, care asigură lichidelor corpului culoare verde.

2 Încearcă să explici de ce o astfel de structură a sistemului respirator limitează mărimea corpului insectei. Iar mai întâi chibzuiește, la care adâncime maximă se poate scufunda în apă un elev din clasa a noua cu tubul de respirat.





**Fig. 17.2.  $NAD^+$  (1),  $FAD$  (2) și molecula de Hidrogen (3) în aceeași scară**

El poate fi oxidat de oxigen (posibil, așa un experiment ați văzut la lecția de chimie) cu degajarea unei cantități mari de energie. Această energie este de ajuns pentru sinteza aproximativ a trei molecule de ATP (iar aceasta este destul de mult). Sarcina celulei este de a oxida atent hidrogenul cu oxigenul până la apă (oxidarea neatență duce la explozia amestecului detonant – aceasta organismele vii nu-și pot permite). Dar aici apare o problemă.

Hidrogenul este o moleculă foarte mică și nepolară (cât de paradoxal n-ar fi, dar molecula de  $H_2$  este mai mică decât atomul de Hidrogen), cu care este foarte dificil de lucrat

pentru enzime. De aceea ar fi convenabil, ca molecula de hidrogen să fie „așezată” pe un purtător, cu care apoi vor lucra enzimele.

Pentru rezolvarea aceste probleme, în celulă sunt purtători speciali de hidrogen. Exemple de astfel de purtători pot fi  $NAD^+$  și  $FAD$ . În figura 17.2 sunt prezentați ambii purtători în aceeași scară cu molecula de hidrogen. Enzima mult mai ușor se fixează de molecula mare și polară a purtătorului în timpul lucrului cu hidrogenul.

De aceea, patru atomi de Hidrogen, care sunt eliminați în timpul glicolizei, sunt capturați de purtători, în acest caz de  $NAD^+$ . Hidrogenul „prins” este apoi oxidat până la apă cu obținere de energie. Dar, înainte de a examina acest proces interesant, ar trebui să răspundem încă la o întrebare: care este soarta moleculelor acidului piruvic, formate din glucoză?

Acidul piruvic este oxidat până la dioxidul de carbon. Pentru aceasta el este transportat la mitocondrii, unde pierde toți atomii de Hidrogen. El nimerește tot pe aceiași purtători –  $NAD^+$  și  $FAD$ , iar trei atomi de Carbon sunt oxidați până la trei molecule de dioxid de carbon. Dioxidul de carbon ulterior este eliminat din organism, și în celule, din glucoză rămâne doar hidrogenul „fixat” de purtător. Anume el va fi „ars” de către oxigen în mitocondrii.

## Oxidarea hidrogenului cu oxigenul are loc în mitocondrii

Acum să examinăm cea mai interesantă etapă a procesului de respirație la animale. Hidrogenul, care s-a format la etapele anterioare ale respirației (în timpul glicolizei și oxidării acidului piruvic) este fixat de purtători și este gata pentru oxidare de către oxigen. Această reacție are loc cu degajarea unei cantități mari de energie. Anume această energie organismele vii se stăruie să o capteze și să o utilizeze pentru necesitățile lor.

Se explică eliberarea energiei în următorul mod. Electronul, care se rotește în jurul nucleului unui atom de Hidrogen, conține o energie destul de mare. Însă în molecula de apă acest electron este legat cu oxigenul – atom foarte electronegativ, care are un nucleu cu o sarcină pozitivă semnificativă. Electronul, care este aproape de acest nucleu, are mai puțină energie. Astfel, electronul, depășându-se de la molecula de hidrogen la molecula de apă, pierde o cantitate mare de energie. Dar și aici există o problemă.

Arderea obișnuită a hidrogenului în oxigen este o reacție violentă, însoțită de eliminarea unei cantități mari de energie sub formă de căldură. Cu toate acestea, căldura

este energie, care poate fi utilizată de către organismul viu numai pentru încălzire. De aceea pentru a capta o cantitate maximă de energie utilă și a o utiliza pentru sinteza ATP-ului (cu alte cuvinte de a ridica eficiența utilizării energiei substanțelor nutritive), oxidarea trebuie efectuată succesiv, în câteva etape. Degajarea de căldură la fiecare etapă va fi redusă, și majoritatea energiei va fi direcționată pentru sinteza ATP-ului. Acest principiu poate fi ilustrat prin exemplul următor.

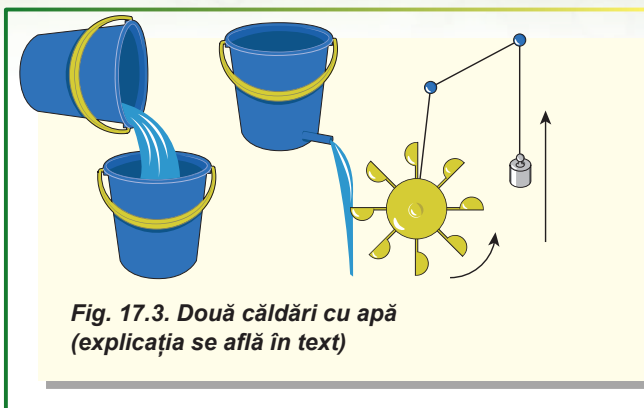
Să ne imaginăm, că avem două căldări cu apă, și una situată deasupra celeilalte (fig. 17.3). Evident, că apa din căldarea de sus are energie potențială mai mare, decât apa din căldarea de jos. Curgând dintr-o căldare în alta, ea pierde această energie. În cel mai simplu caz, această energie este pierdută sub formă de căldură. Însă noi putem instala în direcția mișcării acestui jet o turbină mică. Apa, care curge, va pune în mișcare turbina și va ridica o greutate – turbina va putea folosi o parte din energie pentru efectuarea lucrului util.

Dar totuși o cantitate semnificativă de energie va fi pierdută sub formă de căldură. Dacă vrem să obținem mai multă energie din apa, ce cade, trebuie să punem între cele două căldări a treia (fig. 17.4). Un astfel de sistem permite să fie situate două turbine și să fie captată mai multă energie. Cu cât mai multe turbine vom introduce în sistem, cu atât mai mare va fi eficiența ei. Însă un randament de 100% n-o să-l putem atinge: cu cât mai multe turbine vor fi introduse în sistem, cu atât mai lent va curge apa. Până în sfârșit, dacă vom instala între cele două căldări atât de multe turbine, care corespund randamentului de 100%, apa nu va mai mișca acest sistem și întreaga instalație se va opri. Astfel, unele pierderi de energie trebuie să fie, cel puțin, pentru ca acest proces să decurgă.

În așa mod funcționează mitocondria. Numai că rolul apei aici îl îndeplinesc electronii, care „fug” de la hidrogen la oxigen. Iar rolul de căldări – componentele așa-numitului **lanț respirator** – molecule amplasate în membrana internă a mitocondriei, care succesiv acceptă și cedează electroni. Anume datorită lanțului respirator, organismele vii împărtășesc oxidarea hidrogenului cu oxigen în mai multe etape, transformând 40% de energie în lucru util.

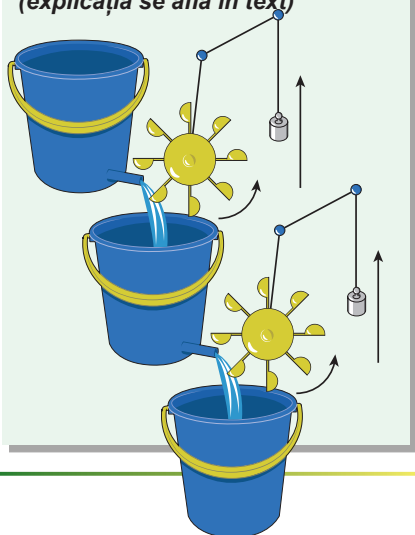
### Sinteza ATP-ului este funcția principală a mitocondriilor

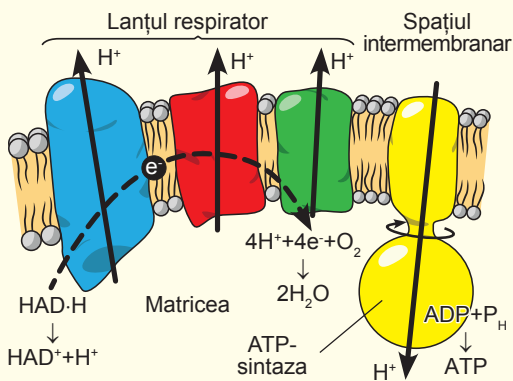
A rămas să examinăm încă o întrebare: cum energia electronului, ce se deplasează prin lanțul transportor de electroni, este transformată în energie ATP-ului? Deplasarea electronului prin lanțul respirator de la un component la altul este asociată cu efectuarea lucrului util – pomparea protonilor (ionilor H<sup>+</sup>) prin membrana internă a mitocondriilor



**Fig. 17.3. Două căldări cu apă (explicația se află în text)**

**Fig. 17.4. Trei căldări cu apă (explicația se află în text)**





**Fig. 17.5. Schema sintezei ATP-ului în mitocondrii**

(fig. 17.5). Ca rezultat, protonii din matricea mitocondriilor ajung în spațiul intermembranar. Pe membrana internă se formează un gradient de protoni<sup>1</sup> conținutul lor în spațiul intermembranar este mai mare decât în matrice. Dacă membrana ar fi fost permeabilă pentru protoni, atunci ei se întorceau înapoi în matrice, iar energia s-ar fi dispersat sub formă de căldură. Însă mitocondria este aranjată astfel, încât protonul, care a nimerit în spațiul intermembranar, nu poate pur simplu să treacă în matrice. Protonul este nevoit să treacă printr-o mașină moleculară unică – **ATP-sintază**. Acesta este un complex uriaș de proteine în formă de ciupercă. „Pălăria” acestei ciuperci este capabilă de a efectua sinteza ATP-ului din ADP și

ioni de ortofosfat. Dar de unde ea primește energie? Protonul, care se mișcă prin ATP-sintaza din spațiul intermembranar spre matricea mitocondriilor, începe să răsucescă „piciorul” ei. Această energie mecanică în „pălărie” se transformă în energia ATP-ului. Puteți privi video despre funcționarea mitocondriilor, **acesând linkul**.



## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Să transporte oxigenul spre celule, numai datorită difuziunii, fără proteinele transportoare de oxigen, poate  
**A** omul      **B** scrumbia      **C** râma      **D** colibri      **E** țânțarul
- 2 Proteinele transportoare asigură transmiterea prin organism a oxigenului din locurile  
**A** cu un conținut înalt spre locurile, unde el se formează  
**B** cu un conținut redus spre locurile, cu un conținut înalt  
**C** cu un conținut înalt spre locurile, cu un conținut redus  
**D** cu un conținut redus spre locurile, unde el lipsește  
**E** cu un conținut înalt spre locurile, cu un conținut de asemenea înalt
- 3 Pentru funcționarea efectivă în lanțul respirator trebuie să fie  
**A** un număr minim de componente      **B** un component  
**C** două componente      **D** câteva componente  
**E** un număr nelimitat de componente
- 4 Pentru asigurarea celulelor vertebratelor cu oxigen este necesar elementul chimic  
**A** Sodiul      **B** Fosforul      **C** Fierul      **D** Sulfur      **E** Calciul

1 Gradientul este o caracteristică, care indică direcția celei mai rapide creșteri a anumitei mărimi, valoarea căreia variază în spațiu de la un punct la altul.

- 5** Succesiunea corectă de transmitere a energiei în timpul respirației este
- A** glucoza → acidul piruvic → NAD·H → lanțul respirator → diferența conținutului de protoni pe ambele părți ale membranei mitocondriale interne → ATP-ul
  - B** glucoza → NAD·H → lanțul respirator → ATP-ul → oxigenul
  - C** acidul piruvic → glucoza → NAD·H → diferența conținutului de protoni pe ambele părți ale membranei mitocondriale interne → ATP-ul
  - D** glucoza → NAD·H → lanțul respirator → diferența conținutului de protoni pe ambele părți ale membranei plasmatică → ATP-ul → oxigenul
  - E** ATP → diferența conținutului de protoni pe ambele părți ale membranei mitocondriale interne → lanțul respirator → NAD·H → acidul piruvic → glucoza

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care reacție chimică este sursa de energie pentru transportul ionilor H<sup>+</sup> prin membrana internă a mitocondriilor? Argumentați-vă răspunsul.
- 7** Dacă energia hidrogenului s-ar fi degajat nu în mai multe etape, ci în una singură, cum aceasta ar fi influențat asupra organismelor vii?
- 8** Care substanțe reprezintă produsele finale ale respirației la animale?
- 9** Randamentul respirației celulare este mai mare decât al unui motor pe benzină (randamentul lui constituie 25–30%), cu toate că în ambele cazuri combustibilul „arde” datorită oxigenului cu formarea acelorași produse. Care particularități ale respirației animalelor le permit să ridice randamentul?
- 10** ATP-sintaza este considerată transformator celular de energie. Descrie care este tipul inițial și final de energie transformată de acest complex. Cum el efectuează aceasta?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** La mamiferele care hibernează, în grăsimea brună se reduce eficiența transformării energiei glucozei în energia ATP-ului. Ce se întâmplă cu energia, care nu este utilizată pentru sinteza ATP-ului? Cum aceste organisme reduc randamentul respirației?
- 12** În perioadă geologică Carboniferă a dezvoltării Pământului existau insecte gigante. Însă sistemul lor respirator era același ca și la insectele moderne. Care particularități ale atmosferei acelei perioade le-a permis insectelor să devină uriașe? Care alte ipoteze pot explica existența acestor insecte?

### Află singur și comunică altora

- 13** Datorită rotației mecanice ATP-sintaza poate fi folosită ca un motor molecular. Pentru ce și cum poate fi aplicat motorul ATP- sintazei?
- 14** Există oare alte metode de sinteză a ATP-ului în organismele vii, decât în mitocondrii? Care sunt avantajele și dezavantajele lor față de respirația mitocondrială?
- 15** Există substanțe, care pot deregla sau chiar bloca activitatea lanțului respirator. Care sunt aceste substanțe, prin ce ele sunt periculoase și unde pot fi aplicate?



## § 18. Fotosinteza

### Fotosinteza este un proces, care schimbă biosfera

Organismele vii, care populează planeta noastră, permanent o modifică. Unele organisme distrug rocile minerale pentru a ajunge la microelemente, din resturile moarte ale altor se formează creta, mîl cu globigerine<sup>1</sup>, diatomit. Cu toate acestea, este greu să ne imaginăm vreun proces biologic, care a schimbat planeta mai mult decât fotosinteza efectuată de plantele verzi. Datorită lui, atmosfera conține o cantitate mare de oxigen – 21%. Fotosinteza colorează în verde-albastru planeta noastră: clorofila verde confirmă victoria plantelor pe uscat, iar cerul și oceanul fiind albastre mărturisesc puritatea atmosferei și hidrosferei, care au fost curățite de către oxigen de impurități anorganice colorate. Stratul de ozon, care s-a format din oxigenul atmosferic, protejează toate formele de viață, de radiațiile ultraviolete nocive și previne scindarea moleculelor de apă. Cât de lentă nu ar fi fost scindarea moleculelor de apă la acțiunea razelor ultraviolete, timp de două miliarde de ani de **fotosinteza oxigenică** acest proces ar putea distruge toată apa din oceanul planetar, așa cum, posibil, s-a întâmplat pe Marte. Oxigenul, care a saturat cu un miliard de ani în urmă oceanul planetar, a oxidat fierul bivalent solubil, în compușii insolubili ai fierului, care au precipitat cu formarea minereului de fier, utilizat extensiv de omenire. Tot în același mod, oxigenul a curățit oceanul de impurități de sulf și atmosferă – de metan.

Organismele fotosintetice au început să absoarbă și să elimine, din circuitul substanțelor în natură, carbonul, acumulând compușii lui în corpurile sale. Astfel s-a format petrolul, gazul natural și cărbunele. Oxigenul a modificat și natura vie. Deoarece el este cel mai puternic oxidant (după fluor), organismele vii au început să-l folosească pentru respirație. Oxidarea hidrogenului cu oxigen produce mult mai multă energie, decât oxidarea fierului, acidului sulfuric sau nitric (respirația cu participarea fierului, sulfaților sau nitraților respectivi). Iar produsul de oxidare este apa. Acest mod convenabil și eficient de respirație, pe care l-am descris în paragraful precedent, a permis organismelor să devină mai mari și, în cele din urmă, pluricelulare. Astfel, putem spune cu încredere că fără oxigen, pe planetă nu ar fi fost organisme vii mai complicate ca bacteriile.

### Fotosinteza reprezintă două procese diferite strâns legate între ele

Noi o să examinăm fotosinteza efectuată de plantele verzi – așa-numita fotosinteză oxigenică, produs rezidual al căreia este oxigenul. Trebuie de remarcat faptul, că acest tip de fotosinteză este cel mai dificil dintre toate, care există<sup>2</sup>. Practic, fotosinteza reprezintă două procese diferite, dar interdependente.

1. Absorbția energiei solare și transformarea ei în energia legăturilor chimice ale ATP-ului pentru necesitățile energetice ale organismului.
2. **Fotoliza** apei – scindarea moleculelor de apă la acțiunea luminii cu formarea oxigenului. În timpul fotolizei apei se desprind electroni, protoni și se formează oxigen

1 Unul din principale tipuri de mîl (carbonatic) este alcătuit din cochiliile câtorva genuri de foraminifere. Constituie până la 30% din aria fundului oceanului.

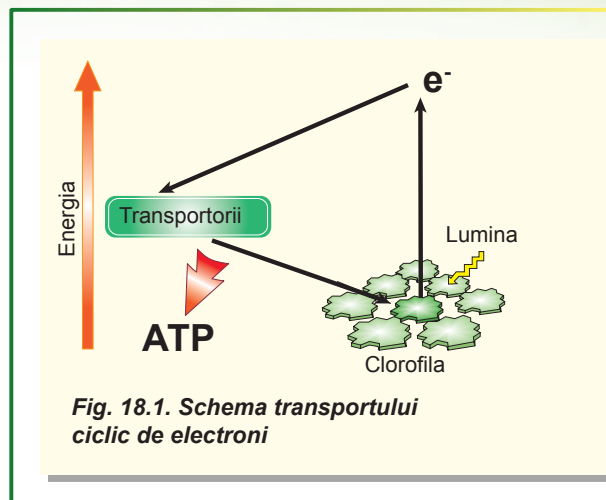
2 Majoritatea tipurilor de fotosinteză decurg fără eliberarea de oxigen. La unele procariote fotosinteza chiar nu este asociată cu reacțiile de oxido-reducere. Mai departe, sub termenul de „fotosinteză” noi subînțelegem fotosinteza oxigenică.

molecular. Apoi electronii sunt utilizați pentru a reduce diferiți compuși – nitrații până la amoniac, sulfatii până la sulfii și dioxidul de carbon până la compuși organici. Practic, această parte a fotosintezei și este cea „sintetică”, care este atât de importantă pentru biosferă, deoarece glucidele (iar apoi și toți ceilalți compuși organici) sunt formate la desfășurarea ei.

Ambele aceste procese sunt asociate cu activitatea lanțului transportor de electroni (LTE), asemănător cu lanțul respirator din membrana internă a mitocondriilor. Însă LTE fotosintetic are o diferență foarte importantă de LTE respirator.

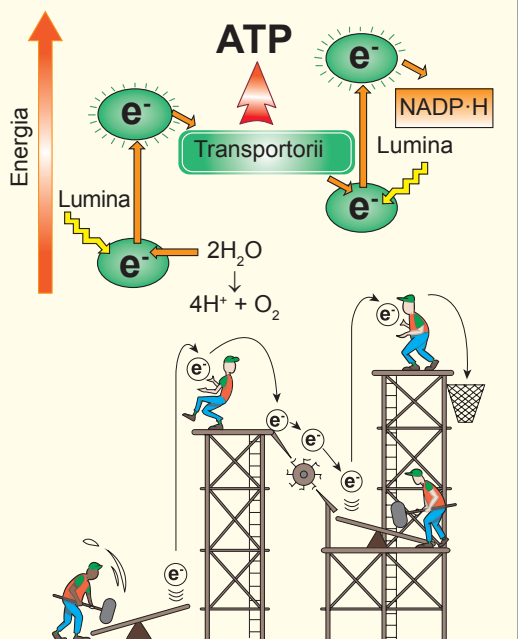
Este important de înțeles, că electronii în LTE mitocondrial pot fi transferați într-o singură direcție – de la hidrogen la oxigen, în rezultat energia lor scade. Atâta timp, cât electronul se mișcă „în jos” pe lanțul respirator, el efectuează lucru. Dar, la sfârșitul căii sale el este complet „epuizat” și nu este capabil de a efectua orice lucru util. Aceasta înseamnă că electronii „de înaltă energie” trebuie, în mod continuu, să ajungă pe LTE mitocondrial împreună cu hidrogenul, iar electronii „epuizați” – să fie eliminați în componența apei.

LTE fotosintetic este capabil de a mări energia electronului și din nou să-l întoarcă la locul funcționării. Această capacitate le oferă pigmentii fotosintetici, dintre care cel mai important este **clorofila**. Pigmenții, ca și LTE, sunt amplasați în membrana tilacoidelor. Electronul, care se află în molecula de clorofilă, are o energie destul de mică. Însă molecula poate absorbi fotonul<sup>1</sup> de lumină, după ce energia electronilor crește semnificativ. Cu alte cuvinte, electronul din nou se va deplasa la vârful lanțului transportor de electroni. Apoi, el se va mișca „în jos”, efectuând lucru. Electronul „epuizat” din nou va ajunge în partea inferioară, pe molecula de clorofilă. Această moleculă, iarăși, absoarbe lumina, și procesul începe din nou. Acest proces se numește **transport ciclic de electroni** (fig. 18.1), și este desfășurat în cloroplastele plantelor verzi. Lucrul efectuat de electron, este similar celui efectuat de electron în lanțul respirator – transferul protonilor prin membrană. Folosindu-se de diferența concentrațiilor de protoni, ATP-sintaza cloroplastului va sintetiza ATP. După cum vedem, transferul ciclic de electroni nu are nevoie de un flux continuu de electroni la LTE și oferă posibilitatea de a sintetiza ATP pentru necesitățile organismului. Dar acest sistem nu permite să se reducă dioxidul de carbon și, respectiv, să se sintetizeze substanțe organice. Pentru reducerea dioxidului de carbon trebuie un flux continuu de electroni de mare energie. În procesul respirației, acești electroni provin din substanțe organice, iar pentru fotosinteză, această sursă nu este satisfăcătoare. De aceea, plantele verzi folosesc o altă sursă de electroni – apa.



**Fig. 18.1. Schema transportului ciclic de electroni**

1 Fotonul este o particulă elementară, cuantă de lumină.



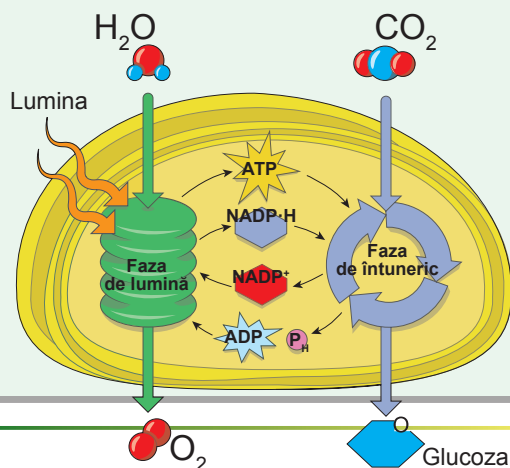
**Fig. 18.2. Schema transportului aciclic de electroni (Z-schema)**

S-ar părea că utilizarea apei ca donator de electroni este o afacere ingrată. Energia unui electron în molecula de apă este atât de mică, încât pur și simplu nu poate fi utilizată pentru reducerea dioxidului de carbon. Dar nu trebuie de uitat, că plantele au capacitatea de a spori energia electronilor prin absorbția energiei luminoase. Electronul separat de molecula de apă în timpul fotolizei, nimereste pe o moleculă de clorofilă. Absorbând energia luminii solare, electronul de la molecula de clorofilă se urcă „în sus” pe treptele energetice. Dar și această energie este insuficientă pentru reducerea moleculei de dioxid de carbon. Puțin călătorind pe LTE și efectuând un lucru neînsemnat de pompare a protonilor, și electronul, care „nu este complet epuizat” nimereste pe altă moleculă de clorofilă și din nou absoarbe un foton de lumină. Deci, electronul deja are energie suficientă pentru reducerea dioxidului de carbon. Acest electron se combină cu un proton, ce duce la formarea atomului de Hidrogen, care imediat devine legat de un transportor, în acest caz – de NADP<sup>+</sup>. Hidrogenul de pe transportor va fi utilizat în viitor pentru reducerea dioxidu-

lui de carbon. Schema descrisă de funcționare a LTE se numește transport aciclic de electroni, sau Z-schemă (fig. 18.2).

Deci, în reacțiile dependente de lumină ale fotosintezei, electronul este separat de molecule de apă. El absoarbe energia luminii și începe mișcarea sa pe lanțul transportor de electroni al cloroplastului. În rezultat, electronul poate folosi energia sa pentru pomparea protonilor prin membrană, ceea ce va duce în final la sinteza de ATP, sau să se combine cu un proton, formând atomi de hidrogen, care pot fi folosiți pentru reducerea dioxidului de carbon. Totalitatea tuturor acestor procese în LTE ale cloroplastului se numesc **faza de lumină a fotosintezei**. ATP-ul și hidrogenul (pe purtător NADP<sup>+</sup>), care s-au format în timpul acestei faze vor fi implicați într-o serie interesantă de reacții succesive, numite **faza de întuneric a fotosintezei**. În rezultat, din dioxid de carbon vor fi formate molecule organice (fig. 18.3). Faza de întuneric a fotosintezei începe cu fixarea dioxidului de carbon, care este implicat într-un ciclu de reacții, ce

**Fig. 18.3. Faza de lumină și de întuneric a fotosintezei**



duc la formarea glucozei. Dioxidul de carbon în acest ciclu este redus de Hidrogenul din apă (hidrogenul este transportat de purtătorul NADP<sup>+</sup>). Denumirile faza „de lumină” și faza „de întuneric” ale fotosintezei deseori sunt înșelătoare. Diferența principală dintre ele este faptul, că procesele fazei de lumină sunt direct dependente de lumină. Însă ambele faze ale fotosintezei se desfășoară la lumină, deoarece faza de întuneric necesită produsele fazei de lumină. Pe lângă aceasta, activitatea multor enzime ale fazei de întuneric este indirect reglată de lumină, iar la întuneric ele se află într-o stare inactivă. Sub razele de soare de dimineață LTE al cloroplastului treptat se satură cu electroni. Apoi sunt activate enzimele fazei de întuneric, care folosesc dioxidul de carbon și produsele fazei de lumină a fotosintezei, și încep să producă substanță organică.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Lipsa apei pe Marte este, probabil, legată de  
A lipsa de viață                      B lipsa stratului de ozon  
C prezența acolo a unui număr mare de atomi de Fier  
D culoarea roșie a solului        E temperatura scăzută
- 2 Fără lanțul transportor de electroni ai cloroplastelor, plantele vor putea  
A să obțină energie de la lumină    B să scindeze apa  
C să formeze oxigenul                D să formeze ATP                      E să respire
- 3 Motivele, din cauza cărora enzimele fazei de întuneric ale fotosintezei noaptea rău funcționează, sunt  
A 1 – faza de lumină produce o cantitate insuficientă de substanțe, cu care ele lucrează;  
2 – enzimele sunt inactice  
B 1 – faza de lumină produce o cantitate insuficientă de substanțe, cu care ele lucrează;  
2 – enzimele sunt prea active  
C 1 – faza de lumină produce o cantitate prea mare de substanțe, cu care ele lucrează;  
2 – enzimele sunt inactice  
D 1 – faza de lumină produce o cantitate prea mare de substanțe, cu care ele lucrează;  
2 – enzimele sunt prea active  
E 1 – faza de lumină produce o cantitate prea mare de substanțe, cu care ele lucrează;  
2 – enzimele nu se formează la întuneric
- 4 Transportul ciclic de electroni este mai avantajos deoarece  
A el nu necesită lumina  
B la desfășurarea lui are lor transferul de protoni prin membrană  
C el necesită două molecule de clorofilă  
D datorită lui mai târziu se formează molecule de ATP  
E el nu necesită aprovizionare constantă cu electroni

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

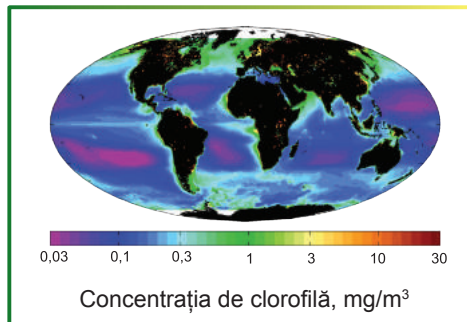
- 5 Cum ar fi arătat Pământul, dacă nu ar fi apărut fotosinteza oxigenică pe parcursul evoluției?
- 6 Ce este comun în procesul de respirație a mitocondriilor și fotosinteza în cloroplaste?



- 7** Din care substanță și în rezultatul cărui proces în timpul fotosintezei este produs oxigenul? Este oare posibilă fotosinteza fără producerea oxigenului?
- 8** Cum Carbonul este eliminat din circuitul substanțelor în natură? Cum omenirea schimbă starea acestui carbon „eliminat” din circuit?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 9** Examinează harta repartizării clorofilei în hidrosferă. Găsește zone deosebit de bogate în clorofilă. De ce anume în aceste locuri apa este deosebit de bogată în plante verzi cu clorofilă?
- 10** La unele plante culoarea frunzelor vara nu este verde, ci roșie, galbenă sau violetă. Indică oare acest fapt absența clorofilei în frunze? Care sunt cauzele unor astfel de culori „ciudate” a frunzelor?



### Află singur și comunică altora

- 11** În ciuda tuturor beneficiilor, în momentul apariției fotosintezei oxigenice 2,3 milioane de ani în urmă a dus la catastrofa oxigenului și schimbări radicale în biosferă. De ce apariția oxigenului a fost catastrofă și cum ea a schimbat biosfera?
- 12** Crearea unei fotosinteze artificiale eficiente ar putea ajuta foarte mult omenirii să obțină produse alimentare atât de necesare „de la lumina soarelui”. Care pași au fost deja făcuți spre crearea ei și cât de departe este până la succes?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 13** Formarea amidonului în frunze în timpul fotosintezei.
- 1) Lăsați o plantă de cameră la întuneric timp de câteva zile pentru ca rezervele de amidon să se epuizeze.
  - 2) Acoperiți o parte a frunzei cu hârtie opacă sau cu folie și puneți planta la lumină puternică.
  - 3) Peste câteva ore tăiați foaia, îndepărtați hârtia sau folia și puneți frunza pe câteva minute în uncrop și apoi în rachiou sau alcool fierbinte.
  - 4) Spălați frunza cu apă și ungeți-o cu o soluție de iod.
  - 5) Fotografați rezultatul, demonstrați fotografia la lecție și explicați, de ce frunza s-a colorat cu iod în acest fel.
- 14** Efectul intensității luminii asupra fotosintezei.
- 1) Puneți aproximativ în cantități egale ciurma apelor sau algele filamentoase în două pahare pline cu apă dintr-un bazin natural.
  - 2) Acoperiți plantele cu un pahar mic de sticlă cu gura în jos astfel, încât toate organismele să fie sub sticlă, iar deasupra să rămână puțin aer.
  - 3) Verificați nivelul apei în ambele probe.
  - 4) Una din probe puneți-o la lumină, iar alta acoperiți-o cu o pânză opacă.
  - 5) Peste câteva zile comparați nivelul apei în probe.
  - 6) Descrieți la lecție rezultatele și explicați de ce nivelul apei în pahare este diferit.

## § 19. Chemosinteza

### Fotosinteza nu este singurul mod natural de sinteză a compușilor organici din anorganici

În paragraful precedent am aflat cum plantele verzi folosesc energia solară pentru a produce hidrogen din apă. Apoi acest hidrogen este folosit pentru reducerea dioxidului de carbon și sinteza compușilor organici. Acest proces se numește **fotosinteză**. Însă în biosferă există o altă metodă de sinteză a compușilor organici, care nu este direct dependentă de energia luminii solare. Hidrogenul pentru reducerea dioxidului de carbon poate fi obținut și din diverse molecule anorganice, dar acest proces necesită un oxidant destul de puternic. Astfel de oxidant este oxigenul. Organismele vii (chemoautotrofii) pot oxida compuși anorganici (de exemplu, amoniacul, hidrogenul sulfurat, sulfizii, compuși bivalenți ai fierului etc.) cu ajutorul oxigenului și să utilizeze electronii și hidrogenul produși în rezultatul acestor procese, pentru reducerea dioxidului de carbon. Acest proces este numit **chemosinteză**. La fel ca și în cazul plantelor verzi, o parte de energie de oxidare este folosită pentru sinteza ATP-ului. Această metodă de obținere a energiei este caracteristică numai pentru procariote. Fenomenul chemosintezei a fost descoperit în 1887 de Serghei Vinogradski.

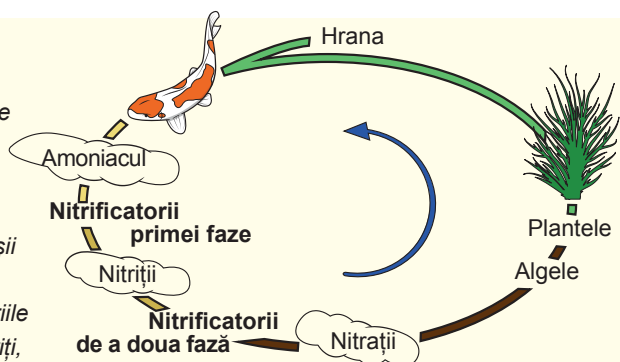
### Bacteriile nitrificatoare sunt chemotrofi obișnuiți

Unul dintre cele mai frecvente microorganisme chemoautotrofe sunt bacteriile nitrificatoare din sol. Anume aceste bacterii au fost descoperite de Vinogradski, indicând, că acestea pot crește în medii cu sărurile de amoniu<sup>1</sup> în absența completă a substanțelor organice, adică sunt organisme autotrofe. Înainte de asta, se credea că autotrofe pot fi numai organismele fotosintetice, cum ar fi plantele și algele. Descoperirea bacteriilor nitrificatoare chemoautotrofe a schimbat înțelegerea naturii vii. Bacteriile nitrificatoare

**Fig. 19.1. Ciclul de nitrificare**

Animale în timpul activității sale vitale produc compuși, care conțin Nitrogen, care se descompun până la sărurile de amoniu și amoniac.

O altă sursă a acestora sunt compușii organici, care putrezesc. Plantele asimilează rău amoniacul. Iar bacteriile nitrificatoare le oxidează până la nitriți, iar apoi la nitrați. Nitrații sunt ușor asimilați de plante și din nou reduși până la grupările amino ale aminoacizilor. Plantele servesc drept hrană pentru animale, astfel ciclul de nitrificare se închide.

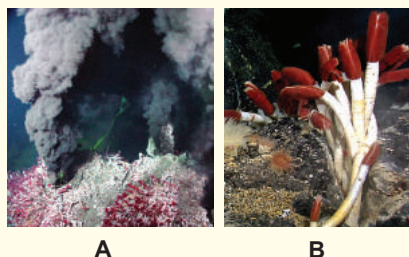


1 Sărurile de amoniu sunt săruri formate în reacția amoniacului cu acizii, de exemplu, clorura de amoniu  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

reprezintă microorganisme cu structură externă diferită, care participă la utilizarea amoniacului, care se formează în timpul descompunerii compușilor organici, ce conțin Nitrogen. Bacteriile nitrificatoare sunt împărțite în două grupe: așa-numiți nitrificatori de primă fază asigură oxidarea amoniacului cu participarea oxigenului până la acid nitric ( $\text{HNO}_2$ , sau mai precis până la sărurile lui – nitriți), iar nitrificatorii de a doua fază oxidează acidul nitric cu oxigen până la acid nitric ( $\text{HNO}_3$ , sau mai precis până la sărurile lui – nitrați). Bacteriile nitrificatoare joacă un rol important în comunitățile organismelor din sol: ele transformă amoniacul și sărurile amoniacului, formate în timpul descompunerii substanțelor organice într-o formă ușor accesibilă pentru plante (fig. 19.1). Evident, că pentru efectuarea nitrificării normale este necesară prezența oxigenului în sol. De aceea afânarea solului trebuie pentru ridicarea fertilității lui naturale.

## Sulfobacteriile fumătorilor negri sunt autotrofi din întunericul absolut

Ecosistemele sunt extrem de diverse. Noi ne-am obișnuit cu ecosistemele, în care producția primară<sup>1</sup> este creată de organisme fotosintetice. Însă în biosferă sunt ecosisteme, în care aproape toată biomasa primară este produsă de bacterii chemosintetizatoare. Este vorba despre ecosistem de adâncime mare, care se dezvoltă în jurul fumătorilor negri (fig. 19.2 A). Fumătorul negru reprezintă izvorul hidrotermal situat la o adâncime de peste 2 500 de metri în zonele dorsalelor medio oceanice. Din ele iese curenți de apă supramineralizată, bogată în hidrogen sulfurat, încălzită până la  $350^\circ\text{C}$  cu o presiune de câteva sute de atmosfere. Este impresionant, dar aceste zone ale fundului oceanului sunt dens populate de organisme vii. În apropierea fumătorilor negri trăiesc crustacee, pești, moluște, viermi giganți de doi metri. Densitatea organismelor vii în jurul fumătorului negru este de zeci de mii de ori mai mare decât în alte părți ale fundului oceanului. Putem spune că acestea reprezintă un tip de oaze de viață în zonele profunde ale oceanului. Dar la aceste ecosisteme nu pătrunde lumina și, prin urmare, ele nu au organisme fotosintetice<sup>2</sup>. Majoritatea organismelor de pe fundul oceanului există datorită „ploii” din resturi organice moarte, care cade din straturile superioare ale oceanului. Însă ecosistemele fumătorilor negri sunt capabile să producă de sine stătător compuși organici cu ajutorul bacteriilor chemoautotrofe, care populează aceste zone ale oceanului. Aceste bacterii aparțin la sulfobacterii: ele oxidează cu oxigenul apelor marine sulfura de hidrogen, eliminată din izvoarele hidrotermale, mai întâi până la sulf, iar apoi – până la acidul sulfuric ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).



**Fig. 19.2. Ecosistemele izvoarelor hidrotermale adânci**

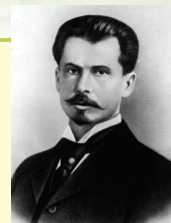
**A.** Aspectul general al ecosistemului: se vede rotocoale negri, ce iese din orificiul fumătorului, precum și numeroși pogonofori, care trăiesc în apropiere. **B.** Din tuburile pogonoforilor ies tentacule pline de sânge băgat în hemoglobină.



- 1 Producția primară reprezintă producția organismelor autotrofe (fotoautotrofe, chemoautotrofe).
- 2 Aceasta, într-adevăr, nu este corect. Fumătorii negri emit o lumină slabă, care este utilizată de unele bacterii pentru fotosinteză. Însă intensitatea acestui proces este extrem de mică.

## Serghei Vinogradski

*S-a născut în 1856 la Kiev. A absolvit Universitatea din St. Petersburg, apoi a lucrat în Elveția și Franța. Activitatea lui Serghei Vinogradski ca cercetător este legată de microbiologie. Faimă mondială i-au adus descoperirea chemosintezei la sulfobacterii și bacteriilor nitrificatoare și bacteriilor fixatoare de azot. În afară de aceasta savantul s-a preocupat cu epidemiologia și pedologia. Unul dintre elevii lui – Danylo Zabolotny – a devenit fondatorul Microbiologiei și Epidemiologiei ucrainene, a fost președinte al Academiei de Științe a Ucrainei în anii 1928–1929. Serghei Vinogradski a murit în 1953 la Paris.*



În acest mod ele obțin energie și efectuează fixarea dioxidului de carbon. Compușii organici produși nimeresc în ecosistem. Unele bacterii trăiesc de sine stătător, iar altele – intră într-o relație de simbioză cu animalele, care populează fumătorul negru. Cea mai impresionantă este simbioza cu **pogonoforii** – viermi giganți, care trăiesc în tuburi în apropierea orificiului izvorului hidrotermal (fig. 19.2, B). La viermii adulți tractul digestiv lipsește complet, iar rămășițele lui formează un organ special, populat de sulfobacterii. Sulfobacteriile produc substanțe organice, cu care se hrănesc viermii. Pogonoforii au branhii de culoare roșie-aprinsă, care ies din tuburi: sângele lor este bogat în hemoglobină, care transportă oxigen nu numai țesăturilor viermelui, ci și la sulfobacterii, căror el le este necesar pentru a efectua chemosinteza. În afară de aceasta, hemoglobina transportă sulfura de hidrogen la sulfobacterii.


De multe ori putem auzi, că izvoarele hidrotermale adânci sunt ecosisteme independente de lumina soarelui. Această afirmație este falsă. Într-adevăr, sinteza compușilor organici în aceste ecosisteme se datorează chemosintezei, și nu fotosintezei. Însă pentru efectuarea chemosintezei este necesar oxigenul, care este format pe Pământ datorită activității organismelor fotosintetice. Astfel, anume datorită energiei solare în biosferă în mod constant se produce oxigen. Oxigenul satură apa marină și cu curenții adânci ajunge până la izvoarele hidrotermale. Și acolo, datorită activității sulfobacteriilor, se oxidează sulfura de hidrogen. Acest proces și devine o sursă de energie, necesară pentru sinteza compușilor organici. Prin urmare, existența ecosistemelor fumătorilor negri nu poate fi imaginată fără fotosinteza de la suprafața planetei.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- Printre organismele numite chemosinteza este efectuată de  
A pogonofori  
B stridii  
C bacterii lactice  
D sulfobacterii  
E bacilul tuberculozei
- Bacteriile nitrificatoare pentru a forma compuși organici folosesc  
A nitrați      B oxigen      C dioxid de carbon      D apă      E azot



- 
- 3** Caracterul autotrof al bacteriilor nitrificatoare dovedește următoarea caracteristică  
A capacitatea de a utiliza amoniacul  
B capacitatea de a absorbi oxigenul  
C cutele membranei celulelor  
D capacitatea de a trăi într-un mediu fără substanțe organice  
E capacitatea de a trăi într-un mediu cu săruri de amoniu
- 4** Pentru chemosinteză sulfobacteriilor le sunt necesare următoarele substanțe  
A sulfură de hidrogen și oxigen  
B acid sulfatic și oxigen  
C substanțe organice și hidrogen sulfurat  
D sulf și acid sulfatic  
E sulfură de hidrogen și acid sulfatic
- 5** Sursa de oxigen pentru sulfobacterii, care trăiesc în corpul pogonoforilor, este  
A fumătorul negru  
B fotosinteza oxigenică  
C respirația animalelor  
D substanțele organice, care sunt absorbite de pogonofori  
E acidul sulfatic

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Apele industriale uzate pot fi purificate cu ajutorul organismelor chemosintetice. Care substanțe pot fi eliminate din apele uzate datorită chemosintetizatorilor?
- 7** Cum se va schimba compoziția solului dacă în el vor muri toate bacteriile nitrificatoare? Ce urmări va avea aceasta pentru plante?
- 8** Cu care substanțe se schimbă pogonoforii cu sulfobacteriile, care trăiesc în ele? Este oare posibilă existența separată a acestor organisme?
- 9** De ce aratul terenului după recoltare îmbunătățește creșterea culturilor semănăturii viitoare?
- 10** Compară fotosinteza și chemosinteza. Prin ce aceste procese sunt asemănătoare și prin ce se deosebesc?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Datorită activității unor bacterii chemosintetizatoare s-au format depozite de zăcămintă minerale. Care bacterii pentru care zăcămintă sunt „responsabile” și care condiții sunt necesare pentru formarea acestor depozite?
- 12** Multe organisme chemosintetizatoare sunt răspândite, în primul rând, în locuri cu condiții extreme: pe fundul mării, în apele anaerobe, bazine cu aciditate sau temperatură înaltă. De ce anume în aceste locuri, unde viața nu este atât de diversă, se află chemosintetizatorii?

### Află singur și comunică altora

- 13** Conform unei dintre ipoteze, viața pe Pământ a apărut în fumătorii negri, iar primul tip de nutriție a fost chemosinteza. Pe care dovezi se bazează această ipoteză?
- 14** Se consideră, că circuitul multor elemente chimice este imposibil fără chemosintetizatori. Care sunt consecințele dispariției organismelor chemosintetizatorilor pentru planetă sau pentru existența omului?

## § 20. Principiile proceselor sintetice

### Organismele sunt caracterizate printr-un set mare de molecule specifice – polimeri

În primul capitol al manualului, noi am examinat diversitatea moleculelor organismelor vii. După cum am aflat, cea mai mare diversitate este caracteristică pentru moleculele polimerice mari, așa ca proteinele, polizaharidele și acizii nucleici. Bacilul intestinal are aproximativ 5 mii de proteine diferite, omul – 60 de mii. Totodată, proteinele care îndeplinesc aceleași funcții în diferite organisme, de asemenea diferă. Astfel, succesiunea resturilor de aminoacizi din hemoglobina șoarecelui diferă de succesiunea resturilor de aminoacizi din hemoglobina omului. Deci, ele sunt molecule diferite. Mai mult decât atât: există o diversitate intraspecifică de proteine. Astfel, la oameni sunt două forme de glicoforină A – principala proteină, care acoperă suprafața eritrocitelor – celulelor roșii ale sângelui. Catenele de aminoacizi ale celor două forme sunt numite M și N, diferă una de alta numai după două poziții. O parte din oameni au doar forma M a glicoforinei A, altă parte – doar forma N, iar a treia parte – ambele forme. Diferite forme ale glicoforinei A determină anumite grupe de sânge<sup>1</sup>. Biopolimerii se caracterizează printr-o mare diversitate în cadrul aceluiași organism, iar, având în vedere diferențele intraspecifice și interspecifice, diversitatea lor totală în biosferă, pur și simplu, este imensă.

### Polimerii sunt formați dintr-un număr relativ mic de monomeri

Deși biopolimerii au o mare diversitate în natura vie, toți ei sunt construiți dintr-un număr destul de limitat de monomeri. Astfel, toată varietatea de proteine este formată doar din ceva mai mult de 20 de aminoacizi (pentru oameni – 21 aminoacizi)<sup>2</sup>. Toți aminoacizii din acest set sunt și la om, și la crap, și la floarea-soarelui, și la buretele peștii. Și nu este necesar, ca acești aminoacizi să fie sintetizați în toate organismele. Astfel, nici omul, nici șoarecele nu pot sintetiza aminoacidul esențial fenilalanina, dar o primesc în cantități suficiente din hrană. Desigur, de la regula „universalității monomerilor” sunt excepții. Astfel, unele organisme procariote, care populează rumenul animalelor rumegătoare, au un aminoacid suplimentar, care poate fi utilizat pentru a construi proteinele sale<sup>3</sup>. Totodată la ele lipsește unul din aminoacizi „eucariotic”<sup>4</sup>. Se primește, că proteinele lor sunt, de asemenea, construite din 21 de monomeri, dar acest set nu coincide complet cu cel al eucariotelor.

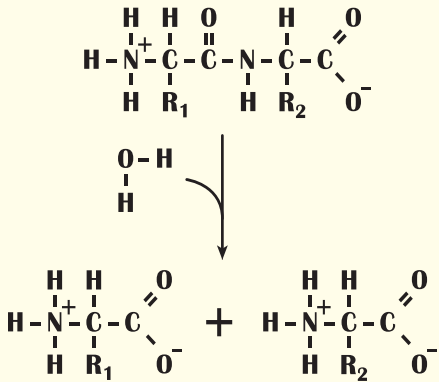
Cu polizaharidele este și mai complicat. Diversitatea monomerilor, care pot intra în compoziția catenelor la plante, de câteva ori depășește această diversitate la animale. Însă monomerii sunt răspândiți neuniform la diferite specii de plante. Diversitatea catenelor, din care sunt formate oligo- și polizaharidele, este puțin mai mare decât la prote-

1 Într-adevăr formele M și N al glicoforinei A diferă nu numai după succesiunea aminoacizilor, dar și după glucide, care sunt fixate covalent de proteină. Componentul glucidic constituie 60% din masa moleculei. Cu aceasta și este legată denumirea glicoforinei, care se traduce ca „cel ce duce dulcele”. Diferențele în compoziția glucidelor sunt determinate de diferența minoră în succesiunea catenelor de aminoacizi.

2 Noi am menționat deja, că unele resturi de aminoacizi sunt modificate chimic după ce sunt introduse în catena proteică. Astfel, ar fi corect să spunem, că toată diversitatea moleculelor de proteine este creată din câteva zeci de resturi de aminoacizi.

3 Se spune despre pirrolizină.

4 Se spune despre selenocisteină.



**Fig. 20.1. Scindarea dipeptidei în aminoacizi**

ine, dar și ea este limitată la câteva zeci. Astfel, toată diversitatea moleculelor mari se formează datorită diferitelor combinații de un număr limitat de monomeri. Aceasta se referă la proteine, oligo- și polizaharide, precum și acizi nucleici.

### Deosebirile interspecifice sunt cauzate de diferențele în biopolimeri

Să revenim la varietatea moleculelor de proteine. După cum am observat deja, drept bază pentru formarea tuturor proteinelor în natura vie servește un set puțin mai mare de 20 de aminoacizi. Din același set de aminoacizi vor fi construite proteinele șoarecelui, muștelului și buretelui pești. Cu toate acestea setul de proteine la aceste organisme sunt foarte diferite. Iar o parte din proteinele muștelului nu sunt similare proteinelor omului, și invers. Poate fi făcută concluzia,

că dintr-un număr limitat de molecule universale mici este formată o mulțime de biopolimeri mari caracteristici anumitei specii. De aceea putem afirma, că setul monomerilor, din care pot fi construiți biopolimerii, este destul de limitat. Fiecare organism are o parte semnificativă din acest set (unele diferențe, după cum am clarificat, sunt), dar majoritatea deosebirilor interspecifice în compoziția chimică se bazează pe o varietate de biopolimeri. Mulți biopolimeri sunt specifici speciei, deoarece se formează din monomeri conform programelor genetice ale organismelor.

### Pentru a construi polimeri este necesară energia

După cum am clarificat în paragrafele anterioare, în timpul digestiei are loc scindarea moleculelor polimerilor până la monomeri. Acest proces nu necesită energie, el decurge în mod spontan. Enzimele digestive doar accelerează această scindare. Este logic de presupus, că procesul invers de sinteză a polimerilor din monomeri trebuie să decurgă cu consum de energie. Cu toate acestea, sinteza polimerului nicidecum nu este o simplă inversiune a scindării. În figura 20.1 este prezentată reacția de scindare a catenei scurte de doi aminoacizi (dipeptidei) în monomeri. Reacția inversă nu este posibilă, deoarece aminoacizii nu au energie suficientă pentru a se combina într-o catenă. Aceasta necesită o sursă de alimentare externă suplimentară.

De obicei, sursa de energie pentru sinteza polimerului este ATP-ul. Dar scindarea ATP-ului și asocierea monomerilor în polimer niciodată nu efectuează o enzimă. Aceste reacții sunt separate în spațiu și timp. La început din monomer (de exemplu, aminoacid sau monozaharidă) se formează precursor de înaltă energie datorită ATP-ului. Și numai atunci acești precursori de înaltă energie se combină între ei și formează un polimer.

Astfel, **substratele directe pentru sinteza polimerului întotdeauna diferă de produsele scindării lor.** Mai detaliat despre unele procese biosintetice se va vorbi mai jos.

# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1** În cazul anemiei falciforme a omului în molecula normală a hemoglobinei este înlocuit un rest de aminoacid cu altul, ceea ce face hemoglobina mai puțin solubilă, iar eritrocitele – falciforme. Acest exemplu ilustrează efectul influenței
- A** compoziției asupra structurii proteinei    **B** compoziției cantitative asupra celei calitative  
**C** structurii asupra compoziției proteinei    **D** compoziției calitative asupra celei cantitative  
**E** numărului de aminoacizi asupra compoziției
- 2** Proteinele celulelor ursului, stejarului și omului
- A** sunt identice  
**B** sunt formate din succesiuni identice de resturi de aminoacizi  
**C** sunt formate din resturi identice de aminoacizi  
**D** au diferite principii structurale  
**E** au aceeași masă
- 3** Diversitatea monomerilor polizaharidelor
- A** este identică la animale și plante  
**B** este mai mare la animale decât la plante  
**C** este mai mică la animale decât la plante  
**D** este la animale și lipsește la plante  
**E** lipsește la animale și este la plante

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 4** De ce anume biopolimerii sunt cei mai diverși compuși în natura vie?
- 5** Numiți toate cauzele posibile ale diversității proteinelor în natură.
- 6** De ce nu poate fi sintetizată proteina nemijlocit din aminoacizi? Cum ar trebui să fie modificați, încât să se poată forma un biopolimer?
- 7** Cum voi ați fi formulat regula universalității monomerilor? Care monomeri și pentru care biopolimeri pot fi universali?

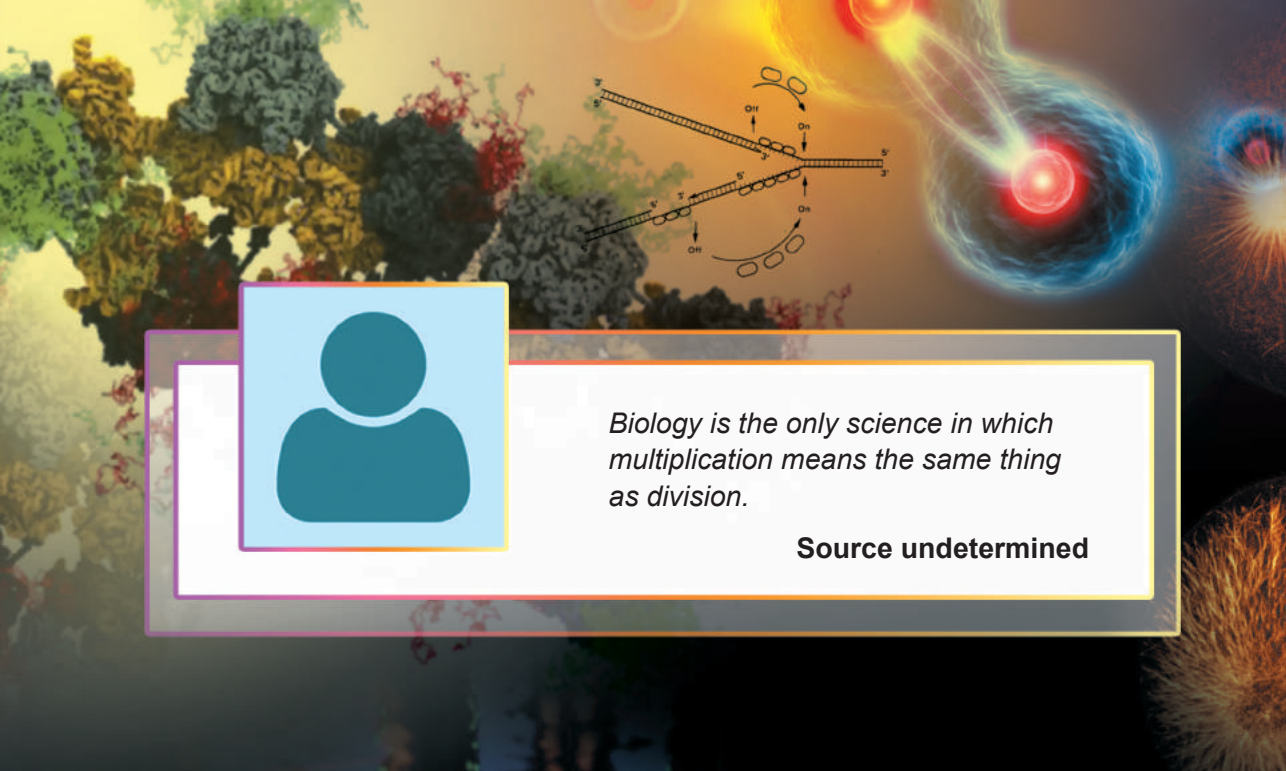
## Găsește răspunsul și aprobe-te de înțelegerea naturii

- 8** Cel mai divers grup de proteine umane sunt proteinele protectoare – imunoglobulinele. De ce ele trebuie să fie atât de diferite? Cum poate fi obținută această diversitate?
- 9** Unele enzime în celulă se află în două sau mai multe stări modificate: cu o grupare fosfatică sau fără aceasta, cu o catenă de glucide sau fără ea etc. Ele pot să se transforme dintr-o stare în alta pe parcursul vieții celulei. Pentru ce sunt necesare aceste modificări și cum ele sunt efectuate de către celulă?

## Află singur și comunică altora

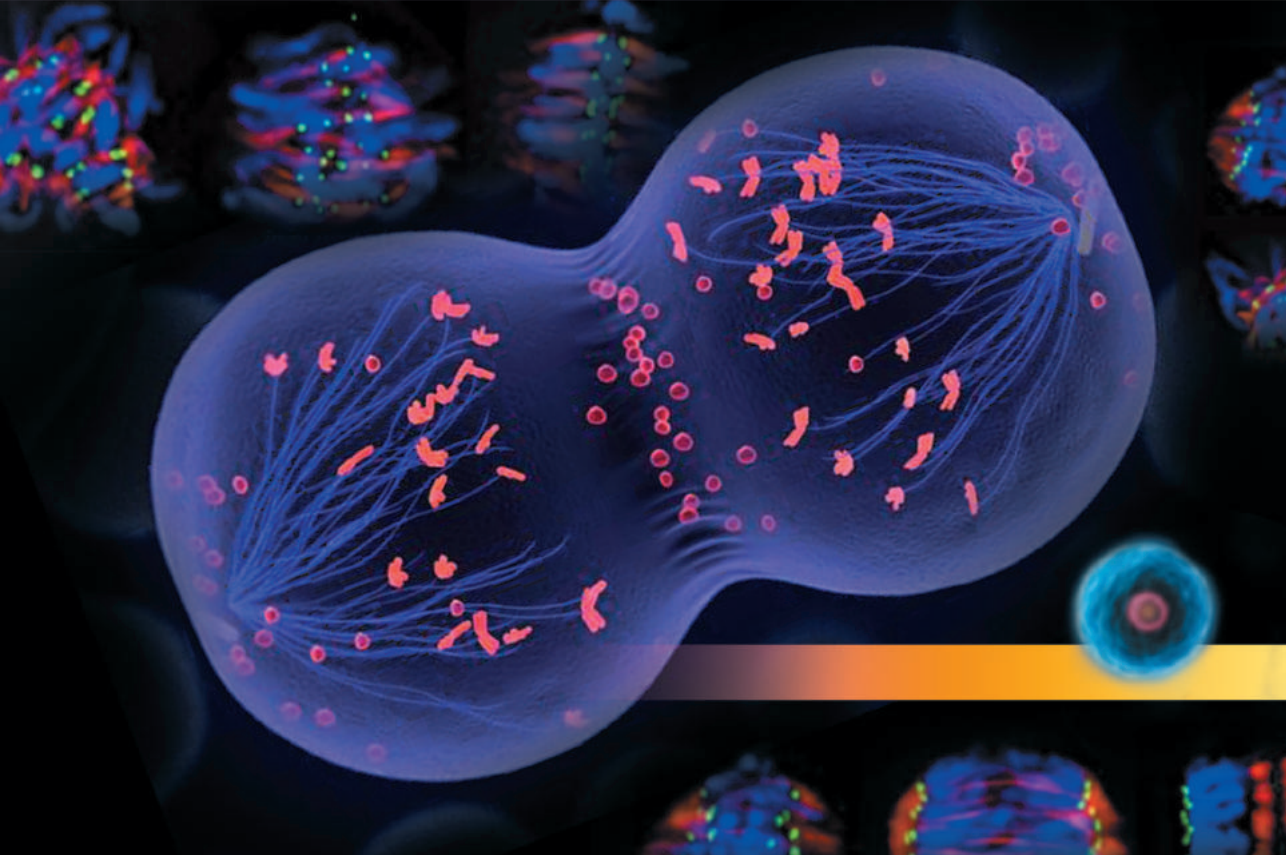
- 10** Unele tipuri de proteine la toate organismele de aceeași specie sunt diferite. Pentru ce organismelor le trebuie o astfel de diversitate? Cum aceasta se ia în considerație de știința numită transplantologie?

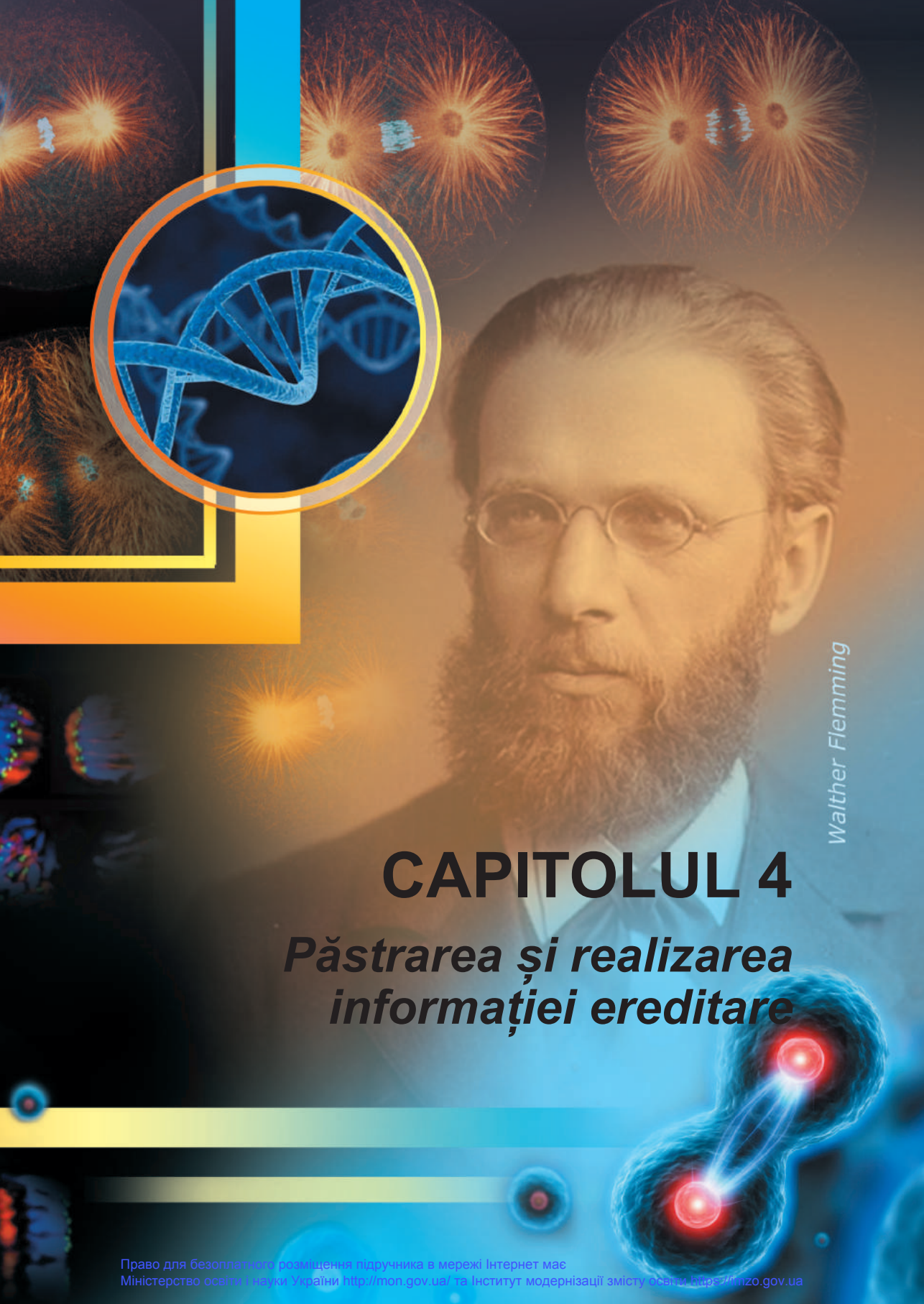




*Biology is the only science in which multiplication means the same thing as division.*

**Source undetermined**





Walther Flemming

# CAPITOLUL 4

## *Păstrarea și realizarea informației ereditare*



## § 21. Dublarea ADN-ului

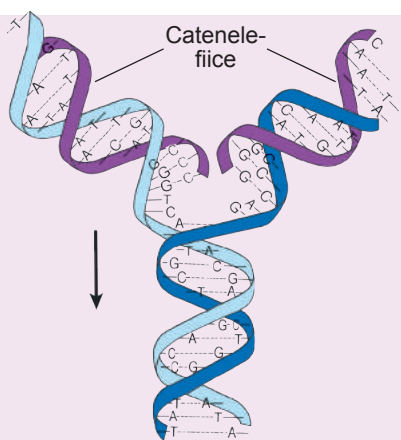
### ADN-ul – reprezintă un purtător al informației genetice înregistrate în succesiunea nucleotidelor

După cum deja știți, purtătorul de informație cu privire la dezvoltarea, structura și funcționarea organismului viu este molecula de ADN. Această moleculă reprezintă un polimer liniar – polinucleotid în formă de catenă din monomeri nucleotidici. În general, în această catenă se conțin nucleotide cu baze azotate de patru tipuri: **adenina (A)**, **guanina (G)**, **citozina (C)** și **timina (T)**<sup>1</sup>. Aceste nucleotide alternează una cu alta, și, în succesiunea combinării, este codificată o informație – un program, după care se formează și funcționează un organism viu. În acest capitol vom discuta despre modul, cum acest program, înregistrat în succesiunea de nucleotide ale ADN-ului, este efectuat de celulă. Dar organismelor vii le este insuficient să aibă un purtător fiabil de informație. Este important ca această informație să poată fi copiată și transmisă urmașilor.

### Helixul dublu reprezintă baza principiului de replicare semiconservativă

Mulți oameni, chiar și cei care sunt departe de biologie, știu cum aproximativ arată o moleculă de ADN: este un complex din două catene împletite una în jurul alteia – un helix dublu. Într-adevăr, majoritatea timpului molecula de ADN se află într-un astfel de complex<sup>2</sup>. Totodată catenele polinucleotidice nu sunt identice între ele. În fața restului de

adenină (A) a unei catene este situat restul de timină (T) al altei catene, iar în fața restului de guanină (G) – restul de citozină (C). Acesta și este **principiul complementarității** discutat mai devreme. În structura ADN-ului se află cheia mecanismului copierii ei. Acest proces se numește replicare. Molecula de ADN întâi se răsuțește: catenele se separă una de alta, formând porțiuni monocatenare. Apoi, datorită activității sistemelor fermentative ale celulelor, pe fiecare catenă, care provine de la molecula inițială de ADN – maternă, se formează catene-fiice după principiul complementarității. Astfel apar două molecule identice bicatenare și elicooidale de ADN. În fiecare dintre ele câte o catenă nucleotidică este căpătată din molecula maternă de ADN, iar a doua a fost sintetizată din nou. Acest mecanism se numește replicare semiconservativă: fiecare moleculă de ADN conține catene noi și vechi (conservative) (fig. 21.1).



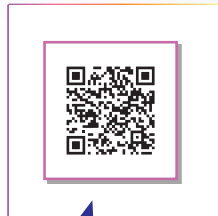
**Fig. 21.1. Replicarea ADN-ului**

*Săgeata indică direcția de replicare.*

- 1 Multe nucleotide suferă modificări, în special, în organismele eucariote. Însă aceste modificări apar după ce nucleotidele intră în catena de ADN. Aici se manifestă unele afinități cu proteinele.
- 2 Excepțiile sunt unele virusuri, cum ar fi virusul adeno-asociat, ADN-ul căruia în componența particulei virotice are o formă monocatenară. Dar pe parcursul ciclului vital al virusului ea devine dublu-catenară.

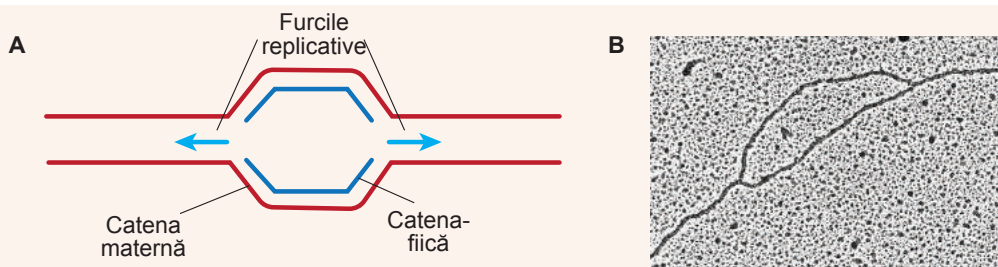
## Cea mai importantă enzimă de replicare este ADN-polimeraza

Replicarea ADN-ului se realizează de un set complex de proteine-enzime și se află sub un control sever din partea celulei. Unele proteine participă la desfășurarea complexului bicatenar, altele – stabilizează zonele monocatenare, iar ultimele sunt implicate în sinteza catenelor noi de ADN. Puteți să examinați modul de funcționare a aparatului replicativ, în formă **video**, **accesând linkul**.



Principala enzimă, care participă la replicarea ADN-ului este **ADN-polimeraza**. ADN-polimeraza prevede asamblarea unor noi nucleotide în catenele de ADN ce cresc. Nucleotidele, care sunt adăugate la catena de ADN ce crește, conțin trei resturi de acid fosfatic conectate în serie, ca și molecula de ATP<sup>1</sup>. În procesul de adăugare a nucleotidei la catenă, de la nucleotidă se desprind două resturi de acid fosfatic. Din punct de vedere energetic, aceasta echivalează cu scindarea a două molecule de ATP până la ADP și fosfat. Energia eliberată este folosită, în primul rând, pentru asamblarea nucleotidelor în catenă, și, în al doilea rând, pentru deplasarea ADN-polimerazei în lungul catenei de ADN. Astfel, ADN-polimeraza este nu numai enzima biosintezei ADN-ului, ci și motor molecular, care se mișcă pe ADN.

Segmentul de ADN, în care decurge procesul de replicare, are o structură caracteristică în formă de Y și se numește **furcă replicativă** (fig. 21.2). Furca replicativă apare numai în anumite segmente ale ADN-ului, care conțin succesiuni responsabile pentru declanșarea replicării. De obicei, într-o astfel de zonă se formează două furci, care se deplasează în direcții opuse, formând așa-numitele bucle de replicare (după asemănarea externă cu buclă). Numărul de puncte de inițiere a replicării diferă la diferite organisme. Astfel, în cromozomul bacteriei este un punct de inițiere a replicării, iar în cromozomii eucariotelor – multe. Aceasta se datorează faptului, că dimensiunea cromozomilor eucariotelor este de zeci și sute de ori mai mare, decât a cromozomului procariotelor. Pentru a accelera procesul de copiere a întregului ADN, replicarea la eucariote este inițiată în mai multe locuri. Iar buclele vecine în rezultatul creșterii se unesc



**Fig. 21.2. Furcă replicativă**

**A.** Schema, ce ilustrează două furci, care se deplasează în direcții opuse și formează bucla de replicare. **B.** Microfotografie.

1 Numai în locul ribozei ele conțin deoxiriboză.



una cu alta. În afară de aceasta, numărul de puncte de inițiere a replicării variază chiar în celulele unui singur organism. De exemplu, la musculița de oțet adultă (drozofila) replicarea ADN-ului întregii celule de obicei, durează 8 ore. Iar la embrion la stadiile începătoare replicarea aceleiași cantități de ADN se termină timp de 30 de minute. Aceasta se realizează nu prin creșterea vitezei de sinteză, ci prin creșterea numărului de puncte de inițiere a replicării. Astfel, în celulele embrionului musculiței de oțet pe o unitate de lungime a ADN-ului sunt mai multe furci replicative active decât la muștele adulte. Aceasta accelerează, în mod semnificativ, procesul de dublare a ADN-ului.

ADN-ul celulelor procariote se replică în citoplasmă, în timp ce la eucariote acest proces are loc în întregime în nucleu. De asemenea, la eucariote ADN este în organelor – mitocondrii și cloroplaste. Replicarea acestui ADN este efectuată independent de ADN-ul nucleului, iar sistemele enzimatice, care participă la acest proces, sunt mai mult asemănătoare cu cele ale procariotelor, decât ale eucariotelor. Replicarea ADN-ului eucariotelor este clar asociată cu o anumită perioadă în viața celulei și are loc înaintea diviziunii celulare. De obicei, în perioada dintre diviziunile celulare tot ADN-ul se replică numai o dată.

## Replicarea decurge cu erori

Replicarea ADN-ului este un proces vital, deoarece ea asigură copierea informației ereditate și transmiterea ei la urmași. De faptul cât de corect se va realiza replicarea, depinde păstrarea în timp a programului genetic, transmiterea ei din generație în generație. Cu toate acestea, replicarea este imposibilă fără erori. ADN-polimeraza adaugă nucleotide în conformitate cu principiul complementarității, dar uneori se greșește în alegerea nucleotidelor. De obicei, se face o eroare la un miliard de nucleotide. Uneori polimeraza „pierde” nucleotide, iar alteleori – adaugă nucleotide de prisos. Toate acestea duc la modificarea secvenței nucleotidelor în catena de ADN fiică, comparativ cu ADN-ul matern (fig. 21.3).

Dar în celulă sunt sisteme enzimatice, care recunosc aceste erori și le corectează. Aceste sisteme se numesc sisteme **de reparație**<sup>1</sup>. În porțiunile ADN-ului, unde este o pereche de nucleotide necomplementare, sau unde lipsește, ori unde este o nucleotidă în plus, apare o încălcare a structurii elicoidale bicatenare clasice. Astfel de încălcări sunt recunoscute de sistemele de reparație. Aceste sisteme determină care catenă este maternă, și care – fiică. Aceasta este posibil datorită modificărilor nucleotidelor: catenele de ADN matern le conține, în timp ce la catenele-fiice ele încă nu au apărut. Catena maternă conține secvența „corectă” de nucleotide, iar catena-fiică – secvența „cu erori”. După aceasta, enzimele reparației elimină elementul catenei-fiice, care conține eroare și o ADN-polimerază specială o completează din nou.

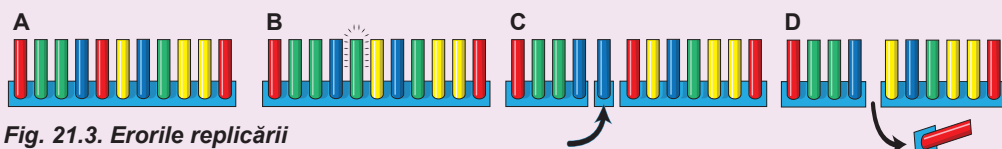


Fig. 21.3. Erorile replicării

A. Catena inițială. B. Înlocuirea nucleotidului. C. Introducerea nucleotidului suplimentar.  
D. Pierderea nucleotidului.

1 Din lat. *reparatio* – restabilire.

Cu toate că sistemul de reparație funcționează, unele erori rămân neobservate. Dacă eroarea în catena-fiică va rămâne neobservată și nu va fi corectată, atunci, în următorul ciclu de replicare, ea se va fixa. Astfel apare **mutația punctată**.

## Erorile, ce se păstrează, reprezintă o bază a variabilității

Mutațiile apar permanent din cauza erorilor replicării. Deși frecvența erorilor este relativ mică și sistemul de reparație funcționează permanent, totuși cu timpul mutațiile se acumulează și duc la modificarea informației genetice. Astfel de modificări pot afecta grav calitatea informației codificate în ADN. Să explicăm cele spuse prin un exemplu. Să presupunem că avem un text scris cu litere (ele nu sunt nucleotide ale ADN-ului, dar o anumită asemănare se observă).

FATAFIERARULUIFIERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDCĂFOCULFACEFUM

Acest text este destul de cuprinzător și conține informație despre obiecte, realități (FATA, FASOLE), caracteristicile lor (FIERARULUI, FĂRĂ FOC), anumite acțiuni (FIERBE, FACE FUM). Acest text va fi copiat ca și secvență de ADN, și în el inevitabil vor apărea erori. Majoritatea erorilor vor face acest text fără sens.

FATAFIERARULUI**K**IERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDCĂFOCULFACEFUM

FATAFIERARULUIFIERBEFASOLE**D**ĂRĂFOCFIINDCĂFOCULFACEFUM

FATAFIERARULUIFIERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDC**M**FOCULFACEFUM

Dar periodic apar erori, care vor determina apariția unor noi programe.

**P**ATAFIERARULUIFIERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDCĂFOCULFACEFUM

FATAFIERARULUIFIERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDCĂFOCUL**P**ACEFUM

FATAFIERARULUIFIERBEFASOLEFĂRĂFOCFIINDCĂFOCULFACEF**U**S

În primul caz se schimbă obiectul proprietarului (PATA), în al doilea – acțiunea este înlocuită cu noțiunea de obiect (PACE), în al treilea – rezultatul acțiunii (FUS). Aceste programe au deja o altă informație „semantică”. Ele se pot fixa pe parcursul evoluției și să devină o sursă de noi caractere. Alte programe „fără sens” și „dăunătoare” cu timpul vor fi eliminate. Anume astfel se desfășoară evoluția la nivel molecular. Mai detaliat despre acest proces vom vorbi în § 44. Acum noi vom face doar două concluzii importante.

1. Mutațiile ADN-ului, care apar în rezultatul erorilor de replicare, precum și sub influența altor factori, sunt o sursă de diversitate a secvențelor de ADN, deci și a variabilității populațiilor de organisme.

2. Mutațiile pot contribui la apariția informației noi numai în cazul, în care există o selecție a combinațiilor de nucleotide „semantice” și „nu prea dăunătoare”. În caz contrar, mutațiile duc la pierderea informației genetice.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 ADN polimeraza adaugă nucleotide la
- A catena polinucleotidică maternă
  - B catena polinucleotidică fiică
  - C catenele polinucleotidice maternă și fiică
  - D trei resturi de acid fosfatic
  - E furca replicativă

- 2** Sistemul de reparație nu recunoaște
- A** câteva nucleotide identice într-un rând
  - B** o nucleotidă suplimentară într-una din catene
  - C** lipsa nucleotidei corespunzătoare în una din catene
  - D** o pereche de nucleotide necomplementare
  - E** o nucleotidă necorespunzătoare într-una din catene
- 3** Replicarea la animale decurge în
- A** nucleu
  - B** citosol
  - C** nucleu și citosol
  - D** nucleu și mitocondrii
  - E** nucleu, mitocondrii și cloroplaste
- 4** ADN-ul eucariotelor se dublează
- A** o singură dată înainte de fiecare diviziune celulară
  - B** de două ori înainte de fiecare diviziune celulară
  - C** în orice moment
  - D** numai în timpul diviziunii celulare
  - E** permanent
- 5** Acumularea combinației „semantice” de nucleotide rezultă
- A** degenerarea informației genetice
  - B** copia informației inutile fără sens
  - C** dereglarea structurii bicatenare elicoidale a ADN-ului
  - D** apariția la organism a unui caracter nou
  - E** moartea organismului

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** De ce replicarea ADN-ului este semiconservativă? Cum s-ar fi desfășurat replicarea conservativă, dacă ambele catene ale helixului nou de ADN ar fi fost sintetizate din nou?
- 7** De ce pentru replicare este necesară răsucirea structurii bicatenare?
- 8** Cum influențează prezența mai multor furci replicative pe un cromozom? În care cazuri, este necesară prezența unui număr mare de aceste furci?
- 9** Care ar fi fost urmările creșterii frecvenței erorilor în timpul replicării pentru organisme? Iar la care urmări – reducerea eficienței de reparație?
- 10** Cum ar fi arătat lumea vie, dacă informația „semantică” nouă în ADN nu s-ar fi fixat pe parcursul evoluției?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** În timpul răsucirii helixului de ADN în furca replicativă porțiunea monocatenară a moleculei trebuie să se răsucească și mai mult, pentru ca să se rotească rapid. Ambele procese, din cauza lungimii mari a moleculei, sunt imposibile. Cum aparatul replicativ rezolvă această problemă?
- 12** Richard Lenski de la Universitatea Michigan, în 1988, a început un experiment de lungă durată de evoluție a baciului intestinal, care continuă și astăzi. Cum cu timpul s-a schimbat frecvența mutațiilor? Care proprietăți unice au apărut la bacterii pe parcursul acestor ani?

### Află singur și comunică altora

- 13** În filmul „Partea întunecată a Soarelui” se povestește despre un tânăr (pe care l-a jucat Brad Pitt), care nu poate apărea la lumina soarelui fără îmbrăcăminte de protecție. Se poate oare de-i ajutat acestui tânăr cu metode moderne ale medicinei?

## § 22. Transcripția

### ARN-ul este un polimer de nucleotide

Când s-a menționat despre acizii nucleici, noi am accentuat, că există două tipuri de polinucleotide – acidul dezoxiribonucleic (ADN) și acidul ribonucleic (ARN). În ambele cazuri aceștia sunt polimeri liniari formați din resturi de nucleotide. Deosebirile chimice dintre ADN și ARN reprezintă prezența în nucleotidele ARN-ului a restului glucidei riboza, iar în nucleotidele ADN-ului prezența dezoxiribozei. De asemenea, deosebirile se referă la setul de baze azotate, din care sunt construiți polimerii: în ARN, în loc de timină se conține uracil. Astfel de deosebiri minore influențează asupra proprietăților fizice și chimice ale moleculelor. ADN-ul este mai stabil, mai puțin este supus ruperilor spontane ale catenelor și modificărilor de către agenții chimici. Deci ADN-ul corespunde ideal pentru rolul unui depozitar de încredințare a informației. ARN-ul este mai puțin stabil, dar pe de altă parte, este capabil de a avea o varietate mare de forme spațiale, care sunt, de obicei, inaccesibile pentru ADN. El formează bucle, noduri, agrafe, formează complexi cu ionii metalelor. ARN-ul, de asemenea, este catalizator pentru unele reacții chimice. Astfel, chiar dacă ARN-ul și pierde din siguranța păstrării informației ADN-ului, totuși el deține înțâietatea, fără îndoială, după varietatea de forme și funcții. Deci, să aflăm cum se formează moleculele de ARN în celulă.

### ARN-ul poate fi sintetizat pe o matrice de ADN

În paragraful anterior am examinat modul, în care este sintetizat ADN-ul. Putem presupune că sinteza ARN-ului are loc în același mod. Într-adevăr, ARN-ul în celulă se formează prin combinarea ribonucleotidelor în catena polimerică pe matricea de ADN. Acest proces se numește **transcripție**.

#### Arthur și Roger Kornberg

*Arthur Kornberg s-a născut în 1918, în New York, într-o familie de imigranți din Galicia. A studiat la Universitatea din Rochester. Este cunoscut, în primul rând, ca cercetător al enzimelor sintezei acizilor nucleici. El a descoperit enzima ADN-polimerază, și, de asemenea, a efectuat pentru prima dată sinteza ADN-ului și ARN-ului „in vitro”. Anume pentru „descoperirea mecanismelor care duc la sinteza acizilor ribonucleici și dezoxiribonucleici”, în 1959, a fost distins cu Premiul Nobel pentru Fiziologie sau Medicină. Arthur Kornberg a avut trei fii. Unul dintre ei – Roger Kornberg – a devenit un coleg al tatălui său. El s-a născut în 1947 în St. Louis (Missouri, SUA). A studiat la Universitatea Harvard. Interesant, că Roger a continuat cercetările tatălui său în domeniul sintezei acizilor nucleici. Impulsul pentru acest lucru a putut să fie faptul, că el, la vârsta de 12 ani, a fost la Stockholm, la ceremonia înmânării Premiului Nobel tatălui său. Pentru activitatea sa, lui Roger, de asemenea, i-a fost acordat Premiul Nobel pentru Chimie, în 2006, „pentru studiul mecanismului de copiere a informației genetice a celulelor”. Arthur Kornberg a continuat cercetările sale până la moarte (a murit savantul în 2007 în rezultatul răcirii), iar Roger continuă activitatea ca profesor la Universitatea Stanford din Statele Unite.*





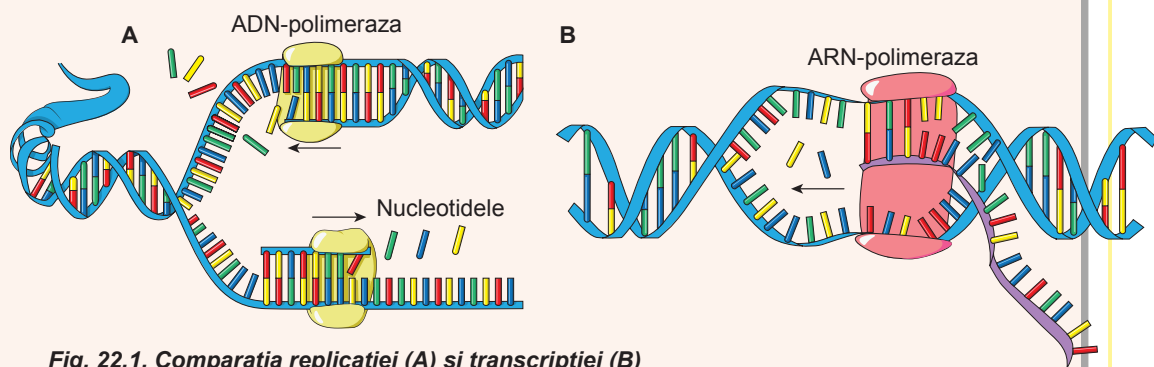


Fig. 22.1. Comparația replicăției (A) și transcripției (B)

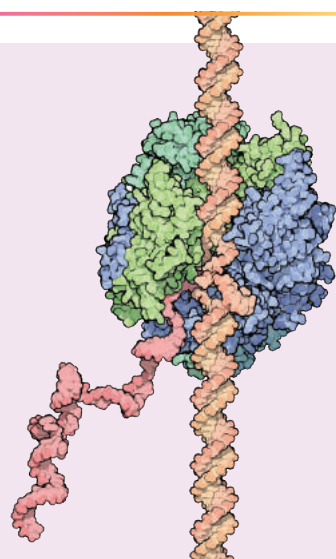
Desfășurarea transcripției are mult comun cu replicăției (fig. 22.1). Ca și în cazul replicăției, transcripția începe cu răsucirea unei mici porțiuni de ADN bicatenar. Principala proteină, implicată în transcripție este **ARN-polimeraza**. Așa ca și cu ADN-polimeraza, ARN-polimeraza construiește o catenă polinucleotidică, dar utilizează ca monomeri ribonucleotidele. Ei au aceeași structură, ca și dezoxiribonucleotidele, și conțin trei resturi de acid fosfatice amplasate în serie și combinate cu glucida riboza. ARN-polimeraza scindează două resturi de acid fosfatice, iar energia degajată o folosește pentru a adăuga nucleotida la catenă și pentru a se deplasa de-a lungul ADN-ului. Prin aceasta, ea este foarte asemănătoare cu ADN-polimeraza. ARN-polimeraza construiește catena de ARN după principiul complementarității, numai că în locul timinei pune uracil. Principiul complementarității este realizat datorită faptului, că pe porțiunea scurtă ocupată de ARN-polimeraza, se formează un complex bicatenar elicoidal dintr-o catenă de ADN și un filament complementar de ARN nou sintetizat.

În timpul replicării, se formează două furci replicative, care se deplasează în direcții opuse<sup>1</sup>. În timpul transcripției, are loc sinteza ARN-ului **numai pe unul dintre lanțurile ADN** și într-o singură direcție<sup>2</sup>. Deci, dacă pentru efectuarea replicării este necesară funcționarea a două ADN-polimeraze (câte una pentru fiecare furcă replicativă), atunci pentru efectuarea transcripției unidirecționale – numai o ARN-polimerază.

În timpul replicării, se formează două furci replicative, care se deplasează în direcții opuse<sup>1</sup>. În timpul transcripției, are loc sinteza ARN-ului **numai pe unul dintre lanțurile ADN** și într-o singură direcție<sup>2</sup>. Deci, dacă pentru efectuarea replicării este necesară funcționarea a două ADN-polimeraze (câte una pentru fiecare furcă replicativă), atunci pentru efectuarea transcripției unidirecționale – numai o ARN-polimerază.

Fig. 22.2. Transcripția

Modelul molecular ARN-polimerazei, care efectuează transcripția.



- 1 Aceasta este așa-numita replicare bidirecțională. Deseori în natură apare și replicare unidirecțională, când funcționează doar o singură furcă.
- 2 Cum au arătat cercetările recente, această regulă este îndeplinită nu întotdeauna, în special la eucariotele pluricelulare, așa cum suntem noi toți împreună. Uneori sinteza ARN-ului poate avea loc simultan pe ambele catene ale ADN-ului.

Porțiunea răsucită a ADN-ului în timpul transcripției nu crește, dar numai se deplasează după mișcarea ARN-polimerazei. La ieșirea din ARN-polimeraza, ambele porțiuni ale ADN-ului monocatenar din nou se unesc între ele, formând un complex bicatenar elicoidal (fig. 22.2). Puteți urmări cum funcționează ARN-polimeraza eucariotelor, în formă **video**, **dând click pe linkul**.



Replicarea se oprește atunci, când cele două furci replicative, care se deplasează una spre alta, se întâlnesc. Astfel este efectuată copierea întregului ADN. În ceea ce privește transcripția, situația principial diferă. De obicei, are loc citirea unei porțiuni mici (câteva mii de nucleotide) segmente ADN. După aceasta, transcrierea se oprește. ARN-polimeraza se desprinde de ADN, se eliberează molecula sintetizată de ARN. Procesul încetării transcripției este reglat de celulă și este efectuat în mod diferit pentru diferite tipuri de ARN.

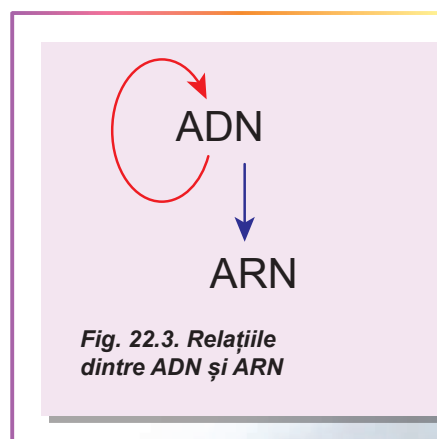
La procariote transcripția se produce în citoplasmă, iar la eucariote – numai în nucleu, ca și replicația<sup>1</sup>. Spre deosebire de replicare, care la eucariote este asociată cu o perioadă strict definită a vieții celulei, transcripția anumitor porțiuni de ADN poate avea loc în diferit timp. Este logic să presupunem, că există o anumită concurență între transcripție și replicare. Ambele procese pot avea loc simultan. În „luptă” câștigă replicarea: dacă furca replicativă, care se mișcă, se întâlnește cu ARN-polimeraza, care se mișcă în întâmpinare, atunci furca replicativă o aruncă pe ultima de pe lanțul de ADN. În celulele, care se divid intensiv, și, prin urmare, în care decurge intensiv replicarea, transcripția este, de obicei, suprimată. Acest lucru este tipic etapelor timpurii ale dezvoltării embrionare a animalelor: primele diviziuni se desfășoară, de obicei, foarte rapid și aproape tot ADN-ul nuclear este „ocupat” cu replicarea, astfel încât celulele trebuie să se folosească de ARN-ul, care a fost sintetizat și rezervat în ovul.

## Este oare ADN-ul „de mai înaltă valoare” ca ARN-ul?

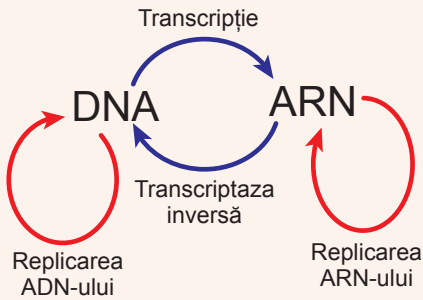
Celula conține diferite sisteme pentru sinteza polinucleotidelor. În § 21 am făcut cunoștință cu replicarea – sinteza unei catene a ADN-ului pe alta, care este realizată de enzima ADN-polimeraza (numite uneori ADN-dependentă ADN-polimeraza). După cum am aflat din acest paragraf, pe lanțul de ADN poate fi, de asemenea, sintetizată catena de ARN – transcripția, efectuată de enzima ARN-polimeraza (numită uneori ADN-dependente ARN-polimeraza). Astfel, relația dintre ARN și ADN este așa cum e prezentat în figura 22.3.

Apare o situație asimetrică: ADN-ul pare a fi „de mai înaltă valoare”, deoarece este capabil să se reproducă, precum și să servească bază pentru sinteza ARN-ului. Iar ARN-ul poate numai, ca să fie sintetizat de ARN-polimeraza pe filamentele de ADN și să îndeplinească funcțiile sale în celulă. Cu toate acestea, este de mult cunoscut faptul că situația în natura vie este mult mai simetrică.

La început, a fost descoperită enzima capabilă să sintetizeze catena de ADN pe catena de ARN. Acest proces a fost numit **transcripție inversă**, iar enzima – **transcriptază inversă** (sau ARN-dependentă ADN-polimerază). Această enzimă este, de exemplu, la virusul imunodeficienței umane (HIV) și este necesar pentru efectuarea ciclului său vital.



1 În afară de transcripția care are loc în mitocondrii și cloroplaste.



**Fig. 22.4. Schema completă a relațiilor de ADN și ARN**

Nu trebuie de uitat, că transcriptaza inversă funcționează și în organismul uman: ea participă la procesul de restructurare a ADN-ului. Mai târziu, a fost descoperită o enzimă capabilă să sintetizeze catena ARN pe o altă catenă de ARN – **ARN-replicaza** (sau ARN-dependentă ARN-polimerază). Pentru prima dată ea a fost găsită la virusul poliomielitei, dar mai târziu – și la multe eucariote. Reiese, că schema relațiilor dintre acizii nucleici este simetrică (fig. 22.4).

Pe lângă toată diversitatea acestor procese, toate ele au o trăsătură comună: o catenă polinucleotidică este sintetizată pe o altă catenă polinucleotidică, conform principiului complementarității. Acesta este exemplul așa-numitei sinteze matriciale – una din moleculele reprezentată o matrice pentru construirea altei molecule.

După cum se vede, în cazul acizilor nucleici sunt realizate toate patru variante posibile: ADN → ADN, ADN → ARN, ARN → ADN și ARN → ARN. Mai târziu, vom face cunoștință cu un alt exemplu de sinteză matricială, dar mai întâi să aflăm despre diversitatea infinită a ARN-ului prezent în celulă.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 După transcripție, porțiunea de ADN -adenina-citozina-guanina-timina- în ARN corespunzător va arăta
  - A -guanina-uracil-adenina-citozina -
  - B -adenina-guanina-citozina-timina-
  - C -timina-citozina-guanina-adenina-
  - D -adenina-citozina-guanina-uracil-
  - E -uracilul-citozina-guanina-adenina-
- 2 Alegeți trăsăturile, după care se deosebesc ARN-ul de ADN.
  - A îndeplinește mai multe funcții și este mai puțin stabilă
  - B este mai stabilă și poate avea o diversitate mai mare de forme
  - C siguranța păstrării informației este mai mică și îndeplinește mai puține funcții
  - D poate avea o diversitate mai mică de forme și participă la accelerarea reacțiilor chimice
  - E participă la accelerarea reacțiilor chimice și cu siguranță înaltă păstrează informația
- 3 La stadiile inițiale ale dezvoltării embrionare transcripția nu se produce deoarece
  - A lipsesc enzimele necesare
  - B lipsește ADN-ul în celulă
  - C lipsesc nucleotidele libere
  - D ADN-ul este ocupat cu procesul replicării
  - E pentru funcționarea ARN-polimeraza lipsește energia

- 4** Copierea informațiilor de pe ARN pe alt ARN nou este efectuată de  
A transcriptază inversă  
B ADN-dependentă ADN-polimeraza  
C replicază  
D ARN-dependentă ADN-polimerază  
E ADN-dependentă ARN-polimerază
- 5** Dacă ADN-polimeraza se întâlnește ARN-polimeraza pe molecula de ADN, atunci  
A replicarea și transcripția încetează  
B replicarea încetează, iar transcripția continuă  
C replicarea continuă, iar transcripția încetează  
D replicarea și transcripția nu împiedică una alteia și continuă  
E replicarea se transformă în transcriere

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Caracterizați toate deosebirile între ADN și ARN.
- 7** Câte catene sunt sintetizate simultan în timpul replicării și transcripției? Care sunt cauzele acestor deosebiri?
- 8** Cum pe baza mecanismelor de sinteză matriceală pot fi explicate dimensiunile mai mici ale moleculei de ARN în comparație cu dimensiunile ADN-ului?
- 9** Care din cele patru tipuri posibile de sinteză matriceală a acizilor nucleici sunt necesari pentru transmiterea caracterelor descendenților la eucariote și procarote? Explicați părerea voastră.
- 10** Care este sensul sintezei matriceale a ARN-ului sau ADN-ului pe alt ADN? Fără care trăsături de structură ale acestor compuși, această sinteză matriceală ar fi imposibilă?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Pentru ce virusul HIV efectuează transcripția inversă? Cum această proprietate poate fi utilizată în tratamentul infecției cu HIV?
- 12** Sintezele matriceale ale acizilor nucleici sunt aplicate cel mai deplin de virusuri. De ce anume la acest grup de ființe ele sunt atât de răspândite?
- 13** Unele ARN-virusuri, pentru reproducere, își replică acidul său nucleic, iar altele nu. Care sunt cauzele acestor deosebiri?

### Află singur și comunică altora

- 14** Unul din tipurile de transcriptază inversă, în unele celule ale eucariotelor completează secțiunile finale ale cromozomilor – telomerii, pentru ca ele să nu se scurteze în timpul replicării. Pentru care celulele este important acest proces și cum el decurge? La ce duce „activarea” acestei enzime în toate celulele?
- 15** Pentru descoperirea multor sinteze matriceale a acizilor nucleici, savanții au fost premiați cu Premiul Nobel. Cine sunt acești savanți și de ce Comitetul Nobel a considerat aceste descoperiri atât de importante?



## § 23. Tipurile de ARN

### Diversitatea structurală a ARN-ului reprezintă baza diversității funcționale

Dintre cele două tipuri de acizi nucleici, care se află în celulă, rolul de purtător al informației a revenit ADN-ului. Însă ARN-ul, așa cum am observat de multe ori, are capacitatea de a dobândi o mare varietate de forme. De obicei, se consideră, că ADN-ul este o moleculă bicatenară elicoidală, iar ARN-ul are o singură catenă și structura bicatenară nu este tipică pentru ea. Aceasta nu este corect. Într-adevăr, majoritatea moleculelor funcționale de ARN au o singură catenă polinucleotidică. Dar în limitele acestei catene poate fi găsit un număr mare de regiuni bicatenare (fig. 23.1). Catenă polinucleotidică, în acest caz, se îndoiește și formează o structură bicatenară cu sine însăși, respectând principiul complementarității. De obicei, într-o moleculă de ARN sunt câteva zone bicatenare. Regiunile bicatenare sunt foarte importante, deoarece ele determină forma moleculei de ARN, și, prin urmare, funcția ei. O astfel de diversitate structurală mare, duce la o largă varietate de funcții ale ARN-ului în celulă.

**ARN-ul mesager** este sintetizat în nucleu ca precursor, iar apoi, după maturizare, este transmis în citoplasmă. În ARN mesager este codificată secvența de aminoacizi ai proteinei. Ribozomii citesc această secvență și sintetizează catenele de aminoacizi ale proteinelor.

**ARN-ul ribozomal** este baza ribozomilor, care funcționează în citoplasmă. Mulți ribozomi sunt fixați pe membrana reticulului endoplasmatic (formează reticulul endoplasmatic rugos). Sinteza ARN-ului ribozomal, ca și asamblarea ribozom, decurge în nucleol.

**ARN-ul de transport** este implicat în biosinteza proteinelor. El participă la activarea resturilor de aminoacizi și deplasarea lor la ribozomii care funcționează. ARN-ul de transport este produs în nucleu, și apoi transmis la citoplasmă. Unii ARN-uri de transport mitocondriali sunt codificate de ADN-ul nuclear, iar după formare sunt transmise prin citoplasmă în mitocondrii.

**ARN-ul nuclear mic** este format și funcționează în nucleu. El participă la procesul maturizării ARN-ului mesager.

**ARN-ul nucleolar mic** participă la maturizarea ARN-ului ribozomal.

În citoplasmă se conține un număr mare de **ARN citoplasmatic** scurt implicat în diverse procese, cum ar fi transportul proteinelor prin membrană, protecția celulelor de viruși, reglarea sintezei proteinelor.

În nucleul și citoplasma celulelor este, de asemenea, și ARN antisens de talie mare „misterios”, care îndeplinește funcții de reglare.

Mitocondriile conțin propriul set de ARN mesager, ribozomal și de transport, care este format nemijlocit în mitocondrii. ARN ribozomal mitocondrial diferă semnificativ de cel codificat în nucleu și este mult mai asemănător cu ARN ribozomal bacterian. Unele ARN de transport mitocondriale, așa cum s-a spus, sunt codificate în nucleu și apoi transmise în mitocondrii.

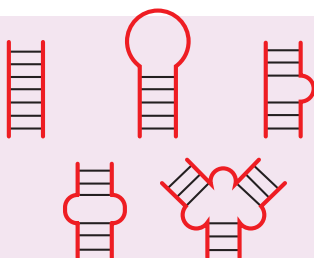


Fig. 23.1.  
Diversitatea elementelor  
de structură ale  
ARN-ului

În varietatea mare de ARN a celulei trebuie distinse trei tipuri, implicate la biosinteza proteinelor. Ele sunt: ARN mesager, ARN ribozomal și ARN de transport. Aceste trei tipuri de ARN există absolut la toate organismele vii, fiindcă biosinteza proteinelor este un proces universal pentru toate viețuțile. Să ne oprim mai detaliat la examinarea structurii și funcțiilor acestor molecule.

### **ARN-ul mesager este purtătorul informației despre structura moleculei de proteină**

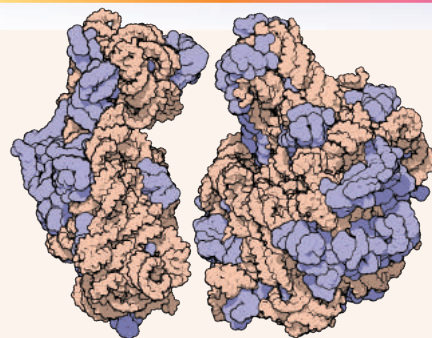
ARN mesager (ARNm) este o moleculă lungă liniară, care poartă informația despre secvența combinării resturilor de aminoacizi în molecula de proteină. La procariote el se formează în timpul transcripției și imediat este implicat în biosinteza proteinelor. Și mai mult, la procariote o **moleculă de ARN mesager** poate conține informație despre **structura mai multor molecule diferite de proteine**.

La organismele eucariote ARNm se formează în timpul transcripției în nucleu ca un precursor, care apoi tot în nucleu se „maturizează”. Procesul de „maturizare” este destul de complicat: în el sunt implicate multe proteine și molecule de ARN reglatoare. În procesul de „maturizare” precursorul pierde până la 90% din lungimea sa, de el se fixează unele nucleotide suplimentare, iar altele sunt supuse modificării chimice. Astfel se formează ARNm „mature”.

Apoi el ajunge în citoplasmă pentru a efectua biosinteza proteinelor. Unii ARNm trăiesc foarte puțin: se distrug timp de câteva minute după formare și de pe ei dovedesc să fie „citite” foarte puține molecule de proteine. Alții trăiesc timp de câteva ore. Unele ARNm pot fi păstrate într-o stare inactivă timp de câteva zile sau chiar săptămâni, până când nu devin necesare celulei. Reglarea funcționării ARNm este complexă și diversă.

### **ARN-ul ribozomal este nu numai baza structurală a ribozomilor, dar și funcțională**

Dacă s-ar selecta din celulă tot ARN-ul, cea mai mare parte de masă va fi la ARN-ul ribozomal (ARNr). După cum vă amintiți, ribozomii sunt complexe mici din molecule de proteine și ARN ribozomal, care participă la biosinteza moleculelor proteice. Ribozomul include câteva molecule diferite de ARN. Ribozomii sunt formați din două subunități – mare și mică. În ribozomul funcțional, ambele subunități sunt combinate între ele. În fisura dintre ele se află ARNm. Ribozomul se deplasează de-a lungul ARNm, citind de pe el „instrucțiuni”, și sintetizează molecula de proteină în conformitate cu aceste „instrucțiuni”.



*Fig. 23.2. Modelul molecular al subunităților ribozomilor bacilului intestinal*

*Cu cafeniu deschis este prezentat ARN-ul, cu violet – proteinele. Proteinele ribozomale sunt situate la periferia ribozomului și participă la stabilizarea moleculelor de ARN.*

Dacă examinăm modelul tridimensional al ribozomului în figura 23.2, putem vedea cu ușurință, că „baza” ei este în întregime construită din ARN-ul ribozomal, iar proteinele servesc ca „decor” extern. De fapt, rolul proteinelor în ribozom este, în special, de a stabili ARN-ul, care efectuează procesul de combinare a resturilor de aminoacizi în catena de proteină.

Ribozomii există la toate organismele vii. Mulți cercetători chiar definesc organismele vii ca „replicatori, care conțin ribozomi”, pentru a-i deosebi de virusuri, la care lipsesc ribozomii lor proprii și folosesc cu nerușinare ribozomii gazdei pentru scopurile sale. ARNr este nu numai universal, ci, de asemenea, foarte conservativ (neschimbător): deosebiri în secvențele de nucleotide ale ARNr al diferitelor organisme se acumulează foarte lent pe parcursul evoluției. Aceste legități le permit savanților să folosească comparația secvenței de ARNr la diferite organisme pentru stabilirea relației evolutive între regnurile naturii vii.

## ARN de transport transferă aminoacizi la locul sintezei proteinelor

Un alt tip de ARN, implicat în biosinteza proteinelor, este ARN de transport (ARNt). Acești ARN au o formă ușor cunoscută (fig. 23.3). Sunt alcătuiți dintr-o singură catenă de nucleotide, care formează patru zone bicateenare și se răsucește în spațiu într-o structură, asemănătoare cu o frunză de trifoi. Apoi, această frunză prin interacțiuni ne-complementare se răsucește din nou și capătă o formă de litera L. Anume în această formă există ARNt în celulă.

Enzimele speciale fixează aminoacizii de moleculele de ARNt. Acest proces necesită consumul de energie al ATP-ului. În rezultat, se formează un precursor de înaltă energie, care nimereste în ribozom pentru sinteza proteinelor. Mai mult despre acest proces veți afla în următoarele paragrafe.

## Alte tipuri de ARN reprezintă o sursă de noi descoperiri în biologia modernă

Noi pe scurt am examinat trei tipuri de ARN, care participă la procesul sintezei proteinelor. Dar cu aceasta diversitatea de moleculele de ARN în celule nu este terminată. Datorită dezvoltării tehnologiilor moderne, a devenit posibilă identificarea tipurilor noi de ARN, ce participă la diverse procese. Deosebit de variate, aceste forme de ARN sunt prezente la organismele eucariote. Iată o scurtă privire generală a altor tipuri de ARN prezente în celulă.

**7S ARN** este un ARN scurt prezent în cantități mari atât în citoplasma celulelor pro-, cât și eucariote. Participă la transferul moleculelor de proteine prin membrana celulei (la procarote) sau prin membrana reticulului endoplasmatic (la eucariote).

**ARN interferent mic, microARN și piARN** sunt extrem de diverse după structură și originea moleculelor de ARN. Ei sunt implicați în reglarea sintezei proteinelor și participă la protejarea celulelor de virusuri și alți agenți nocivi.

De asemenea, după cum au arătat studiile recente, în celulele eucariote se produc cantități mari de ARN de diferite lungimi. Funcția acestor ARN este necunoscută. Posibil că ei sunt un fel de „zgomot informațional”. Totalitatea ADN, care codifică astfel de molecule de ARN, a fost numită „**materie întunecată a genomului**”.

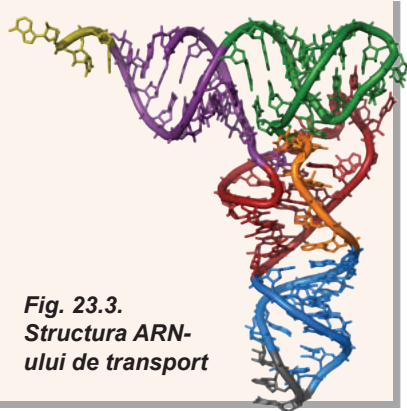
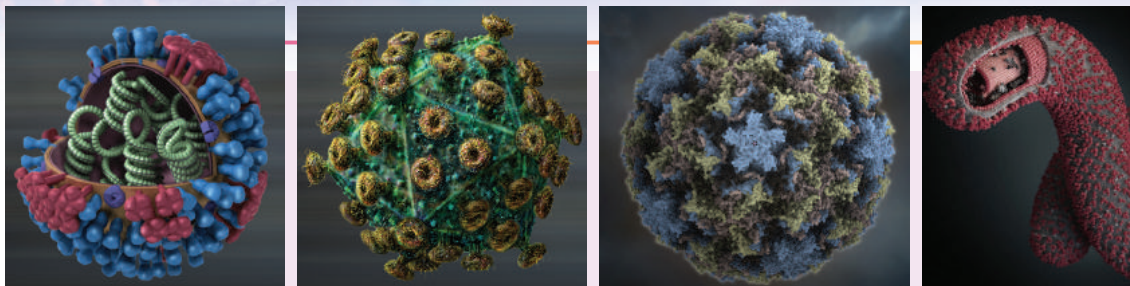


Fig. 23.3.  
Structura ARN-ului de transport



A

B

C

D

**Fig. 23.4. Modele de virusuri, care conțin genom din ARN**

**A.** Virusul gripal în secțiune. Sub înveliș se vede molecula de ARN încomplex cu proteine. Pe lângă caracterul lui comun, el este extrem de mortal. Cea mai strașnică epidemie a virusului gripei – „gripa spaniolă” – a omorât 100 de milioane de oameni. Și în zilele noastre de la virusul gripei mor anual 250–500 de mii de oameni. Numai prin munca coordonată a medicilor și savanților, virusul gripei, care permanent evoluează, este menținut sub control. **B.** Virusul Imunodeficienței Umane. Afectează celulele sistemului imunitar, lipsind organismul uman de protecția naturală. Fiecare particulă virotică conține două molecule identice de ARN. În celula-gazdă, datorită enzimei – transcriptaza inversă – pe ele se sintetizează ADN, care este integrat în ADN-ul gazdei. **C.** Rinovirus. Rinovirusul cauzează răcelile, deoarece el se înmulțește în celulele mucoase ale căilor respiratoare. Ei, de obicei, nu provoacă daune grave pentru sănătatea omului, dar pot provoca complicații la copii. **D.** Virusul Ebola. Acest virus are o formă filamentoasă. El provoacă febra Ebola, o boală tropicală rară, care este una dintre cele mai letale. Unele forme ale virusului, aproape sigur, duc la moarte. În anii 2014–2015 au fost înregistrate focare de Ebola în mai multe părți ale globului.

## Virusurile au genom din ARN

În cele din urmă, să examinăm încă o funcție, pe care o poate efectua ARN-ul în sistemele vii. În paragraful precedent am observat, că ADN-ul este mai stabil ca ARN-ul, și, prin urmare, este mai potrivit pentru stocarea informației. Cu toate acestea, moleculele relativ mici de ARN adesea sunt folosite pentru păstrarea informației. Desigur, cantitatea de informație, care poate fi înscrisă în această moleculă de ARN este limitată. Dar ea este suficientă pentru funcționarea celor mai simple sisteme, care se reproduc – ale virusurilor. Virusurile nu pot pe deplin să fie considerate organisme vii. Ele reprezintă un fel de paraziți ai genomului, care pot exista un timp independent de celulă. Multe virusuri folosesc ARN în loc de ADN pentru a stoca informația genetică. Exemple de astfel de virusuri sunt virusul gripal, virusul imunodeficienței umane, rinovirusul, care provoacă răceala, și virusul Ebola (fig. 23.4).

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Pentru deplasarea aminoacizilor la ribozomi răspund

A ARNm

B ARNt

C ARNr

D ARN nuclear mic

E ARN viral



- 2** Molecula de ARN este formată din  
**A** o singură catenă  
**B** o singură catenă, care poate forma fragmente bicatenare  
**C** o singură catenă, care poate forma fragmente tricatenare  
**D** două catene  
**E** două catene, care pot forma fragmente bicatenare
- 3** Virusul Ebola este unul dintre cele mai periculoase, deoarece  
**A** el este răspândit numai în țările cu nivel înalt de viață  
**B** la oamenii infectați rata de mortalitate este foarte înaltă  
**C** are o dimensiune foarte mică      **D** are o dimensiune foarte mare  
**E** are o formă filamentoasă
- 4** Pentru molecula de ARNt este caracteristică structura  
**A** unei frunze cu patru limbi foliari, răsucite în forma literei T  
**B** unei frunze cu trei limbi foliari, răsucite în forma literei T  
**C** unei frunze cu patru limbi foliari, răsucită în forma literei L  
**D** unei frunze cu trei limbi foliari, răsucite în forma literei L  
**E** unei frunze cu trei limbi foliari, răsucite în forma literei C
- 5** Pentru a produce ADN-ul gazdei, virusul imunodeficienței necesită o enzimă capabilă să efectueze  
**A** sinteza ADN de pe ADN   **B** sinteza ARN de pe ARN   **C** sinteza ARN de pe ADN  
**D** sinteza ADN de pe ARN   **E** prin sinteza ARN și ADN de pe ARN

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care trăsături de structură ale moleculelor de ARN le oferă posibilitatea de a dobândi o mare varietate de forme?
- 7** Caracterizați legăturile dintre ARNm, ARNt și ARNr în procesul sintezei proteinelor.
- 8** Descrieți deosebiri în structura și funcționarea ARNm al celulelor eucariote și procariote.
- 9** Indicați deosebiri între diferite tipuri de ARN. Ce este comun între ele?
- 10** De ce prezența ARNr poate fi considerată drept însușire a vieții?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care este esența ipotezei „protoribozomului din ARN” și care sunt dovezile acestei ipoteze?
- 12** Tuberculiul cartofului în formă de fus apar la infecția provocată de viroid – a moleculei ciclice de ARN. Care sunt particularitățile acestor forme de viață și de ce ele pot fi „fosile vii” ale lumii ARN-ului?

### Află singur și comunică altora

- 13** Care particularități de structură a ARN-ului mesager la eucariote permite să-și îndeplinească funcția sa? De ce, fără ele, el nu poate funcționa?
- 14** În natură există ARN specific – ribozimii. Care sunt particularitățile lor în comparație cu alte tipuri de ARN? Cum se manifestă capacitatea lor la autocataliză? Ce aplicație tehnologică pot avea ribozimii?
- 15** ARN interferent mic este folosit ca un remediu pentru anumite boli. Cu care boli și în ce mod pot lupta preparatele respective?

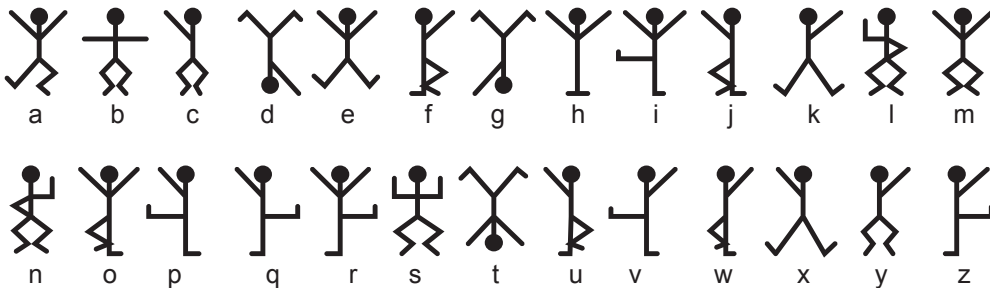
## § 24. Codul genetic

### Codul reprezintă un sistem de semne convenționale pentru păstrarea și prelucrarea informației

„Holmes ședea în tăcere de câteva ore, cu spatele său lung și subțire aplecat deasupra unui vas cu substanțe chimice în care prepara un produs extrem de urât mirositor. Capul îi era aplecat în piept și, din punctul meu de vedere, arăta ca o pasăre ciudată, uscățivă, cu penajul de un gri șters și o creastă neagră”. Așa începe una dintre poveștile lui Arthur Conan Doyle – „Aventura omuleților dansatori”. În conacul Ridling Thorpe încep să apară poze ciudate, care includ omuleți ce dansează, aliniați într-o linie. Iată un exemplu de aceste imagini.



Proprietarul conacului face apel la detectivul genial Sherlock Holmes. El cu ușurință face concluzii, că este vorba de mesaje cifrate. Holmes începe să le descifreze, și s-a dovedit, că fiecare figură corespunde unei litere a alfabetului englez. Sherlock Holmes alcătuieste un tabel al codului – un tabel de corespondență între ținuta omuleților și litere.



Folosind acest cod, poate fi descifrat ceea ce spune în mesajul, „Vină încoace imediat” (*eng. „come here at once”*)<sup>1</sup>. Acest cod a fost elaborat de căpetenia mafiei din Chicago în scopul de a comunica cu subordonații. Însă un lucru mult mai interesant și mai complex a fost realizat de savanți pentru rezolvarea celui mai important cod în natură – codul genetic. Dar, înainte de a trece la studierea acestui fenomen, vom da definiția de „cod”.

Codul reprezintă o regulă de corespondență a unui anumit obiect unei combinații de simboluri clar definite. Cu alte cuvinte, codul este o regulă, conform căreia simbolurile unui sistem (de exemplu, literele) în mod clar corespund cu simbolurile altui sistem (de exemplu, imaginile omuleților).

### Codul genetic reprezintă o codificare a secvenței de aminoacizi în proteine conform secvenței de nucleotide în acizii nucleici

După cum s-a menționat în paragraful anterior, ARN-ul mesager participă la procesul de sinteză a proteinelor. Anume el conține informație despre succesiunea combinării resturilor de aminoacizi în catena proteică. Această informație el a primit-o de la

1 În traducerea ucraineană a lui Volodymyr Panchenko, omuleții au fost nevoiți să îndeplinească și alte mișcări, fiindcă în alfabetul ucrainean este un număr mai mare de litere. Interesant, cum va arata acest cod în limba khmeră, care conține 72 de litere?...

molecula de ADN în rezultatul procesului de transcripție. Dar dacă în cazul transcripției, ribonucleotidele ARNm trebuie să corespundă dezoxiribonucleotidelor conform legii complementarității, atunci, pentru sinteza moleculei de proteină, celula trebuie să aleagă aminoacizi conform nucleotidelor ARNm. Pentru aceasta ar trebui să fie vreo regulă. Această regulă se numește **cod genetic**.

Ticălosul de Abe Slavey s-a folosit de codul Mafiei din Chicago, folosit pentru a ascunde conținutul mesajelor sale de ochii străini. Iar celula se folosește de codul genetic, din cauza că acizii nucleici și proteinele „vorbesc în limbi diferite”: acizii nucleici – în limba nucleotidelor, iar proteinele – în limba aminoacizilor. Celula trebuie să traducă din limba nucleotidelor în limba aminoacizilor așa cum și Sherlock Holmes a tradus din limba „omuleților dansatori” în limba engleză. Aici este important un detaliu: fraza în formă de omuleți dansatori, de asemenea, a fost înscrisă în limba engleză, doar cu alte simboluri. Putem spune, că ARN-ul mesager este înscris, la fel, în limba proteinelor, dar cu alte simboluri – nucleotide. Este incorect de considerat traducerea din limba acizilor nucleici în limba proteinelor ca traducere din limba engleză în limba ucraineană.

Gangsterii din Chicago au trebuit să inventeze 27 de ținute pentru a reprezenta 27 de litere ale alfabetului. Traducătorul Volodymyr Panchenko a inventat suplimentar încă 6 ținute pentru a traduce povestirea în ucraineană. Însă celula are doar patru nucleotide pentru a codifica 21 de aminoacizi. Nu este atât de ușor, nu-i așa?

Dar această problemă poate fi rezolvată, dacă se alege pentru un anumit aminoacid o combinație din nucleotide. Dacă s-ar codifica aminoacizii cu câte două nucleotide, s-ar obține:  $4 \times 4 = 16$  combinații. Aceasta nu este suficient pentru a codifica toată diversitatea de aminoacizi (aproximativ 20). Dar, dacă s-ar codifica cu câte trei, s-ar obține  $4 \times 4 \times 4 = 64$  combinații, ceea ce este suficient pentru a codifica toți aminoacizii. Și, într-adevăr, pentru a codifica aminoacizii, celula utilizează trei nucleotide, numite triplete. *Tabelul 24.1* prezintă codul genetic al celulelor.

**Tabelul 24.1. Tabelul codului genetic (ARNm)**

Nucleotida					
Prima	A doua				A treia
	U	C	A	G	
U	Fenilalanina	Serina	Tirozina	Cisteina	U
	Fenilalanina	Serina	Tirozina	Cisteina	C
	Leucina	Serina	Codonulstop	Codonulstop <sup>1</sup>	A
	Leucina	Serina	Codonulstop	Triptofanul	G
C	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	U
	Leucina	Prolina	Histidina	Arginina	C
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	A
	Leucina	Prolina	Glutamina	Arginina	G
A	Izoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	U
	Izoleucina	Treonina	Asparagina	Serina	C
	Izoleucina	Treonina	Lizina	Arginina	A
	Metionina	Treonina	Lizina	Arginina	G
G	Valina	Alanina	Acidul aspartic	Glicina	U
	Valina	Alanina	Acidul aspartic	Glicina	C
	Valina	Alanina	Acidul glutamic	Glicina	A
	Valina	Alanina	Acidul glutamic	Glicina	G

1 Acest triplet este uneori utilizat pentru a codifica aminoacidul selenocisteina.

Examinând acest tabel, se pot face următoarele concluzii cu privire la proprietățile codului genetic. În primul rând, codul genetic este **tripletic**, adică trei nucleotide codifică un aminoacid. În al doilea rând, codul genetic este **excesiv**: triplete sunt mai multe decât aminoacizi. În al treilea rând, codul genetic este **degenerat**, adică un singur aminoacid poate fi codificat de mai mulți **codoni** (codon este numită combinația de trei nucleotide – triplet). În al patrulea rând, codul genetic **nu este ambiguu**: un codon poate codifica numai un singur aminoacid. În al cincilea rând, codul genetic **este fără virgule**: un singur „start” și trei „stopuri”, dar codul este continuu, adică între codoni nu sunt spații.

La ultima proprietate trebuie să ne oprim mai detaliat. Codonul de start (AUG) codifică, de asemenea, unul dintre aminoacizi – metionina. Prin urmare, toate moleculele proteice încep cu metionina<sup>1</sup>. Dar adesea metionina este situată și în interiorul catenei proteice. De obicei, în calitate de codon de start este folosit primul codon AUG de la începutul ARN-ului mesager, iar restul sunt recunoscute ca și codoni de metionină. O altă caracteristică: codonul stop UGA uneori codifică selenocisteina – cel de-al 21-lea aminoacid. Pentru ca să fie recunoscut ca codonul selenocisteina, și nu ca „stop”, după el trebuie să fie o combinație specială de nucleotide.

Să menționăm încă o caracteristică a codului genetic, la care ne vom opri mai detaliat în paragraful următor. Codul genetic este nesuprapus: una și aceeași nucleotidă nu poate intra în două sau trei triplete<sup>2</sup>.

## Codul genetic este universal

Codul genetic este o regulă foarte strictă. El este respectat de fiecare celulă din organism pe tot parcursul vieții. Primul a fost descifrat codul genetic al baciului intestinal, dar apoi s-a dovedit că același cod are și omul, și floarea-soarelui. A fost postulată universalitatea codului genetic: toate organismele vii au același cod genetic. Se primește, că după ce a apărut o dată la un strămoș comun al tuturor organismelor vii, codul genetic nu s-a mai schimbat.

Acest fenomen are o explicație logică: dacă la vreun organism apare o abatere de la codul genetic, de exemplu, tripletul AAA începe a codifica arginină în loc de lizină, atunci, în toate proteinele lui, aproximativ în jumătate de cazuri în loc delizină începe să apară arginina (de ce în jumătate de cazuri – încercați să răspundeți de sine stătător, atent examinând tabelul codului genetic). Aceasta dereglează structura și funcția majorității proteinelor și va fi fatal pentru ființa-inventator.

Cu toate acestea, trebuie să facem câteva comentarii. În primul rând, codul genetic a apărut imediat. Probabil, la stadiile inițiale ale evoluției biologice (posibil încă înaintea apariției celulei) codul genetic a evoluat. Acum, există toate motivele să considerăm, că, sigur, codul genetic inițial a fost dupletic, adică aminoacizii sunt codificați de două nucleotide (aminoacizi au fost, prin urmare, nu mai mulți de 15), iar apoi a devenit tripletic. Dar putem spune cu încredere, că codul genetic al ultimului strămoș comun al tuturor organismelor vii a fost același ca și la noi cu tine.

În al doilea rând, codul genetic totuși se schimbă, dar lent. Pentru prima dată abateri de la codul genetic au fost găsite în mitocondriile omului. La ele tripletul UGA (care în codul clasic este citit ca „stop”) codifică aminoacidul triptofanul<sup>3</sup>, iar tripletul AUA

1 De multe ori, el apoi este „tăiat” de enzime și în molecula de proteină matură lipsește.

2 Această regulă este adesea încălcată la virusuri.

3 Acest lucru este tipic pentru mitocondriile tuturor organismelor studiate.



(în codul clasic – izoleucina) codifică metionina. Apoi au fost descoperite abateri neînsemnate în codul genetic al unor bacterii și protozoare, precum și al mitocondriilor, la plante și ciuperci. Însă aceste modificări sunt minore și rare, de aceea putem vorbi despre **universalitatea** codului genetic (aproape universalitate sau, cum spun savanții, cvasi-universalitate).

## Cum se citește codul genetic?

Acum, înarmați cu codul genetic, să încercăm să descifrăm secvența proteinei codificate în secvența nucleotidică a ARN mesager.

AUUAGUAUGGUGUUUAUCCAGUGGAAGUG

În primul rând, să decidem, unde este începutul acestui mesaj: acesta nu este neapărat prima nucleotidă. Noi trebuie să găsim „Startul” – codonul AUG. Să însemnăm poziția primei AUG.

AUUAGU**AUG**GUGUUUAUCCAGUGGAAGUG

El codifică metionina. Mai departe, dacă înlocuim consecvent aminoacizii din tabelul codului genetic în conformitate cu tripletele de nucleotide, se va primi o catenă: metionina (AUG) – valina (GUG) – leucina (UUA) – fenilalanina (UUC) – prolina (CCA) – valina (GUG) – Acidul glutamic (GAA) – glicină (GGC).

Aceasta este doar începutul unei catene de aminoacizi a proteinei. Aceste catene pot conține sute de aminoacizi, iar sinteza uneia dintre ele în celulă durează câteva minute. Cum aceasta se întâmplă, vom studia în paragraful următor.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Faptul, că există 64 de triplete nucleotidice de ARNm, iar aminoacizi numai 21, înseamnă că

<b>A</b> codul genetic degenerază	<b>B</b> codul genetic este tripletic
<b>C</b> codul genetic este universal	<b>D</b> codul are un singur sens
<b>E</b> codul genetic este continuu	
- 2** Toți cei trei codoni „stop” sunt

<b>A</b> AUG, UGA, UUU	<b>B</b> UAA, AUG, UGG
<b>C</b> UGA, UAG, UAA	<b>D</b> AUG, UAG, UGA
<b>E</b> UAA, UUU, UGG	
- 3** Dacă pe ARNm se conțin trei triplete AUC, atunci proteina

<b>A</b> va conține trei resturi de izoleucină
<b>B</b> va conține trei resturi de metionină
<b>C</b> va conține trei resturi de izoleucină și va fi sintetizat de trei ori
<b>D</b> va conține două resturi de izoleucină și un rest de metionină
<b>E</b> va conține trei resturi de aminoacizi
- 4** Secvența de nucleotide AAA-UGU-ACG-CCU corespunde secvenței de aminoacizi

<b>A</b> asparagina-cisteina-treonina-prolina	<b>B</b> lizina-fenilalanina prolina-treonina
<b>C</b> lizina-prolina-cisteina-treonina	<b>D</b> lizina-cisteina-treonina-prolina
<b>E</b> asparagina-triptofanul-prolina-treonina	

- 5 Metionina și triptofanul, spre deosebire de alți aminoacizi, sunt codificați numai de câte un singur codon. Pentru acești aminoacizi nu se realizează o astfel de caracteristică a codului genetic, ca
- A degenerarea                      B triplicitatea                      C universalitatea  
D prezența unui sens              E nesuprapunerea

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Codul genetic asigură corespondența dintre secvența de nucleotide și de aminoacizi a proteinei. Descrieți principalele caracteristici ale acestei corespondențe.
- 7 Codonii stop mai sunt numiți codoni nonsens (din lat. *non* – lipsește și *sensus* – sens). De ce ei mai au așa o denumire? În ce măsură ea este justificată?
- 8 Care sunt dezavantajele codului tripletic? De ce organismele vii nu pot folosi codul genetic dupletic?
- 9 Cum se explică faptul că la bacterii, plante și animale codul genetic este identic?
- 10 De ce codul genetic se consideră cvasi-universal?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Cum descifrarea codului genetic a schimbat înțelegerea lumii înconjurătoare? Care posibilități și tehnologii a deschis?
- 12 Pentru mai multe organisme este caracteristic fenomenul „preferenței codonului”: din mai multe triplete, care codifică anumiți aminoacizi, unele sunt folosite mai des decât altele. Cum și pentru ce poate fi folosit acest fenomen neobișnuit?

### Află singur și comunică altora

- 13 Datorită faptului, că codul genetic este degenerat și excesiv, el le oferă organismelor unele avantaje în comparație cu situația, în care numărul de aminoacizi și triplete ar coincide. Care sunt aceste avantaje? De ce, de obicei, se deosebește a treia nucleotidă în codon?
- 14 Francis Crick odată a emis ipoteza „cazului înghețat” referitor la faptul, că corespondența tripletelor și aminoacizilor, codificați de aceste triplete, este prima, care a fost întâmplător fixată de un sistem. Care proprietăți ale codului genetic contestă această ipoteză?

## Anexa VI

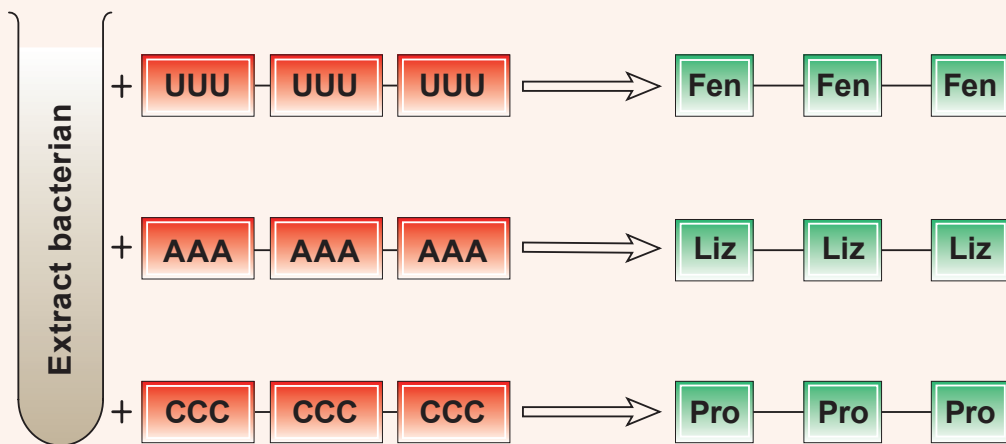
### Cum a fost descifrat codul genetic?

Structura și activitatea oricărei proteine din organism depinde de secvența de aminoacizi, care este în molecula ei. În compoziția proteinei sunt aproximativ 20 de aminoacizi. James Watson și Francis Crick în 1953 au constatat, ca ADN-ul este format din două catene de nucleotide, bazele azotate ale cărora (A, T, G, C) sunt combinate prin legături de hidrogen și formează un helix. Era cunoscut faptul, că ADN-ul este responsabil pentru trăsăturile ereditare, că el, într-un

#### Denis Kuzmin



A absolvit în 2002 liceul fizico-matematic № 27 Harkiv. E câștigătorul concursurilor și turneelor naționale de biologie. A studiat la Universitatea de Stat din Moscova. A susținut teza cu gradul de Candidat de Științe Biologice la Institutul de Chimie Bioorganică. Acum este colaborator al acestui institut.



**Fig. VI.1. Schema experimentelor, care au ajutat la descifrarea codului genetic**

anumit mod, codifică proteinele organismului. A rămas neclar cum unitățile structurale ale proteinelor – aminoacizii – corespund unităților structurale ale ADN-ului – celor patru nucleotide. Savanții au presupus, că există vreun cod special.

Fizicianul George Gamow, în 1954, a atras atenția la faptul, că în acest caz un aminoacid trebuie să fie codificat cel puțin de trei nucleotide. Dacă unei nucleotide avea să-i corespundă un aminoacid, ar fi fost posibil să fie codificați doar 4 aminoacizi. Dacă două nucleotidele ar fi fost responsabile pentru un aminoacid, atunci din patru nucleotide ar fi fost alcătuite  $4^2 = 16$  combinații din două litere și codificați doar 16 aminoacizi, iar ei sunt mai mulți. Astfel, codul, este, cel puțin, din trei litere, adică tripletic.

În 1961, Francis Crick cu colaboratorii săi cercetau mutații la bacteriofagi, tratându-i cu mutagenă – acridina. Cu aceste experimente, au confirmat faptul, că codonii sunt tripletici, între ei nu există semne de punctuație („virgule”); genele, care codifică structura proteinei, au un început fix, direcție precisă și terminație fixată; există o cantitate mică de triplete necodificatoare. A fost respinsă ipoteza presupusă anterior, că codul se suprapune: codul nu se suprapune, fiecare nucleotidă face parte dintr-un codon- triplet și ocupă în el o anumită poziție.

Codul genetic al bacilului intestinal a fost descifrat într-un sistem celular în 1960 de către Marshall Nirenberg și Heinrich Matthay. Extractul celular bacterian conținea tot ce este necesar pentru sinteza proteinelor: ribozomi pentru asamblarea proteinelor, aminoacizi, enzime, sursă de energie. Cercetătorii adăugau la sistem amestec de aminoacizi și lanțuri de nucleotide cu structură cunoscută (fig. VI.1). În fiecare din cele 20 de probe ale amestecurilor de aminoacizi, radiomarcant era doar un aminoacid. De exemplu, atunci când se adaugă acidul poliuridinic (care conține numai uracil) ca matrice de ARN, se forma catena de aminoacizi, care conținea numai fenilalanină marcată. Printr-o selecție simplă, s-a constatat, că tripletul UUU codifică numai fenilalanină. Dar triplete de nucleotide cu succesiunea cunoscută încă nu puteau să obțină.

Biologul american Har Gobind Khorana până în 1965 s-a învățat să sintetizeze secvențe scurte de ARN cu succesiunea cunoscută – la început dublete (dinucleotide), iar apoi și triplete (trinucleotide). Curând au început să aplice un sistem de triplete cu structură cunoscută. De exemplu, adăugarea tripletelor, care conțin 2 U și 1 G, au constatat că valina este codificată de codonul GUU, și nu de UGU sau UUG, și așa mai departe. Astfel, treptat, codon după codon, a fost descifrat complet codul genetic al bacilului intestinal.

## § 25. Biosinteza proteinelor

### Ribozomii reprezintă o mașină pentru biosinteza moleculelor de proteine

În paragraful precedent noi ne-am oprit la aceea, că celula este capabilă să citească informația despre structura moleculei de proteină înregistrată în secvența nucleotidelor de ARNm, și, în conformitate cu codul genetic, să sintetizeze o moleculă de proteină. Acest proces – **translația** – este realizat de un complex molecular foarte vechi și conservativ – de ribozom. Structura ribozomului am clarificat-o în § 23. Reamintim, că ribozomul este o mașină moleculară caracteristică pentru toate organismele vii, de la bacterii până la plante superioare și mamifere. Ribozomul este format din două subunități, construite din molecule specifice de ARN ribozomal și proteine. Ribozomii eucariotelor se formează într-o parte specială a nucleului – nucleol. Acolo decurge sinteza ARN-ului ribozomal și asamblarea subunităților. Ribozomii sunt transportați în citoplasmă prin porii nucleari. În citoplasmă decurge translația – un proces, pe care îl vom studia în acest paragraf.

### Ribozomul creează condiții pentru interacțiunea ARNm și ARNt

La bacterii în procesul de translație sunt implicate multe molecule, dar și mai multe – la eucariote. Însă noi ne vom opri la principalii, pentru toate organismele, participanți ai acestei drame: ARN mesager, ribozomi, aminoacizi fixați covalent de molecule de ARN de transport, precum și la enzime, care catalizează procesul de biosinteză a proteinelor în celulă.

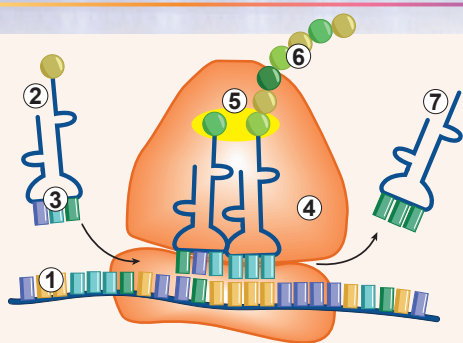
Drept monomeri pentru sinteza proteinelor servesc nu aminoacizi liberi, ci aminoacizi combinați cu ARN de transport. Fixarea aminoacizilor de moleculele de ARNt are loc cu ajutorul enzimelor specifice, **codazelor**, care urmăresc cu atenție respectarea codului genetic. Pentru fiecare aminoacid există câte o codază. Enzima asigură corespondența aminoacidului și ARNt-ului. Pentru fiecare aminoacid există unul sau mai mulți ARNt. Codaza recunoaște aminoacidul necesar și ARNt-ul corespunzător lui, care poate interacționa cu tripletul de nucleotide al ARNm, ce codifică acest aminoacid. Procesul de fixare a aminoacidului de ARNt necesită un consum de energie a ATP-ului, iar produsul rezultat (ARNt combinat cu aminoacidul „său”) are o energie foarte mare pentru combinarea doi aminoacizilor împreună<sup>1</sup>.

După cum țineți minte, ARNt are câteva bucle și „tulpină”, și seamănă cu o frunză de trifoi. Aminoacidul se fixează de „tulpină”, iar pentru interacțiunea cu ARNm răspunde una din buclele, care conține trei nucleotide numite **anticodon**. Anticodonul este complementar celor trei nucleotide a ARNm – codonului. Interacțiunea complementară între codon și anticodon determină care aminoacid trebuie să fie inclus în proteina formată. Interacțiunea ARNt cu ARNm, precum și fixarea aminoacidului de catena proteică le efectuează ribozomul. Astfel, pentru realizarea sintezei proteinelor este necesară executarea a trei condiții.

1. Codazele efectuează fixarea aminoacizilor de ARN de transport în conformitate cu regulile codului genetic.
2. Anticodonii ARNt interacționează complementar cu codonul ARNm.
3. Ribozomii asigură fixarea aminoacizilor de catena moleculei de proteină, care se formează.

<sup>1</sup> După cum am menționat deja, biosinteza proteinelor nu este un proces invers scindării lor.





**Fig. 25.1. Schema sintezei proteinelor**

1. ARNm. 2. ARNt cu un aminoacid.
3. Anticodon. 4. Ribozomi.
5. Formarea unei legături peptidice.
6. Catenă de aminoacizi.
7. ARNt liber.

## Combinarea aminoacizilor într-o moleculă de proteină se produce în ribozom

Să examinăm mai detaliat cum aminoacizii se combină între ei (fig. 25.1). Procesul de biosinteză a proteinelor începe cu combinarea subunității mici a ribozomului cu o moleculă specială de ARNt, care transportă aminoacidul metionina. După cum vă amintiți, sinteza proteinelor începe anume cu acest aminoacid. Apoi subunitatea mică a ribozomului cu acest ARNt fixează molecula de ARNm și începe s-o scaneze în căutarea codonului de start, care codifică metionina. Subunitatea cu numai îl găsește, se oprește, se combină cu subunitatea mare, și întregul ribozom se pregătește pentru fixarea aminoacizilor noi. El primește următoarea moleculă de ARNt cu aminoacidul fixat de acesta. Anticodonul acestui al doilea ARNt corespunde următorului după metionină codon al ARNm. În această stare ribozomul este legat de două molecule de ARNt. Iar resturile de aminoacizi, fixate de aceste ARNt, se alătură nemijlocit unul de altul. Anume în acest moment se formează legătura între acești aminoacizi. Această reacție este efectuată de ribozom, dar direct de cataliza acestei reacții răspunde nu proteina, ci ARNr. Aceasta este un exemplu de un tip de reacții biochimice, catalizate nu de enzime, ci de ARN. Cu toate acestea legătura între primul aminoacid (metionină) și ARN de transport se rupe. Se primește, că primul aminoacid este transferat cu ARNt al său pe aminoacidul, fixat de al doilea ARNt. Primul ARN de transport se eliberează de aminoacidul său și părăsește ribozomul. Catenă scurtă din doi aminoacizi rămâne fixată de al doilea ARNt. Iar ribozomul se deplasează cu un codon față de ARN mesager și este gata să accepte un nou ARN de transport cu un rest de aminoacid. Apoi se repetă același proces: catena din doi aminoacizi este transferată de pe al doilea ARNt pe aminoacidul, fixat de al treilea ARNt și așa mai departe. Astfel se formează o catenă lungă de molecule de aminoacizi ale proteinei. Procedul se repetă până când ribozomul nu se întâlnește cu codonul de stop. Ribozomul se oprește și deconectează de pe ARNt, care a venit ultimul, catena de aminoacizi este formată. Pe parcursul sintezei sale molecula de proteină este răsucită într-o structură tridimensională și după finalizarea acestor procese este gata să-și îndeplinească funcțiile sale<sup>1</sup>. Subunitățile ribozomului se separă una de cealaltă și eliberează ARN-ul mesager. Cu aceasta procesul de translație este finalizat. Puteți viziona cum decurge translația

**în formă video, accesând linkul.**

## Biosinteza proteinelor la procariote și eucariote are deosebiri spațiale

Translația în mod constant decurge în celulele vii și asigură necesitatea lor în proteine. La bacterii, procesele de transcripție și transla-

<sup>1</sup> La unele proteine răsucirea începe după finalizarea translației.



ție nu sunt separate în spațiu: moleculă ARN-ului mesager este sintetizată în citoplasmă de ARN polimerază pe molecula de ADN, iar ribozomii citesc informația de pe ARNm și sintetizează proteina, de asemenea, în citoplasmă (fig. 25.2). La ele translația poate începe înainte de terminarea transcripției: ribozomii se fixează de ARNm până la momentul, când ARN-polimeraza finalizează sinteza ei. La eucariote acest proces este ceva mai complicat. Ele au membrana nucleară, care strict separă transcripția și translația. În acest caz ARN-ul mesager este sintetizat ca un precursor, ce trebuie încă să se maturizeze pentru a fi gata de interacțiunea cu ribozomul. Translația se desfășoară în citoplasmă după ce ARN-ul mesager matur va fi eliberat din nucleu prin porul nuclear.

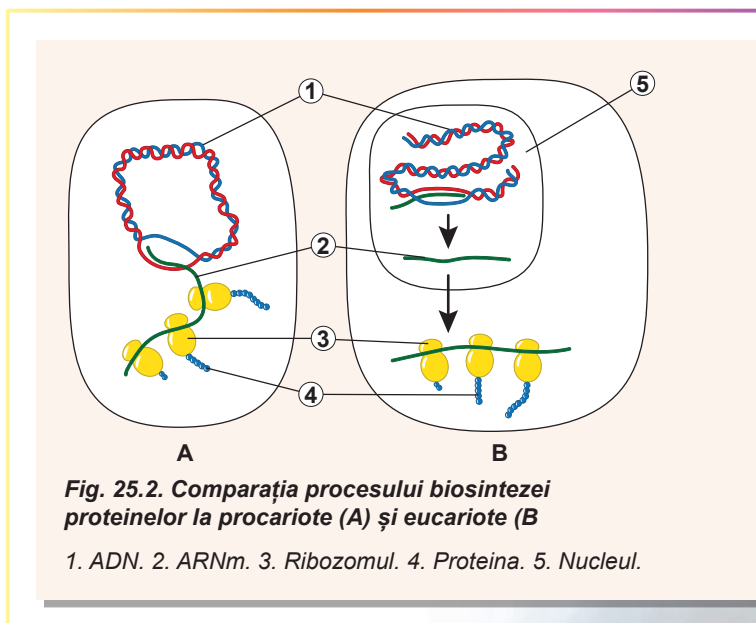
Există deosebiri în biosinteza proteinelor citozolice, precum și celor membranare și secretoare. Translația proteinelor citozolice este efectuată de ribozomii liberi nemijlocit în citosol. Însă dacă proteina este membranară ori trebuie să funcționeze în interiorul veziculelor (sau, să zicem, în lizozomi sau aparatul Golgi), ori să fie transmisă în spațiul intercelular (cum ar fi enzimele digestive sau colagenul), atunci sinteza ei va fi efectuată de ribozomii reticulului endoplasmatic. Începe translația acestor proteine astfel ca și translația proteinelor citoplasmatică obișnuite în spațiul celulei. Însă primii aminoacizi formează o secvență de semnalizare. Această secvență determină soarta ulterioară a proteinei: translația se oprește, iar ribozomul se deplasează spre reticulul endoplasmatic. După fixarea de membrana lui translația continuă, dar catena de aminoacizi, care se formează, se deplasează direct în REP. Puteți urmări modul în care acest proces are loc, **în formă video, accesând linkul.**

În cele din urmă, trebuie de remarcat faptul, că celulele eucariote au mitocondrii și cloroplaste, care conțin ribozomii proprii. Acești ribozomi sunt asemănători cu cei ai procariotelor, iar translația, ca și în cazul bacteriilor, nu este divizată spațial cu transcripția.



### Informația despre structura proteinei este transmisă în direcția ADN → ARN → proteina

Să generalizăm procesul de sinteză a proteinelor pe exemplul celulei animale. Informația despre ordinea combinării aminoacizilor în proteină este codificată în molecula de ADN, care se află în nucleu. Enzima ARN polimeraza sintetizează de pe el ARN-ul mesager în formă de un precursor conform principiului complementarității. Precursorul ARN-ului mesager se „maturizează” în nucleu, și apoi molecula „matură” de ARN mesager este direcționată spre citoplasmă. Acolo ea se întâlnește cu ribozomii și ARN de transport, care deplasează aminoacizi – unitățile viitoare ale catenei proteice. Aminoacizii se



**Fig. 25.2. Comparația procesului biosintezei proteinelor la procariote (A) și eucariote (B)**

1. ADN. 2. ARNm. 3. Ribozomul. 4. Proteina. 5. Nucleul.

fixează pe ARNt nu întâmplător, ci în conformitate cu regulile codului genetic. Enzimele, care efectuează această fixare, sunt codazele. În ribozom se formează condiții, care asigură interacțiunea anticodonului ARN-ului de transport cu codonul ARN-ului mesager conform cu principiul complementarității. Aceste resturi de aminoacizi se nimeresc în apropiere unul de altul. Ribozomii formează legătura între două resturi de aminoacizi, iar primul rest de aminoacid trece de pe primul ARNt pe al doilea. Ribozomul repetă acest proces de multe ori, asigurând sinteza catenei proteice lungi din aminoacizi.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Aminoacizii primesc energie pentru integrarea lor ulterioară în proteină  
A pe ribozom în timpul transferului de un ARNt pe altul  
B în celulă în timpul sintezei  
C în timpul fixării pe ARNt  
D după deplasarea ARNt cu un aminoacid pe ribozom  
E în timpul combinării subunităților ribozomilor
- 2** Dacă codonul metioninei este AUG, atunci anticodonul ei este  
A GUA                      B AUG                      C UGA                      D TAC                      E UAC
- 3** Succesiunea corectă a proceselor în timpul sintezei proteinelor este următoarea:  
A fixarea ARNt al metioninei de subunitatea mică, apoi combinarea subunității mici și mari a ribozomului  
B combinarea subunității mici și mari a ribozomului, apoi fixarea ARNm pe ribozom  
C intrarea celui de al doilea ARNt în ribozom, apoi fixarea ARNm pe ribozom  
D transferul restului aminoacidului metionina pe în al doilea ARNt, apoi combinarea subunității mici și mari a ribozomului  
E fixarea ARNm de ribozom, apoi fixarea ARNt metioninei de subunitatea mică
- 4** Proteina fotosensibilă rodopsina se află în membrana celulară a bastonașelor retinei. Unde decurge translația ei?  
A în ribozomii mitocondriali  
B în ribozomii citosolici  
C în ribozomii reticulului endoplasmatic  
D începe în ribozomii citosolului, se termină – în ribozomii reticulului endoplasmatic  
E începe în ribozomii reticulului endoplasmatic, se termină – în ribozomii citosolului
- 5** Succesiunea corectă a evenimentelor biosintezei proteinelor este:  
A răsucirea proteinelor – transcripția – translația  
B translația – răsucirea proteinelor – translația  
C translația – răsucirea proteinelor – transcripția  
D transcripția – translația – răsucirea proteinelor  
E translația – transcripția – răsucirea proteinelor

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Translația în limba latină înseamnă „traducere”. De ce procesul de sinteză a proteinelor după matricea ARNm este numită atât de ciudat?
- 7 Caracterizați principalele deosebiri în biosinteza proteinelor în citosolul eucariotelor și în mitocondriile eucariotelor. În care din aceste procese se produce o diversitate mai mare de proteine și de ce?
- 8 Cât de diverse sunt codazele în celule eucariote și care este cauza acestei diversități? Se deosebește oare setul de codaze la eucariote și procarote?
- 9 Care componente sunt necesare pentru efectuarea translației la eucariote? Este oare posibil să se efectueze translația în afara celulei în eprubetă?
- 10 Care componente ale celulelor asigură corespondența exactă și precisă a codonilor ARNm și aminoacizilor, ce sunt incluși în catena proteinei? Datorită căror interacțiuni a componentelor este efectuat acest proces?
- 11 Câte tipuri de ARNt există în celulele omului? De ce numărul lor este mai mic decât numărul de codoni?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 12 De ce celula nu sintetizează proteinele nemijlocit de pe matricea de ADN? Care este rolul ARN-ului mesager, ca mediator?
- 13 De ce eucariotele au delimitat în spațiu transcripția și translația? Care sunt dezavantajele unei astfel de delimitări?
- 14 Cum și de ce are loc „maturizarea” ARNm în nucleul eucariotelor? Ce posibilități suplimentare ale diversității proteinelor asigură „maturizarea”?

## Află singur și comunică altora

- 15 În translație se disting trei etape principale. Care sunt aceste etape și ce procese se desfășoară pe parcursul lor? Care din aceste etape este cel mai rapid, iar care este cel mai lent?
- 16 La diferite etape celula sintetizează diferite cantități de proteine. La care etape poate fi realizată reglarea sintezei proteinelor în celulă? Care sunt căile reglării ei?

## Proiect pentru o companie prietenoasă

- 17 Modelul de translație.
  - 1) Folosind diferite materiale (carton, hârtie, cutii, ațe, creioane sau carioci colorați etc.) creați elementele necesare ale modelului translației.
  - 2) Dacă preferați lucrul la calculator, folosind software-ul pentru a crea prezentări sau animații și sfaturile profesorilor de informatică, alcătuiți un model de calculator al translației.
  - 3) Demonstrați colegilor procesul translației, folosind modelele voastre.



## Lucrarea practică № 2

### Rezolvarea exercițiilor elementare de replicare, transcripție și translație

**Scopul:** aplicarea cunoștințele de replicare, transcripție și translație pentru rezolvarea exercițiilor.

#### Mersul lucrării

##### *Exerciții și probleme de replicare*

- 1 Una dintre catenele ADN-ului are secvența ATT CAT GAT GGG ACT. Determinați secvența de nucleotide în a doua catenă și calculați numărul total de nucleotide adenilice, care se conțin în ambele molecule de ADN după replicare.
- 2 Câte nucleotide noi A, T, G și C trebuie să fie utilizate pentru a realiza replicarea ADN-ului, care are secvență de nucleotide AAA TGC TGG TAC?
- 3 Molecula de ADN conține 620 nucleotide adenilice și 850 nucleotide guanilice. Câte și de care nucleotide sunt necesare pentru efectuarea replicării?

##### *Exerciții și probleme de transcripție*

- 4 Molecula de ARNm conține 1244 nucleotide. Câte nucleotide se conțin în fragmentul de ADN, care codifică această moleculă de ARNm?
- 5 Secvența de nucleotide din molecula de ARNm este următoarea UAG CGA UUG ACC. Determinați secvența de nucleotide a fragmentului de ADN, care codifică acest fragment de ARNm.
- 6 În compoziția ARNm intră 20% de nucleotide adenilice 16% uridilice, 31% timidilice. Care este conținutul de nucleotide în fragmentul de ADN, după care a fost sintetizat acest fragment de ARNm?

##### *Exerciții și probleme de translație*

- 7 Proteina este alcătuită din 803 resturi de aminoacizi. Câte nucleotide de ARNm și ADN codifică această proteină?
- 8 Molecula de ARNm este formată din 1302 nucleotide, printre care este un codon UAA. Ce lungime maximă poate avea molecula de proteină sintetizată pe acest ARNm?
- 9 Determinați secvența de aminoacizi într-o proteină, informația despre care este înregistrată în ARNm cu următoarea secvență de nucleotide: UUU ACG AGG AGU AAC GAU.
- 10 Cum se va schimba structura proteinei, dacă din fragmentul de ADN, care-l codifică – TAT TCT TTT TGT GGA CGA – se pierde a 11 nucleotidă?
- 11 Fragmentul inițial al moleculei de proteină are următoarea secvență: valina-leucina-serina-histidina-izoleucina. Presupuneți structura ARNm și ADN-ului, în care este înregistrată informația despre acest fragment al proteinei.
- 12 Identificați anticodonii, care sunt implicați în sinteza proteinei, codificată de fragmentul ADN-ului cu secvența: AGT ACG ATG TCA AGA.

## § 26. Genele

### Nu este atât de ușor de definit termenul „gena”

În paragrafele precedente noi am studiat modul, în care informația despre structura ADN-ului treptat se realizează în procesul transcripției, iar apoi și translației. Mai întâi ARN polimerază sintetizează ARN-ul mesager pe molecula de ADN, iar apoi ribozomul sintetizează proteina, citind informația de pe ARN-ul mesager. La eucariote un ARN mesager conține, de obicei, informație despre structura unui tip întreg de molecule de proteine. Acest ARN mesager este sintetizat de pe un fragment special de ADN, care se numește **genă**.

Deci, informația despre secvența resturilor de aminoacizi din molecula de proteină este codificată într-un fragment special al moleculei de ADN – genă. Însă genele codifică nu numai ARN mesager. ARN-ul de transport, ARN-ul ribozomal și alte tipuri de ARN de asemenea sunt codificate de genele sale, dar acești ARN niciodată nu sunt supuși translației, rămânând pentru totdeauna ARN. Astfel, putem formula o definiție mai largă a genei: **gena este o porțiune de ADN, care codifică o moleculă de ARN**<sup>1</sup>.

Să examinăm structura genei obișnuite, care codifică ARN-ul mesager al celulei animale (fig. 26.1). Gena, după cum știm, este o porțiune a ADN-ului bicatenar și numai o singură catenă codifică ARNm. Această catenă este numită **catenă antisens**. Secvența ei de nucleotide este complementară ARN-ului mesager, anume cu această catenă va lucra ARN polimeraza. Altă catenă de ADN după secvență de nucleotide se potrivește cu ARN mesager codificat de această genă. A doua catenă este numită **catenă sens**. Totodată o catenă de ADN poate fi antisens pentru unele gene și sens – pentru altele.

Catena antisens al ADN-ului	TACCAGGGCTAACCGAAACT
Catena sens al ADN-ului	ATGGTCCCGATTGGCTTTGA
ARN mesager	AUGGUCCCGAUUGGCUUUGA

Acum să examinăm cum sunt amplasate diferite porțiuni ale genei de-a lungul moleculei de ADN. Gena începe cu o porțiune responsabilă pentru fixarea ARN polimerazei și pentru inițierea transcripției – **promotor**. După promotor este situată porțiunea genei, care codifică ARN-ul mesager, – partea codificatoare a genei. După cum vă amintiți, ARN-ul mesager trebuie să conțină codonul de start. Un astfel de codon de

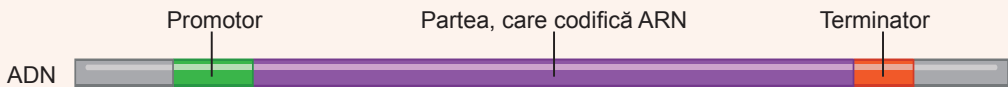


Fig. 26.1. Structura genei la eucariote

<sup>1</sup> Însă chiar și această definiție este imperfectă. Ea nu cuprinde, de exemplu, cazul genelor virusurilor cu genomul din ARN. De asemenea, s-a dovedit că la eucariote adesea de pe o genă sunt sintetizate mai multe molecule diferite de ARN. La procariote câteva gene pot codifica o moleculă de ARN, despre ce vom vorbi în acest paragraf. Cu toate că definiția noastră de „genă” este foarte scurtă, ea dezvăluie sensul ei.

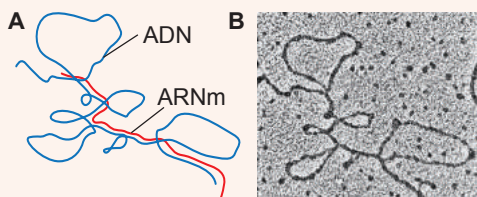
start este și în genă. După el este situată secvența de nucleotide, care codifică aminoacizii proteinei. În cele din urmă, porțiunea codificatoare se termină cu un codon de stop<sup>1</sup>. Însă, chiar și după codonul de stop transcripția trebuie să se mai continue un anumit timp: molecula de ARN mesager conține o porțiune lungă, care nu este translată de către ribozomi, dar este esențială pentru funcționarea ARN-ului mesager. Gena se termină cu o porțiune, care răspunde de finalizarea transcripției – **terminator**. Terminatorul asigură deconectarea ARN polimerazei de ADN și finalizarea transcripției. Ca și promotorul, terminatorul poate avea diferită structură în gene diferite. Interesant, că secvența, care îndeplinește rolul de terminator în genele ARN-ului mesager a eucariotelor, nu finalizează transcripția imediat: ARN polimeraza citește încă 100–200 nucleotide și numai atunci se „desprinde” de pe ADN. Nucleotidele suplimentare apoi sunt tăiate de către enzimele celulei.

## Genele procariote și eucariote diferă după structură

După cum am menționat deja, una din catenele de ADN, și anume catena antisens, este complet complementară moleculei de ARN, care este sintetizată pe el de către ARN polimeraza. Aceasta înseamnă, că dacă în eprubetă la această catenă vom adăuga catena de ARN complementară, atunci ambele catene vor forma o structură, bicatenară, ca cea, pe care o formează două catene ale ADN-ului. Iar dacă vom adăuga catena antisens a ADN-ului la ARN-ul mesager matur, codificat de această genă, se va clarifica, că numărul de porțiuni complementare nu este atât de mare. Cea mai mare parte a ADN-ului antisens nu va fi complementară ARN-ului mesager și va forma bucle. Iar partea complementară va forma câteva zone separate (fig. 26.2).

Aceasta se datorează faptului, că la eucariote după sinteza precursorului ARN-ului mesager, din el sunt tăiate porțiuni mici. Aceste porțiuni sunt numite **introni**. Intronii, de regulă, nu codifică secvența de aminoacizi ai proteinei. Ei sunt eliminați definitiv din moleculele de ARN în procesul de maturizare. Iar porțiunile codificatoare rămase – **exonii** – se unesc între ele. Procesul de tăiere a intronilor este efectuat în nucleu de ARN-ul nuclear mic. Acest proces reprezintă o parte inerentă a maturizării ARN-ului mesager. Incredibil, dar uneori intronii constituie până la 90% din secvența genei! Se primește, că în timpul maturizării precursorul ARNm-ului se scurtează de zece ori. Funcțiile intronilor nu sunt pe deplin studiate. Ele sunt considerate drept descendenți ale secvențelor de ADN

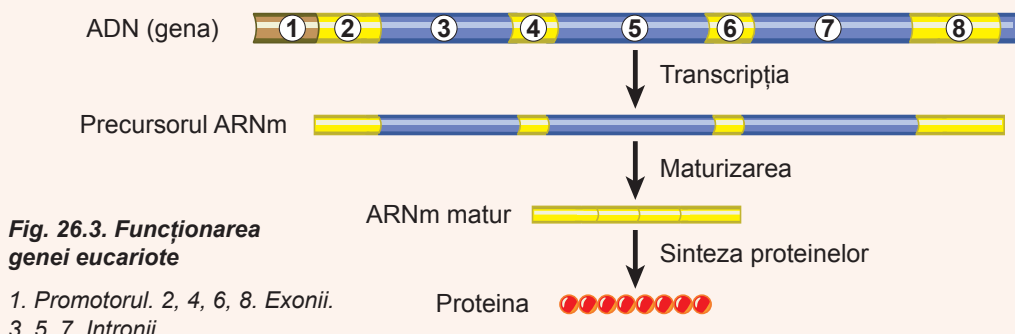
dăunătoare, care au infectat genomul și se înmulțesc necontrolat în el (așa-numitul ADN egoist). Conform acestei teorii, tăierea intronilor este un proces de curățire a genei de secvențele necodificatoare, care au infectat-o. Însă celulele s-au învățat să utilizeze intronii pentru a codifica într-o genă mai multe proteine, ridicând astfel diversitatea proteinelor proprii. De aceea, uneori intronii totuși codifică porțiunile secvențelor de aminoacizi ai proteinelor. Să presupunem, că în procesul de tăiere un intron rămâne. Atunci informația, pe care el o conține, va fi folosită de ribozom pentru a construi molecula de proteină. Interesant, că în rezultatul



**Fig. 26.2. Combinarea ARNm matur și catenei antisens de ADN**

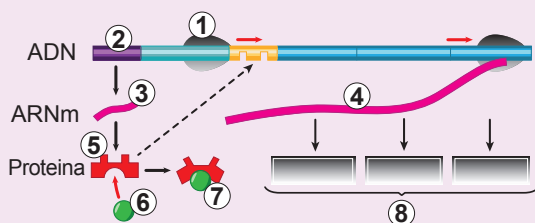
**A. Schema. B. Microfotografie.**

1 La eucariote pot fi mulți codoni de stop. De obicei, după codonul principal sunt situate câteva suplimentare, pentru a opri neapărat sinteza proteinelor. Mai mult decât atât, după cum vom vedea mai departe, în genele eucariote sunt porțiuni, care vor fi tăiate în procesul de maturizare a ARN-ului mesager. Aceste zone nu trebuie să fie translate, și deseori conțin codoni de stop pentru a preveni sinteza proteinelor incorecte în cazul încălcării maturizării lor.



acestui proces dintr-o genă se formează diferiți ARN mesageri, iar din ei – diferite proteine. Exemplu de astfel de gene poate fi gena fibronectinei. Ea conține un fragment, ce codifică o porțiune a ARN-ului, care în majoritatea celulelor nu este tăiată, adică este recunoscută ca exon. Această porțiune este responsabilă pentru combinarea cu proteinele matricei intercelulare și includerea în molecula de proteine duce la formarea formei **insolubile** a fibronectinei. Dar în celulele ficatului această porțiune este recunoscută ca intron și se taie. Aceasta duce la formarea formei **circulatoare** a fibronectinei, care este dizolvată în plasmă. Astfel, o genă codifică două proteine. Se consideră că la om astfel funcționează majoritatea genelor, de aceea cantitatea proteinelor de multe ori depășește numărul de gene, care codifică proteinele. Intronii au o poziție destul de constantă în gene, care variază puțin pe parcursul evoluției. Astfel, genele care codifică ARN mesager al eucariotelor au structură fragmentară (fig. 26.3).

Genă procaritotelor diferă semnificativ după structură de gena eucariotelor. În primul rând, în gena procaritotelor nu sunt introni. Întreaga secvență de genă este transcrisă nemijlocit până la ARN mesager. În al doilea rând, o moleculă de ARN mesager, de obicei, codifică mai multe proteine. Porțiunea de ADN, care codifică acest ARNm, este numită **operon** (fig. 26.4). Iar toate genele, din care este format operonul, au numai un singur promotor la începutul operonului. Operonul combină câteva gene ale proteinelor implicate într-un proces comun și, prin urmare, sunt sintetizate împreună. Cel mai cunoscut este operonul lactozei, care codifică trei proteine, ce participă la însușirea lactozei, și operonului triptofanului, care codifică cinci proteine implicate în biosinteza aminoacidului triptofan. Majoritatea genelor la procarote sunt combinate în operoni. Este interesant faptul că operonii uneori apar la eucariote.



**Fig. 26.4. Structura operonului lactozei**

1. ARN polimeraza. 2. Genă proteinei reglatoare. 3. ARNm a proteinei reglatoare. 4. ARNm a celor trei enzime de digestie a lactozei. 5. Proteina reglatoare. 6. Lactoza. 7. Proteina reglatoare inactivă. 8. Enzima digestiei lactozei. Atrageți atenția, că proteina reglatoare poate bloca accesul ARN polimerazei la gena enzimei numai în absența lactozei în celulă.



## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Gena eucariotelor conține informație despre  
A ARNm                                      B ARNm sau ARNt                                      C ARNt sau ARNr  
D ARNm, ARNt sau ARNr   E ARNm, ARNt, ARNr sau ADN
- 2 Dacă ARN mesager are o secvență de nucleotide ACUGGCA, atunci catena sens a ADN-ului are următoarea secvență  
A ACUGGCA   B UGACCGU   C ACGGTCA   D ACTGGCA   E TGACCGT
- 3 Indicați ordinea corectă a elementelor unei gene  
A codon de start – promotor – partea codificatoare – codon de stop – terminator  
B promotor – codon de start – partea codificatoare – codon de stop – terminator  
C codon de start – partea codificatoare – promotor – codon de stop – terminator  
D promotor – codon de start – partea codificatoare – terminator – codon de stop  
E codon de start – promotor – partea codificatoare – terminator – codon de stop
- 4 În operon sunt combinate genele, care codifică  
A proteinele membranare                      B proteinele necesare pentru biosinteza proteinelor  
C diferite ARN                                      D proteinele necesare pentru un proces                      E ARNr
- 5 Eucariotele taie intronii în timpul maturizării ARNm, fiindcă  
A ribozomul nu poate lucra cu ARNm lung  
B ARNm lungi nu pot părăsi nucleul prin porii nucleari  
C intronii conțin informație despre proteine dăunătoare  
D intronii nu codifică porțiuni ale proteinelor  
E intronii împiedică citirea exonilor

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce pentru sinteza ARNm este folosită catena antisens a ADN-ului? Este oare posibilă citirea aceleiași gene de pe catena sens?
- 7 Lungimea genei este întotdeauna mai mare decât lungimea ARNm imatură. Care sunt cauzele acestui fapt? Unde dispar fragmentele „de prisos”?
- 8 De ce la amestecarea catenei ARNm mature și catenei antisens ale ADN-ului se formează bucle?
- 9 Ce în celulă este mai mult: gene sau diferite tipuri de proteine, sintetizate pe aceste gene? Va fi oare acest raport același la eucariote și procariote și de ce?
- 10 Este oare important, în ce direcție va fi citită gena în timpul transcripției? Cum gândiți, ce determină direcția citirii?
- 11 Ce este comun între terminatorul jucat de Arnold Schwarzenegger în filmul cu aceeași denumire și terminatorul genei?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 12 Evaluează avantajele și dezavantajele sistemului structurii genei din operoni la procariote. De ce eucariotele au „refuzat” la un astfel de sistem?
- 13 Care este rolul ARN-ului nuclear mic în procesele de maturizare a ARNm?

## Află singur și comunică altora

- 14** În afară de gene, care codifică enzime, operonul include gene reglatoare. Descrie activitatea acestei reglări pe exemplul operonului lactozei al bacteriilor.
- 15** Matisarea alternativă mărește în mod semnificativ varietatea proteinelor organismului. Care este sensul acestui proces și ce boli poate provoca dereglarea lui?

## Anexa VII

### Ipoteză „o genă – o proteină”

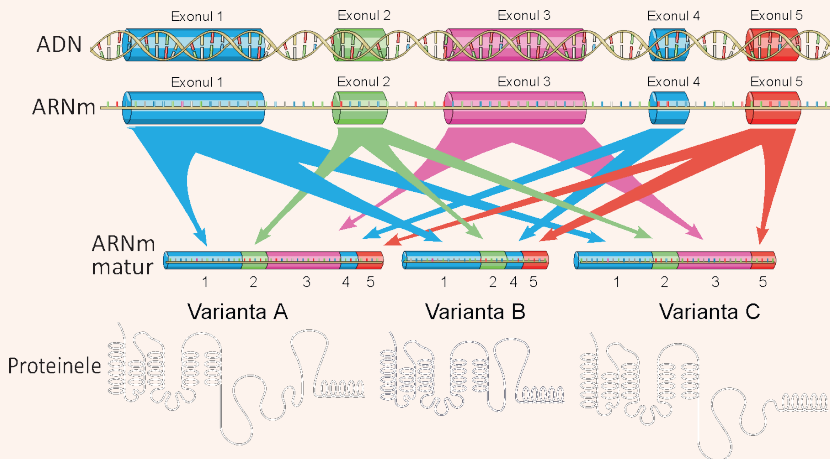
Mai demult savanții erau de părerea, că fiecărei proteine îi corespunde propria porțiune de ADN, care se numește genă și că o genă codifică o proteină. Dar, la sfârșitul secolului trecut s-a constatat, că o genă poate codifica câteva proteine, iar pentru unele porțiuni de ADN produsul final funcțional poate fi nu proteina, ci molecula de ARN.

Molecula de ARN obținută în timpul transcripției ADN-ului nu este implicată imediat în translație și sinteza catenelor polipeptidice ale proteinelor noi, ci întâi suferă o reorganizare esențială – maturizarea. Molecula de ARN numai ce sintetizată în timpul transcripției – transcriptul – include exoni și introni. În timpul maturizării moleculelor de ARN, pe lângă altele, decurge procesul matisării ei:

### Anton Abizov



A absolvit liceul fizico-matematic № 27 din Harkiv în 2005. Câștigător de concursuri și turnee naționale de biologie. Diploma de licență în fizică a dobândit-o în Institutul de Fizică și Tehnologie din Moscova, iar diploma de master în biologie la Ecole Polytechnica (Franța). Teza pentru gradul de doctorat a susținut-o la Universitatea din Grenoble-Alpes. Acum lucrează în centrul de cercetare al inflamațiilor INSERM în Franța.



**Fig. VII.1. Schema matisării alternative a unei gene cu cinci exoni**

În timpul transcripției sunt sintetizate catenele de ARN, care conțin introni și toți cei cinci exoni, dar în ARNm matur nimeresc doar câțiva exoni, deci, ca rezultat, apar trei variante de ARNm, care corespund celor trei forme ale produsului proteic.

intronii sunt tăiați, iar exonii sunt cusuți împreună și un astfel de ARN mesager matur (ARNm) reprezintă o bază pentru transcripție. În celulă pentru procesul matisării ARN-ului răspunde un complex întreg de proteine și molecule de ARN – spliceozomi.

Dar întotdeauna toți exonii sunt cusuți și se încadrează în ARNm. Unii din ei în anumite condiții în timpul matisării sunt tăiați împreună cu intronii, iar uneori unii introni nu sunt tăiați și rămân în ARNm. Ca urmare a acestui fenomen, numit matisare alternativă, are lor translația diferitor variante de proteine din aceeași genă. Schematic, procesul de matisare alternativă este demonstrat în figura VII.1.

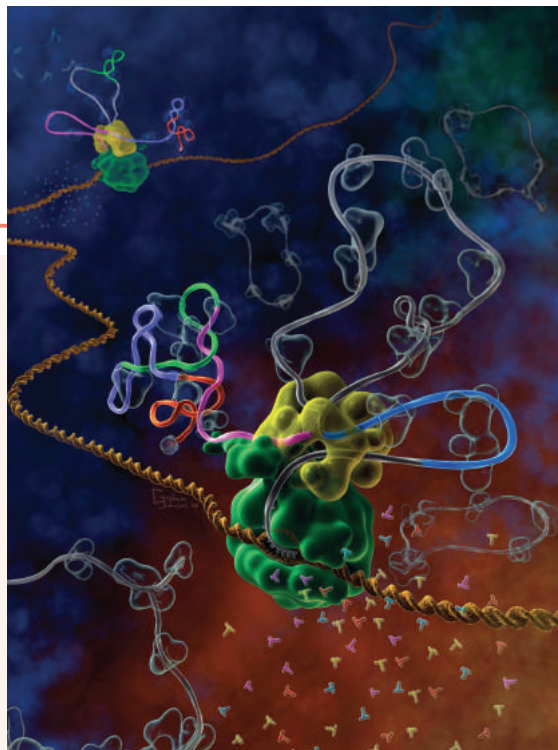
Matisarea alternativă a fost descoperită la sfârșitul anilor 1970 la adenovirusuri, dar răspândirea și importanța ei pentru organismele vii a fost înțeleasă doar recent.

În special, bazându-se pe ipoteza, că o genă codifică o proteină, cercetătorii nu au putut explica de ce la om sunt numai 23 000 de gene, ce nu cu mult depășește numărul genelor în genomul viermii cilindrici *Caenorabditis* (20 000), însă organismul uman este mult mai complicat decât la viermii cilindrici. Analiza ARN-ului mesager, realizată în 2008 de către savanții din SUA, a arătat, că matisării alternative sunt supuse până la 94% din genele umane. În același timp la *Caenorabditis*, matisării alternative se supun doar aproximativ 15% din gene. Se primește, că cu un număr similar de gene în corpul uman sunt sintetizate mult mai multe proteine diferite.

Cel mai deplin matisarea alternativă a fost studiată la drozofila, care timp de zeci de ani este un obiect preferat pentru diverse cercetări genetice. Deosebiriile dintre masculi și femele la aceste musculițe de oțet sunt determinate de o cascadă de gene interdependente, care sunt supuse matisării alternative. Iată un exemplu: sexul la drozofila este determinat de numărul de cromozomi X, care influențează asupra matisării alternative a unei gene *Sxl*. Totodată citirea proteinei funcționale *Sxl* este realizată numai la femele. Această proteină reglează matisarea alternativă a genei *Tra*, în urma acțiunii căreia proteina funcțională *Tra* este sintetizată din nou, numai la femele. La rândul său, în sistemul nervos al drozofilei proteina *Tra* reglează matisarea alternativă a genei *Fru*, dar astfel, încât proteina pe baza acestui ARNm la femele nu se formează. Ca rezultat, proteina funcțională *Fru* este numai la masculi, și anume ea determină trăsăturile de comportament, care sunt necesare pentru curțarea femelelor! Experimentul a demonstrat, că la femelele mutante cu varianta „masculă” a proteinei *Fru* de asemenea se manifestă curțarea femelelor.

### **Fig. VII.2. Matisarea alternativă cu ochii pictorului**

*Două ARN polimeraze (proteina globulară verde) se deplasează în lungul helixului bicatenar al ADN-ului (culoare galben aprins) în adâncul imaginii, sintetizând molecula de ARNm – transcriptul (prezentat ca o bandă). Transcriptul sintetizat al ARN-ului conține diferiți exoni (porțiunile colorate) și introni (porțiunile gri ale bandei). Spliceozomul (structura globulară galbenă) taie intronul următor (bucla gri de sus) și conectează capetele exonilor albastru și roz. În catena de ARN deja prelucrată (în stânga de spliceozom) este inclus exonul verde. Al doilea spliceozom (în adâncul imaginii), invers, taie exonul verde din catena sa de ARN. Intronii tăiați, care formează inele, se îndepărtează de spliceozomi.*



## § 27. Genomurile

### Genomul reprezintă totalitatea informației genetice

Să ne amintim că informația despre structura, dezvoltarea și funcționarea organismelor se păstrează în moleculele de ADN. Adesea ea este păstrată și în citoplasmă în formă de molecule de ARN citoplasmatică și ca modificării ale proteinelor asociate cu ADN-ul. Însă partea acestei informații este extrem de mică. Majoritatea ADN-ului în celulă este compactat în forma unui complex cu proteine – cromozomi. La bacterii, de obicei, este un cromozom, la eucariote – mai mulți.

De asemenea celulele conțin ADN extracromozomal. La bacterii acesta reprezintă plasmide – molecule mici de ADN, care adesea determină patogenitatea sau rezistența la antibiotici. Plasmidele sunt foarte diverse și oferă, de obicei, un anumit avantaj în mediul de existență. Astfel, în prezența unui antibiotic bacteria, care are plasmidă, ce poartă gene de rezistență, capătă un avantaj în comparație cu bacteriile lipsite de astfel de protecție. Din fericire pentru bacterii (și, din păcate pentru noi!), ele pot să se schimbe cu plasmidele sale, răspândind genele de rezistență. Însă dacă de eliminat antibioticii din mediul, în care cresc bacteriile (adică bacteriile rezistente nu vor avea avantaje), atunci bacteriile încep să-și piardă treptat aceste plasmide.

Plasmidele au fost găsite, de asemenea, și la unele eucariote unicelulare: clorela, clamidomonada și drojdiile. Aplicând metodele ingineriei genetice, savanții pot introduce plasmide în celulele eucariote în mod special pentru a le forța să sintetizeze o anumită proteină sau ARN. Însă la eucariote în cantități mari sunt molecule de ADN extracromozomal de alt tip – organite cu ADN. Mitocondriile și cloroplastele, de asemenea, au molecule de ADN, care codifică o parte a proteinelor și ARN-ului acestor organite (fig. 27.1). Cu ADN-ul mitocondriilor, cloroplastelor și plasmidelor este legată așa-numită **ereditate citoplasmatică**, adică ereditatea, care este asigurată de structurile extranucleare. Totalitatea întregii informații genetice în formă de ADN, ce se conține în celula organismului, este numită **genom**<sup>1</sup>.

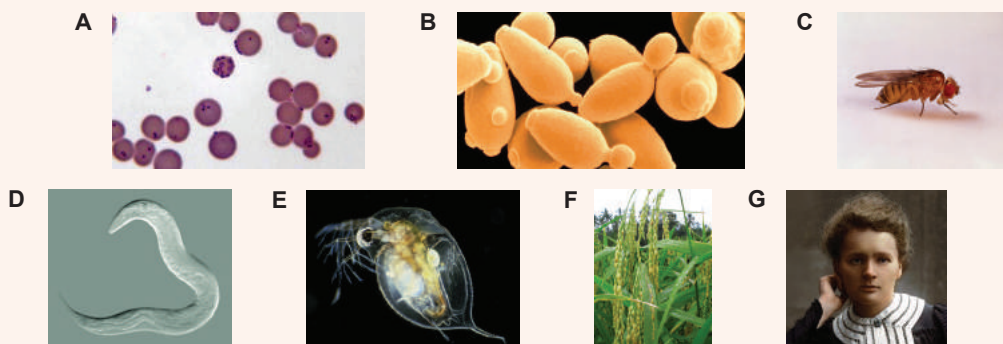
**Fig. 27.1. Frunzele mozaiccate ale multor plante – exemplu convingător al unui caracter determinat de genele cloroplastului**

*În părțile albe ale frunzei sunt cloroplaste, în care, ca urmare a mutațiilor ADN-ului este dereglată sinteza pigmentului verde – clorofilei. Aceste cloroplaste nu pot efectua fotosinteza, dar omul cultivând aceste plante cu scopuri decorative, contribuie indirect la răspândirea acestei mutații.*



<sup>1</sup> Reamintim că multe virusuri au genom din ARN. De asemenea, la multe organisme pluricelulare totalitatea ADN-ului diferă în diferitele celule și țesuturi, deci este mai corect de utilizat definiția genomului ca a totalității de ADN în zigot – celulei, care reprezintă rezultatul contopirii celulelor sexuale – gameților.





**Fig. 27.2. Exemple de organisme și dimensiunile genomurilor lor**

**A.** Micoplasme în eritrocitele umane (500 de gene). **B.** Drojdie pentru panificație (5800 de gene). **C.** Musculița de oțet drozofila (13 600 de gene). **D.** Nematodul *Caenorabditis* (18 500 de gene). **E.** *Daphnia* Crustaceul cladocer purecele de baltă (31 000 de gene). **F.** Orezul (40 000 de gene). **G.** Omul înțelept (23 000 de gene).

## Numărul de gene în celulă nu depinde de complexitatea organismului

Numărul de gene în genomul organismelor diferite variază considerabil. De obicei se manifestă următoarea regulă: la eucariote sunt mai multe gene decât la procariote, la organisme pluricelulare sunt mai multe gene decât la unicelulare (fig. 27.2). Demni de atenție sunt paraziții intracelulari, care au mai puține gene decât rudele lor neparazite. Astfel, la bacteriile libere setul minim este aproximativ de 1500 de gene, iar la bacteriile-paraziți intracelulari (de exemplu, la micoplasmă, care la om provoacă diferite tipuri de pneumonie atipică și boli ale sistemului reproductiv) – aproximativ 500 de gene. La eucariotele unicelulare numărul minim de gene este aproximativ de 5000, la pluricelulare – 13 000. La plantele superioare și mamifere – de obicei, 25 000 de gene. Cu toate acestea, numărul de gene în interiorul grupurilor pot varia foarte mult. Astfel, genomul musculiței de oțet drozofilei conține 13 600 de gene. Iar la viermele cilindric microscopic *Caenorabditis*, care trăiește în putregaiuri vegetale – 18 500. Recordul pentru numărul de gene printre animalele examinate aparține crustaceului mic purecelui de baltă – 31 000 de gene. Prin acest fapt el a depășit în mod semnificativ omul cu cele 23 000 de gene. Însă genomul orezului este și mai mare – 40 000 de gene. Se lămurește aceasta prin faptul că genele dafniei și orezului conțin câte mai multe copii. Dimensiunea genomului de asemenea nu întotdeauna este proporțională cu numărul de gene. La drojdia de panificație 5800 de gene cu dimensiunea genomului de 12,2 milioane de perechi de baze, iar la drojdie de o altă specie – 5000 gene, cu toate că genomul este mai lung – 14,1 milioane de perechi. Acest paradox se explică prin faptul, că în genom, în afară de gene, sunt de asemenea și secvențe necodificatoare de ADN.

## Nu tot ADN-ul eucariotelor este format din gene

La întrebarea, ce se conține în genom, primul răspuns care apare – gene. Într-adevăr, genele reprezintă un component obligatoriu al genomului tuturor organismelor vii<sup>1</sup>. Dar genele nu sunt situate una după alta într-un lanț continuu – între ele se află **ADN intergenic**. Această parte a ADN-ului nu codifică molecule de ARN, și transcripția pe el

1 Dar la plante există ARN infecțios special – virusi, care este capabil să se reproducă în mod independent, și complet nu conține gene. Desigur, aceste ARN nu sunt mai vii decât virusurile.

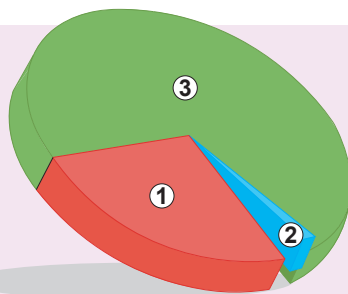
nu decurge<sup>1</sup>. Frecvența mutațiilor în aceste porțiuni este foarte mare, deoarece mutațiile în ele, de obicei, nu duc la tulburări ale funcționării organismului. Astfel de mutații nu sunt dăunătoare și, spre deosebire de mutațiile genelor, nu sunt îndepărtate, deoarece nu au nici o influență. La bacterii astfel de intervale intergenice sunt foarte scurte și conțin doar câteva nucleotide. Dar dacă ne vom uita în interiorul secvenței de ADN uman, atunci, spre surprinderea noastră, o să descoperim că intervalele dintre gene pot fi formate din mii, zeci de mii sau chiar sute de mii de perechi de nucleotide ale secvențelor necodificatoare ale ADN-ului.

## La om, doar o mică parte a ADN-ului codifică proteine

În om ADN-ul, care codifică ARN și proteine, constituie doar 1,5% din tot ADN-ul cromozomial. Prezența unui astfel de genom imens necodificatoare la eucariote (în special multicelulare), timp îndelungat rămânea o enigmă pentru savanți. La început el era considerat inutil și numit disprețuitor „ADN-ul gunoi”. Însă s-a adevărit, că acest ADN nu este într-atât de inutil<sup>2</sup>. Astfel, să examinăm, care secvențe există în genomul omului (fig. 27.3).

După cum am văzut deja, exonii, care codifică ARN și proteinele alcătuiesc 1,5% din ADN. Intronii reprezintă aproximativ 26%. Încă aproximativ 25% constituie material intergenetic necodificator, care include elemente de reglare, precum și gene moarte nefuncționale, care cândva lucrau. Peste 5% sunt reprezentate de repetări de diferite grade de dificultate: de la simple (astfel ...ACACACAC... și așa de sute de ori) până la mult mai complexe.

Însă cea mai mare parte a genomului rămasă (aproximativ 45%) este așa-numitul ADN dinamic. Acest ADN este capabil să-și schimbe poziția sa în genom și chiar să se multiplice prin ridicarea numărului de copii ale sale. O parte considerabilă din acest ADN (peste 8%) reprezintă virusuri moarte, care s-au incorporat cândva în genomul strămoșilor noștri, dar și-au pierdut patogenitatea. Acum ele pasiv călătoresc în timp împreună cu noi. O mare parte a acestui ADN mobil a devenit „imobil”: a căpătat mutații, care au lipsit-o de capacitatea de a „sări” prin genom. Dar secvența de nucleotide indică la originea ei de la strămoși mai „dinamici”. ADN-ul dinamic face parte din așa-numitul ADN „egoist”. El trăiește în genom cu viața sa, se reproduce, poate chiar dăuna neintenționat. Imaginați-vă, că un fragment al acestui ADN „săritor” se încorporează într-un exon al genei, ce codifică proteina. Aceasta duce inevitabil la pierderea funcției genei. Multe gene „moarte” în genomul nostru poartă urme de un astfel de „bombardamente”. Cu toate acestea, celula are un sistem de protecție al genomului de la acest ADN „furtunos” și se străduie să-l neutralizeze. Celula chiar folosește acest ADN pentru scopurile proprii. Problemele legate de ADN-ul „egoist” savanții continuă să le cerceteze activ.



**Fig. 27.3. Compoziția genomului uman**

1. Intronii. 2. Secvențele, care codifică proteine. 3. Secvențele, care nu codifică proteine.

1 Studiile recente arată, că transcripția totuși decurge, dar este efectuată foarte specific și nu se știe pentru ce

2 Deși gunoiul acolo este destul.

# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1** În rezultatul cercetării celulei a fost identificat numai un cromozom și câteva plasmide. Cel mai probabil, că obiectul de studiu este
  - A** omul
  - B** fluturele lămâița
  - C** viermele *Caenorabditis*
  - D** clorela
  - E** bacteria dizenterică
- 2** La ereditatea citoplasmatică NU aparține așa tip de material ereditar, ca
  - A** plasmidă de ADN
  - B** ADN-ul mitocondrial
  - C** ADN-ul cloroplastelor
  - D** ADN-ul amiloplastelor
  - E** ADN-ul cromozomial al eucariotelor
- 3** Succesiunea corectă a organismelor în ordinea de creștere a genelor în genomul lor este:
  - A** micoplasma – ursul – amiba
  - B** bacilul tuberculozei – drojdia de panificație – șoarecele săritor
  - C** bacteria anginei – purecele de baltă – musculița de oțet
  - D** omul – viermele *Caenorabditis* - clorela
  - E** orezul – veverița – bacteriile lactice
- 4** Alegeți afirmația corectă:
  - A** în genomul paraziților sunt mai multe gene, decât în genomul neparaziților
  - B** în genomul eucariotelor pluricelulare sunt mai multe gene ca în genomul celor unicelulare
  - C** numărul de gene în genom scade în urma copierii
  - D** în genomul orezului este același număr de gene ca și la om
  - E** în genomul omului gene sunt mai multe decât în genomul purecelui de baltă
- 5** Pericolul ADN-ului dinamic constă în faptul că
  - A** poate rupe ADN-ul
  - B** distruge ARN-ul
  - C** blochează transcripția
  - D** rupe genele proteinelor
  - E** consumă energia celulei

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** De ce cursul de antibiotici trebuie să continue, chiar dacă simptomele au dispărut?
- 7** De ce plantele cu colorație mozaicată sunt destul de comune în sere, dar aproape lipsesc în natură?
- 8** Numiți proprietățile organismului, de care depinde numărul de gene în genom.

- 9 Care părți ale genomului uman sunt cele mai stabile și cele mai conservative și de ce?
- 10 În ce forme există ADN în celulele organismelor eucariote și procariote? Care sunt cauzele acestor deosebiri?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Miopatia mitocondrială este cauzată de tulburări în ADN-ul mitocondrial uman. De ce boala este transmisă de la mama bolnavă la copil și nu se transmite de la tatăl bolnav?
- 12 Cum elementele genetice mobile reușesc să „călătorească” prin genom? Sunt oare ele folositoare pentru organism?
- 13 Ce gene sunt în ADN-ul cloroplastelor? De ce pentru celulă s-a dovedit mai avantajos să le păstreze acolo, decât în cromozomii nucleului?

### Află singur și comunică altora

- 14 Porțiunile intergenice ale genomului uman pot fi utilizate pentru identificarea persoanei. Care părți ale genomului sunt aplicate cu acest scop și cum?
- 15 Dimensiunea genomului nu este legată de complexitatea lui și diferă considerabil chiar și la organisme înrudite. Oamenii de știință numesc acest lucru paradoxul valorii C. Cum știința modernă explică acest paradox?

## Anexa VIII

### Cum a fost descifrat genomul?

A descifra genomul unui organism înseamnă a afla secvența nucleotidelor în acizii lui nucleici. Anume această secvență și determină organizarea unui anumit organism.

Primul genom descifrat (savanții spun „secvențiat”<sup>1</sup>) a fost genomul bacteriofagului MS2. Bacteriofagii sunt virusuri ai bacteriilor, și ei au avut noroc să fie descifrați, în primul rând, nu pentru că sunt foarte importanți. Pur simplu în 1976, când a fost descifrat genomul bacteriofagului MS2, era foarte accesibil acidul lui nucleic – ARN-ul. Și acest ARN a fost ultrascurt: doar 3569 nucleotide și patru gene pentru a sintetiza patru proteine.

Majoritatea organismelor păstrează informația sa ereditară într-o moleculă de ADN, care este mai stabilă. Și următorul pas ar fi fost descifrarea secvenței lui. Aici din nou bacteriofagul a avut noroc pentru a intra în istorie: grupul de cercetare a lui Frederick Sanger a descifrat secvența de nucleotide în ADN-ul bacteriofagului φX174. În el s-a dovedit să fie 5386 perechi de nucleotide și 11 gene.

Dimensiunile genomurilor creșteau, ca și „poftele” cercetătorilor. Până în 1995 s-a reușit să se descifreze genomul primului organism celular. Acesta a fost bacteria bacilul hemofilic, în genomul căreia sunt aproximativ 1,8 milioane de perechi de nucleotide și 1789 gene.

1 Din engleză *sequence* - secvență.

### Mikita Kaliberda



A absolvit școală generală № 50 A. S. Makarenko din Lviv în 2003. A studiat la Universitatea Națională Ivan Franko din Lviv. Lucrarea de master a fost îndeplinită la Institutul de Biologie Celulară ANȘ din Ucraina. Este profesor de biologie și chimie la școală generală № 50 A. S. Makarenko din Lviv. Membru al juriului turneului național al tinerilor chimiști.



Primul organism eucariot cu genom secvențiat au fost drojdiile de panificație. Spre bucuria lumii științifice, trecerea de la procariote cu un cromozom la eucariote cu mulți cromozomi (și, prin urmare, molecule de ADN), a fost ușoară și fără probleme. Pentru eucariote genomul este un set ereditar haploid de cromozomi. Deja în anul 1996 secvența tuturor celor 12 mil. de perechi de nucleotide și celor 16 cromozomi ai genomului drojdiilor a fost publicat în revista științifică Science. S-a dovedit, că pentru existența unui dintre cele mai simple organisme nucleare le sunt necesare doar 6692 de gene!

Iar referitor la ceva mai complicat – la organismele pluricelulare? Primul animal cu genomul descifrat a fost viermele cilindric *Caenorabditis* cu lungimea de 1 mm. În fiecare din miile lui de celule sunt până la 103 mil. de perechi de nucleotide și 20,4 mii de gene. Prima plantă „descifrată” a devenit găscărița Tali (savantii o numesc *Arabidopsis*). Această plantă, care crește în Ucraina, conține în genom 5 cromozomi cu 136 mil. de perechi de nucleotide, care codifică 27,7 mii de gene.

Aceste succese au inspirat la secvențierea genomului celui mai important organism, după părerea omului, – a omului înțelept! Proiectul „Genomul uman” a fost lansat în 1990, iar genomul complet a fost publicat în 2003. Și totuși unele porțiuni mici ale ADN-ului (aproximativ 1%) până în prezent nu au reușit să le descifreze din cauza naturii lor de organizare și metodelor de secvențiere. Genomul uman conține 3,1 mld. de perechi de baze și aproximativ 23 mii de gene. Însă la femei sunt cu 57 mil. de perechi de nucleotide (aproximativ 2%) și cu 71 gene mai puține din cauza lipsei cromozomului Y. Mulți savanți s-au mirat de faptul, că numărul de gene la om este aproape egal cu numărul lor ca și la un vierme de un milimetru lungime *Caenorabditis*, cu toate că perechile de nucleotide sunt de 30 ori mai multe!

La momentul dat, recordul printre genomurile descifrate aparține genomului de orz, care conține 5,3 mld. de perechi de nucleotide. Deși sunt genomuri mai mari, ele încă nu sunt descifrate.

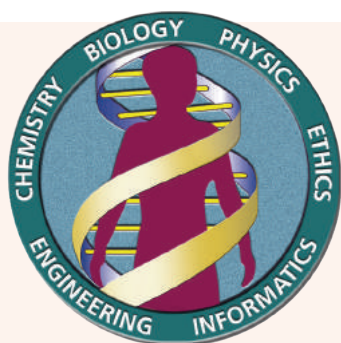
La sfârșitul anului 2016 a fost descifrată secvența de nucleotide a genomurilor aproximativ de 140 animale pluricelulare și 150 protozoare, 45 plante, 200 ciuperci și câteva zeci de mii de specii de bacterii și arhee.

Pentru ca genomul să fie descifrat, organismul trebuie să fie important pentru știință, viața cotidiană sau industrie. De exemplu, bacilul intestinal, musculița de oțet, șoarecele sau cimpanzeul sunt organisme-model, adică obiecte biologice clasice, care sunt folosite pentru a studia diverse procese și legități. De aceea, ca mai bine să se înțeleagă ce se întâmplă cu ei în timpul experimentelor, trebuie să se știe, care gene sunt la ele și modul în care acestea funcționează. Mai mult decât atât, descifrarea genomului virusului de gripă, bacteriei de tuberculoză și difterie, plasmodiului malaric este importantă pentru a crea medicamente contra bolilor, pe care le provoacă. Genomurile grâului, cartofului și vacii sunt importante pentru agricultură: cunoscând ace-

ste genomuri, poate fi ridicată productivitatea acestor specii sau mai bine de le protejat de boli. Iată de ce genomurile acestor organisme sunt deja secvențiate.

Pe lângă aceasta, cu cât mai mic este genomul organismului, cu atât mai simplu și mai ieftin este să-l descifreze. Genomurile mici ale bacteriilor sunt rapid și ieftin supuse la secvențiere. Acesta este motivul de ce genomurile multor specii de bacterii au fost descifrate.

Odată cu introducerea metodelor noi automatizate și economice de secvențiere, prețul lor permanent se reduce. Dacă la începutul anilor 2000 prețul de decodare a 1000 de nucleotide a fost aproximativ 5000 de dolari SUA, acum este mai mică de un cent. Adică timp de numai 15 ani, prețul a scăzut la o jumătate de milion de ori! Astăzi secvențierea genomului uman ar costa doar 1 000 de dolari SUA, în timp ce întregul proiect „Genomul uman” a costat 18 mil. de dolari! Posibil că în curând cu prețul unui nou smartfon va fi posibil de obținut întreaga secvență de nucleotide a genomului propriu!



**Fig. VIII.1** Logotipul proiectului „Genomul uman”

## § 28. Ciclul celular. Mitoza

### Ciclul celular este perioada existenței celulei de la momentul apariției ei până la diviziunea următoare

Reproducerea este o parte inseparabilă a vieții. Toate organismele vii sunt sisteme autoreproducătoare, adică astfel, care pot să se înmulțească<sup>1</sup>. Reproducerea este caracteristică și celei mai mici unități a naturii vii – celulei. Reproducerea celulei necesită replicarea ADN-ului: celulele se multiplică prin diviziune, formând altele două identice. Cel mai simplu este procesul de diviziune a celulei bacteriene. Practic la bacterii este un cromozom, dublarea căruia decurge concomitent cu diviziunea celulară. Plasmidele bacteriilor, de obicei, au un număr mare de copii (de la 10 până la 1000 de copii în celulă). Ele în mod ocazional sunt distribuite între cei doi urmași, dar din cauza numărului mare al copiilor sale în fiecare celulă nimeresc cel puțin câteva din ele, asigurând transferul și păstrarea lor. Aproximativ în același mod este efectuată repartizarea mitocondriilor și cloroplastelor la majoritatea eucariotelor. Ele se înmulțesc indiferent de genomul nuclear, și apoi, în procesul de diviziune, sunt repartizate între generații<sup>2</sup>.

Dar genomul nuclear totul este mult mai complicat. Genomurile mari eucariote sunt organizate sub forma mai multor cromozomi, care sunt prezente în nucleul într-un număr fix de copii (unul sau mai multe). Pentru aceste celule apare problema de repartizării cromozomilor între celule descendente. Această problemă a cauzat apariția la eucariote a procesul dificil de diviziune a nucleului cu păstrarea numărului de cromozomi – **mitoza**. În timpul desfășurării mitozei are loc repartizarea cromozomilor celulei materne între cele două celule fiice, iar apoi – diviziunea și diviziune citoplasmei între aceste celulele. O caracteristică importantă a eucariotelor este separarea obligatorie în timp a proceselor de replicare a ADN-ului și diviziunii celulei<sup>3</sup>. Celula eucariotă, sau ca un organism independent sau a embrionului animal, trece succesiv prin etapele de replicare a genomului și diviziune. Această alternanță a etapelor în ciclului vital al celulei, care se repetă, este numită **ciclu celular**.

### Interfaza este perioada între diviziunile celulare

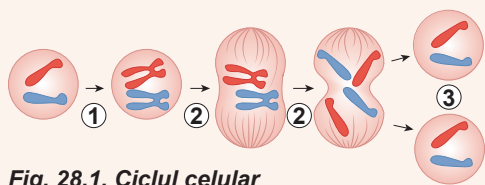
După cum am văzut, diviziunea celulară la eucariote este repartizată în timp cu de replicarea ADN-ului. De aceea în intervalul de timp dintre două mitoze (diviziuni celulare), trebuie să decurgă replicarea întregului genom nuclear. Acest interval de timp între două mitoze este numit **interfază**. În rezultat cantitatea de ADN în nucleu crește de două ori. Dacă în celulele organismului este câte o copie a fiecărei molecule de ADN, atunci în procesul de replicare numărul lor se dublează. În celulele drojdiilor de panificație imediat după diviziunea celulară în nucleul se conține 16 molecule diferite de ADN (16 cromozomi). Înainte de următoarea diviziune numărul de molecule de ADN se dublează – deja sunt 32. Iar la om în nucleu sunt 2 copii<sup>4</sup> a fiecărei din 23 de molecule de ADN (o copie

1 Această capacitate este pierdută de unii indivizi a insectelor și mamifere sociale.

2 Drept excepție sunt unele alge unicelulare cu un singur cloroplast. În acest caz diviziunea cloroplastului este combinată cu diviziunea celulară.

3 La bacterii de obicei nu există limitări speciale în timp pentru replicare. În condiții favorabile ea decurge, practic, în mod continuu, generând tot noi și noi cromozomi, care sunt repartizați între generații. Într-un mod similar se replica ADN-ul mitocondriilor și cloroplastelor.

4 Toțișii acestea nu sunt copii identice: ele sunt similare după compoziția genelor și localizarea lor, dar singurele gene pot varia.



**Fig. 28.1. Ciclul celular**

1. Replicarea ADN-ului. 2. Mitoza.
3. Două celule diploide.

noi am moștenit-o de la tată, al doilea – de la mamă), adică 46 de molecule de ADN (cromozomi). Înainte de mitoză numărul lor se dublează – în celule apare 4 exemplare din fiecare moleculă de ADN.

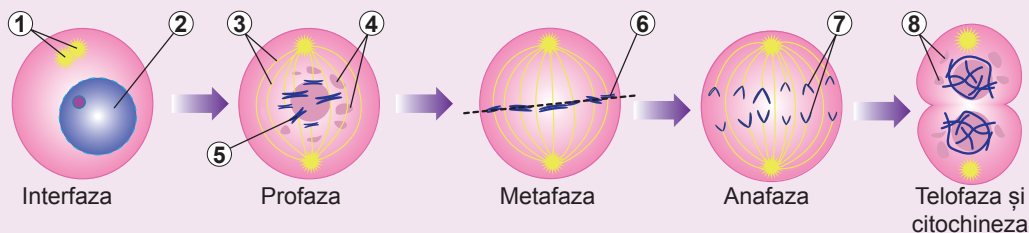
După cum ne amintim, la eucariote ADN-ul formează complexe stabile cu proteine – cromozomi, în forma cărora el există în celulă. Imediat după mitoză nucleul celulei omului conține 46 de molecule de ADN organizate sub forma a 46 de cromozomi în formă de bastonașe. În această stare se află ADN-ul majorității celulei corpului nostru. Înainte de următoarea diviziune celulară cantitatea ADN-ului, după cum

numai am aflat, trebuie să se dubleze. Dar molecula nouă și veche de ADN sunt unite fizic una cu alta, fără a se împărți în cromozomi separați. În acest moment cromozomul în formă de bastonaș capătă aspectul literei X. despre un astfel de cromozom se spune, că este format din două cromatide. Fiecare cromatidă corespunde întregului cromozom înainte de replicarea ADN-ului. Repartizarea cromatidelor are loc numai în timpul mitozei<sup>1</sup> (fig. 28.1).

După cum știm, cromozomii eucariotelor sunt mult mai lungi decât cei ai procariotelor, de aceea pentru ridicarea vitezei dublării lor replicarea este inițiată în mai multe puncte ale cromozomului. Furcile replicative se deplasează una spre alta și apoi se unesc. O caracteristică foarte importantă a replicării eucariotelor constă în faptul, că fiecare punct de inițiere a replicării este declanșat o singură dată timp de un ciclu celular, de aceea ADN-ul se dublează întreg, uniform pe toată lungimea, și doar o singură dată. Prin aceasta replicarea cromozomilor eucarioți diferă semnificativ de replicarea celor procarioți.

## Mitoza decurge câteva etape

Acum să examinăm mai detaliat, cum se desfășoară diviziunea pe exemplul celulelor umane. În timpul interfazei are loc replicarea ADN-ului, și acum în nucleu sunt 92 moleculele de ADN (câte 4 copii ale fiecărei din cele 23), care au aspectul de 46 de cromozomi în formă de X.



**Fig. 28.2. Interfața și fazele mitozei**

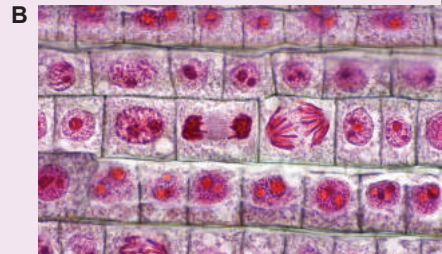
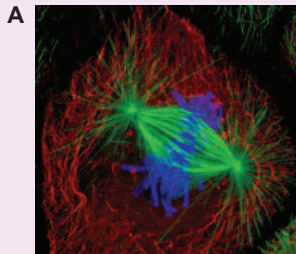
1. Centrul celular. 2. Nucleul. 3. Fusul de diviziune. 4. Fragmentele membranei nucleare.
5. Cromozomul. 6. Placă metafazică. 7. Cromozomii fiice. 8. Formarea membranei nucleare.

1 Se înțelege, că după dublarea ADN-ului, cromozomul uman nu dobândește exact aceeași formă: în nucleu el este friabil, dezordonat. Compactarea cromozomului și căpătarea unei forme de X se va întâmpla nemijlocit în mitoză.

**Fig. 28.3.**

**A.** Metafaza mitozei celulelor animale, colorația cu anticorpi fluorescenți. Albaștri – cromozomii, verzi – filamentele fusului de diviziune.

**B.** Diferite stadii ale mitozei în celulele rădăcinii de ceapă.



Mitoza va decurge în mod succesiv în câteva faze. Durata și particularitățile acestor faze se deosebesc la diferite tipuri de celule, dar succesiunea și trăsăturile lor principale rămân neschimbate. Iată o scurtă descriere a fazelor mitozei (fig. 28.2).

**Profaza** este prima fază a mitozei. În profază are loc compactizarea cromozomilor: ei capătă forma unui X. Acest proces se numește **spiralizarea cromozomilor**. Spre sfârșitul profazei membrana nucleară se descompune și se formează o structură specială a citoscheletului – **fusul de diviziune**. El se extinde de la polii celulei spre ecuatorul ei. Fusul de diviziune răspunde de repartizarea exactă a cromozomilor între celulele-fiice.

**Metafaza:** toți cromozomii se aliniază în planul ecuatorial al celulei, formând placa metafazică (pe imagini, de obicei, sunt arătate secțiunile lor transversale, de aceea el are aspectul unei linii). Fiecare cromozom se conectează de fibrele fusului de diviziune datorită centromerelor în așa mod, că diferite cromatide interacționează cu filamente direcționate spre diferiți poli ai celulei.

**Anafaza** este o etapă foarte importantă a mitozei. Aici trebuie remarcat următorul fapt. În primul rând, setul de ADN în celulele omului este dublat, în mitoză celula intră cu un set împătrit de ADN. El se împarte în două seturi duble. În al doilea rând, deși fiecare dintre cromozomi la om este prezentat în două exemplare, însă **aceste copii nu sunt identice între ele**. Cromozomul matern și patern diferă după anumite secvențe ale ADN-ului. În interfază ADN-ul se dublează și cromozomul în formă de X este alcătuit din **două cromatide identice**. În anafază filamentele, fixate de cromatide, începe să se contracteze, trăgând cromatidele în direcții opuse. Cromatidele se împart, transformând cromozomul în formă de X în două bastonașe. Ca rezultat, setul dublu de ADN se împarte în două identice. Dar acum fiecare cromozom este format nu din două cromatide, ca la începutul mitozei, ci numai din una.

**Telofaza:** fiecare set de cromozomi începe să fie înconjurat de propriul înveliș, iar fusul de diviziune se descompune. Cromozomii își pierd structura sa compactă – se despiralizează.

Celula începe diviziunea fizică – **citochineza**. La animale citochineza se realizează prin formarea constricției între cele două celule fiice. Această constricție se îngustează spre centru, eliberând celulele una de alta. Examinați figura 28.3, în care este demonstrată mitoză în celulele animale și vegetale. Iar, cum decurge mitoză la embrionul musculi-ței de oțet puteți urmări **video, accesând linkul**.





## Rezultatul mitozei sunt două celule noi, identice celei parentale

În rezultatul mitozei o celulă se divide în două identice, cu același număr de cromozomi, dar cu cantitatea de ADN de două ori mai mică ca până la diviziune. Apoi, aceste celule își dublează setul de ADN în timpul interfazei și din nou intră în mitoză. Astfel, celulele care se divid prin mitoză, păstrează setul de cromozomi și rămân genetic identice între ele.

Majoritatea covârșitoare a celulelor corpului nostru nu se divid. Ele au 46 de cromozomi în formă de bastonaș. În aceste celule ciclul celular s-a oprit la un anumit moment. Dar sunt celule, așa ca celulele stratului germinativ al epidermei pielii, care se divid în mod continuu. Unele celule în mod normal nu se divid, dar pot începe procesul de replicare a ADN-ului și diviziunea ulterioară. Astfel, de exemplu, sunt hepatocitele – celulele ficatului. După cum se știe, ficatul poate să se restabilească după înlăturarea unor părți ale lui în timpul intervențiilor chirurgicale. Însă nu toate celulele își pot astfel reînnoi ciclul celular. De exemplu, neuronii omului nu pot intra în mitoză după ce se specializează și își găsesc poziția sa în sistemul nervos. Astfel, însemnătatea biologică a mitozei constă în asigurarea creșterii organismului pluricelular prin formarea celulelor noi. Procesele de regenerare și reînnoire a țesuturilor de asemenea se bazează pe acest tip de diviziune celulară. Iar pentru eucariotele unicelulare mitoză este principala metodă de reproducere.

## Punctele de control ale ciclului celular reprezintă locul controlului disponibilității la procesele ulterioare

Ciclul celular este un proces destul de complex, care necesită un control strict din partea celulei. Etapele trebuie să urmeze una după alta, iar fiecare următoarea etapă trebuie să se înceapă numai după terminarea celei precedente. Dacă mitoză începe până la finalizarea replicării ADN-ului, aceasta va duce inevitabil la ruperea ADN-ului și tulburările integrității fizice a cromozomilor. Începutul îndepărtării cromozomilor în anafază înainte ce filamentele fusului de diviziune se fixează cu toți cromozomii poate duce la repartizarea inegală a cromozomilor între celulele-fiice: una poate obține cromozomi de prisos, iar cealaltă – primește mai puțini.

În ciclul celular există anumite puncte de control, trecerea cărora este posibilă numai după finalizarea fazei anterioare a ciclului celular și garantează trecerea la următoarea. Există trei puncte principale de control. Primul este responsabil pentru inițierea procesului de replicare a ADN-ului și pregătirea pentru diviziune. Al doilea – pentru verificarea calității și caracterul complet al replicării și gradul de pregătire de mitoză. Al treilea deja în mitoză – pentru verificarea fixării filamentelor fusului de diviziune de cromozomi. Acest punct de control declanșează anafaza.

Studiul trecerii primului punct de control, care este responsabil pentru intrarea în diviziunea celulară, va contribui la îmbunătățirea metodelor de regenerare a țesuturilor și organelor. Dar există și un alt motiv al importanței cercetării lui. Intrarea necontrolată a celulelor în mitoză reprezintă principala cauză a mortalității în lumea actuală. Celula organismului, care începe în mod continuu și necontrolabil să intre în procesul de diviziune celulară, în cele din urmă formează tumoare. Studiul controlului ciclului celular poate arăta cum poate fi stăpânit sau chiar învins cancerul.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Celula are 92 cromozomi în

A interfază

B profază

C metafază

D anafază

E telofază

- 2** Necesitatea mitozei la eucariote este cauzată de  
**A** viteza înaltă de diviziune    **B** lungimea cromozomului  
**C** număr mare de cromozomi  
**D** numărul mare de mitocondrii și cloroplaste în celulă    **E** număr mare de plasmide
- 3** Două celule sunt aproximativ egale după volum, se formează în rezultatul procesului de  
**A** condensare a cromozomilor    **B** citochineză    **C** formare a fusului de diviziune  
**D** dublare    **E** replicare
- 4** Pe microfotografie este demonstrată celula, care se află la stadiul de  
**A** profază  
**B** metafază  
**C** anafază  
**D** telofază  
**E** interfază
- 5** Cantitatea materialului ereditar se dublează în timpul  
**A** profazei    **B** anafazei    **C** metafazei    **D** telofazei    **E** interfazei



### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** La cine diviziunea este efectuată mai rapid și mai des: la eucariote sau procariote? De ce este aceasta cauzat?
- 7** Pe imaginea etapelor mitozei în celulele rădăcinii de ceapă (*fig. 28.3*) găsiți diferitele faze ale mitozei. Explicați după care criterii ați reușit să faceți aceasta.
- 8** Cromozomii celulei inițiale sunt similare, dar ceva diferă, deoarece sunt obținute de la părinți diferiți. Se va păstra oare această diferență la celulele, care sunt formate în rezultatul diviziunii, și de ce?
- 9** Pentru care celule este caracteristică interfaza scurtă și mitoza frecventă? De ce este imposibilă efectuarea a două mitoze succesive fără interfază?
- 10** Poate oare să decurgă mitoza fără una din fazele sale? Prognozați urmările lipsei diferitor faze ale mitozei.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care celule ale omului matur nu sunt capabile să se dividă? De ce depinde această particularitate a acestor celule?
- 12** Fusul de diviziune reprezintă nu fire elastice simple, ci un mecanism complicat. Din care părți este alcătuit fusul de diviziune? Cum funcționează fusul, care deplasează cromozomi spre poli?

### Află singur și comunică altora

- 13** În rezultatul pierderii de către celulă a controlului asupra ciclului celular în organism începe să crească tumoarea. Care sunt deosebirile dintre tumorile benigne și maligne? Cum se poate de luptat cu tumoarea?
- 14** Care sunt urmările repartizării incorecte ale cromozomilor în anafază? De ce depinde frecvența acestor tulburări?
- 15** Celulele noi pot să fie formate din celule stem, care permanent se divid. Caracterizați particularitățile celulelor stem. Cum aceste celule sunt utilizate în medicină?

## Anexa IX



### Arsenii Zabirnik

A absolvit liceul fizico-mate-matic № 27 din Harkiv în 2004. Câștigător de olimpiade și turnee naționale de biologie. A studiat la Universitatea națională

V. N. Karazin din Harkiv. A susținut teza pentru gradul de doctorat de la Institutul de Biologie Moleculară și Genetică din St. Petersburg. Acum lucrează la Institutul de Medicină Fundamentală a Universității din Oslo.

### Celulele canceroase nu pot să înceteze să se dividă

Cancerul este una din formele de tumori maligne, care cresc din celulele țesutului epitelial. Însă mai des termenul „cancer” este folosit într-un sens mai larg – pentru a însemna întregul spectru al bolilor asociate cu dezvoltarea tumorilor maligne. Există diferite teorii ale dezvoltării cancerului, dar toate ele reflectă numai diferitele părți ale aceluiași proces: afectarea materialului genetic al celulelor, care duc la pierderea controlului asupra diviziunii celulare și ca rezultat la apariția tumorilor. După aprecierea savanților, ca celulele să devină canceroase, în ele trebuie să se acumuleze de la 3 până la 10 mutații

independente. Aceste mutații dereglează funcționarea genelor, care suprimă tumorile și, invers, activează genele, care înlesnesc transformările canceroase. În fiecare zi, în organismul omului, se formează celule mutante, din care se poate dezvolta cancerul, dar dezvoltarea lui este împiedicată de numeroase obstacole. Și numai celula, care a depășit toate obstacole, a devenit canceroasă.

Celula tumorală trebuie să devină autosuficientă pentru a obține semnale de inițiere ale diviziunii, deoarece în stare normală pentru începutul diviziunii celulare trebuie să se obțină stimul din exterior în formă de factor de creștere. Celulele canceroase pot evita această dependență prin sintetizarea propriilor factori de creștere. În afară de aceasta, la unele celule canceroase sunt forme mutante de proteine specifice, care se comportă ca un buton scufundat de soneria de intrare: trimite în continuu semnale pentru diviziunea celulară. Dar aceasta este suficient pentru diviziunea celulară necontrolată, deoarece va fi oprită de semnalele de încetare a creșterii de la celulele normale din jur. Însă celulele canceroase pot dobândi rezistență la aceste semnale.

De obicei, tumoarea și o mulțime de colonii ale ei (metastaze), apar doar dintr-o singură celulă canceroasă primară. Și pentru ca dintr-o celulă microscopică să poată să apară o tumoare, celulele canceroase trebuie să fie capabile la diviziune și creștere permanentă. În mod normal, majoritatea celulelor organismului au capacitatea să se dividă un număr limitat (aproximativ 50). Această limitare este cauzată de o reducere la fiecare diviziune a secvențelor specifice la capetele cromozomului – telomerilor. După scurtarea critică a telomerilor celulele mor. Dar celulele canceroase pot sintetiza enzima telomeraza, care „completează” telomerii după fiecare divizie.

În mod normal, celulele cu tulburări ale diviziunii și specializării sunt distruse. Însă celulele canceroase dobândesc capacitatea de a evita detectarea și distrugerea sa. Totodată celulele canceroase devin nesensibile la mecanisme externe, care declanșează distrugerea celulelor. Ele, de asemenea, se camuflează cu succes pentru a evita detectarea de anticorpi și celule ucigașe ale sistemului imunitar.

Pare destul de neobișnuit, că celula canceroasă învinge toate acestea, precum și multe alte bariere, care nu sunt menționate aici. Dar în aceasta nu este nimic surprinzător: ea luptă nu singură! Celula canceroasă începe să se dividă, iar mecanismele pentru a preveni mutațiile și restructurările genomice sunt semnificativ afectate. Ca urmare, apar celule-fiice cu schimbări noi în fiecare generație. Între timp, sistemele organismului luptă pentru a opri și a distruge coloniile tumorale. Și aici noi vedem, cum se desfășoară un fel de selecție naturală în interiorul organismului! Printre milioanele de celule, care pot deveni canceroase, ea deja a selectat celula, care are capacitatea de a se divide nelimitat și incontrolabil. Și mai departe capătă un avantaj celulele, care se divid mai rapid, depășesc cu succes sistemele de reținere și control, precum și cel mai bine se ascunde de detectarea și distrugerea de către sistemul imunitar.

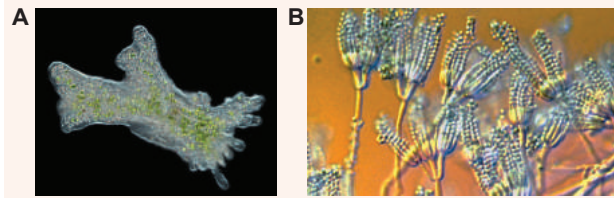
Astfel, celulele canceroase cu timpul, nu numai că nu pot înceta să se dividă, ci dimpotrivă – cresc mai rapid, devenind mai canceroase și dobândesc rezistență la măsurile luate împotriva lor de către organismul uman sau de medici.

## § 29. Meioza

### În timpul reproducerii sexuate are loc combinarea materialului genetic al organismelor

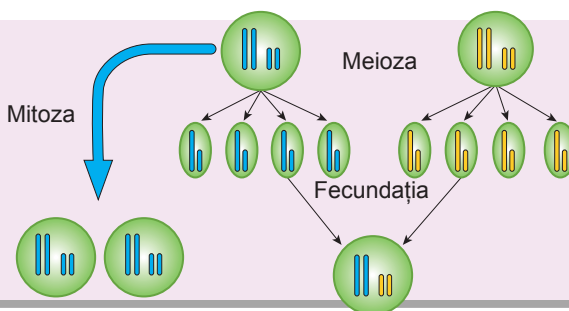
Celulele organismului uman se formează dintr-o singură celulă – zigot – printr-o serie de diviziuni mitotice. În rezultatul lor, setul și structura cromozomilor celei nu se schimbă: toate ele sunt genetic identice<sup>1</sup>. Această identitate genetică reprezintă o urmare directă a mitozei, în rezultatul căreia două celule fiice primesc un set identic de cromozomi. Multe organisme vii se reproduc doar prin mitoză. De exemplu, celulele amibe se divid numai prin mitoză (fig. 29.1 A). În rezultat se formează două celule-fiice identice. Dacă de pus o amibă într-o eprubetă cu apă, ce conține bacterii – hrana naturală a amibe, apoi, după un timp, se poate observa, că în eprubetă s-a format o mică populație de amibe. Toate ele vor fi genetic identice amibei inițiale. Astfel de organisme genetic identice sunt numite clone. Unele organisme pluricelulare, de asemenea, se reproduc doar prin mitoză. Astfel ciuperca de mușcăi penicilul, cunoscut cu sinteza antibioticului penicilina (fig. 29.1, B). La capetele hifelor penicilului se formează prin mitoză lanțuri de celule-spori. Fiecare dintre aceste celule este genetic identică cu orice celulă a ciupercii. Iar ciuperca, care a crescut din această celulă-spor va fi genetic identică organismului parental.

Dar evoluționar mai avantajoasă s-a dovedit a fi metoda de reproducere, când are loc schimbul de material genetic între organisme, iar urmașii primesc diverse combinații ale acestui material genetic. Totodată urmașii nu sunt identici părinților săi. În așa mod este creată o diversitate în populații de organisme vii, ceea ce le permite să se adapteze mai bine la condițiile de mediu, care permanent se schimbă. Această



**Fig. 29.1.**

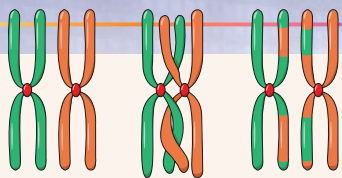
*Amiba proteu (A) și ciuperca microscopică penicilul (B) se reproduc doar prin diviziuni mitotice.*



**Fig. 29.2. Schema generală a mitozei, meiozei și fecundației unui organism diploid unicelular, al cărui set de cromozomi este format din două perechi**

<sup>1</sup> Dacă nu luăm în considerare unele celule ale sistemului imunitar, pentru care această regulă este încălcată. Însă acest fenomen nu este asociat cu mitoză.





**Fig. 29.3. Schema crossing-overului**

*Cromozomii omologi se schimbă cu porțiuni.*

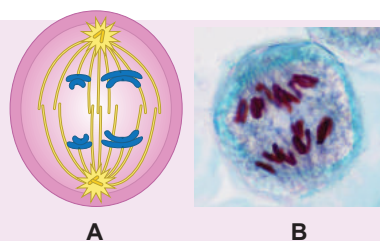
cale a necesitat de la eucariote să inventeze două procese complexe și coordonate – **fecundația și meioza**. Să ne imaginăm că avem două organisme eucariote, care nu sunt identice între ele și au un set dublu de cromozomi (fig. 29.2). Pentru simplificare, presupunem că organismele sunt unicelulare, setul haploid (înjumătățit) de cromozomi este format din doi cromozomi, iar cel diploid (dublu) – din patru. Fiecare din aceste organisme poate să se dividă prin mitoză, creând clone identice cu sine. Dar există o modalitate de a face schimb de material genetic între organisme similare neidentice, cu

formarea urmașilor, care au materialul său genetic unic. Cu acest scop organismele noastre unicelulare se reproduc printr-un mod special de diviziune celulară – **meioză** (din gr. *meiosos* – reducere). În rezultatul ei, spre deosebire de mitoză, se formează nu două, ci patru celulele. În afară de aceasta ele sunt diferite și au un singur set de cromozomi, în cazul nostru – doi cromozomi. Astfel de celule semnificativ diferă de cele inițiale și se pot contopi una cu alta într-un proces, care se numește fecundație. Dacă aceste celule, formate în diferite organisme, se contopesc una cu alta, se restabilește setul dublu de cromozomi, în care sunt cromozomi de ambii „părinți”. După cum putem vedea, descendenții obținuți în rezultatul meiozei și fecundației diferă de ambii „părinți” inițiali.

### **Meioza este formată dintr-un șir de faze, care se schimbă consecutiv**

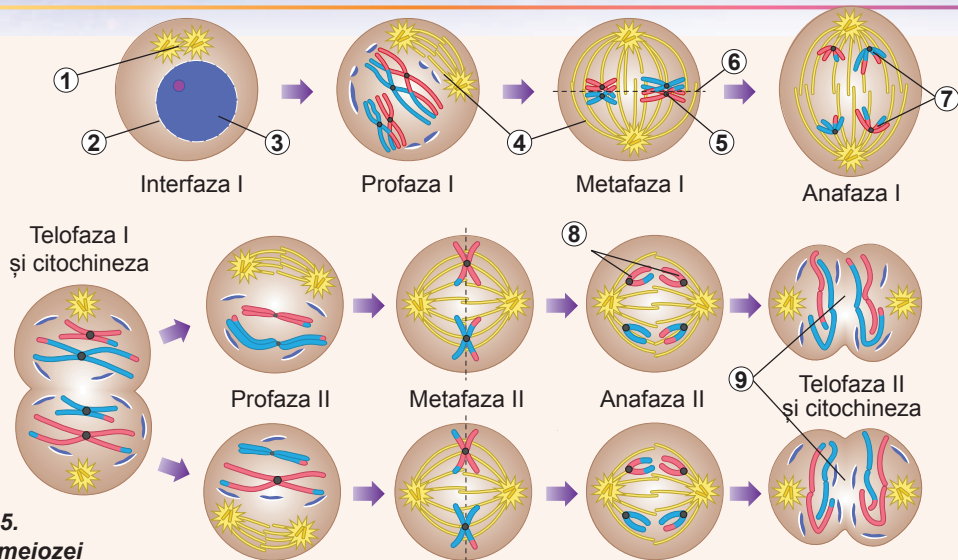
Iar acum să examinăm mai detaliat cum decurge meioza. Începutul meiozei este îndelungat ca la începutul mitozei. La fel, ca și în cazul mitozei, în primul rând, are loc dublarea ADN-ului în interfază. Apoi celula intră în profaza I a meiozei. Ea este asemănătoare cu profaza diviziunii mitotice, dar are unele deosebiri. Principala deosebire constă în faptul, că cromozomii dublați se împletesc și se schimbă cu porțiuni identice. Acest proces este foarte important și esențial. După cum ne amintim, în cazul organismului diploid în nucleu sunt câte două copii ale fiecărui cromozom – unul patern, iar celălalt matern. Aceste copii nu sunt identice între ele, fiindcă au diferite secvențele de ADN. Dar în timpul profazei I a meiozei, are loc schimbul de porțiuni între cromozomul matern și patern. Iar cromozomii, care apar sunt, de parcă cusuți din bucăți de cromozomi paterni și materni, ca o pătură din petice. Acest proces se numește crossing-over (fig. 29.3).

Odată cu efectuarea crossing-overului se produce condensarea cromozomului (spiralizarea) și dezintegrarea membranei nucleare. Apoi celula intră în metafaza I a meiozei, în care cromozomii sunt aliniați, ca și în mitoză, în placa metafazică. După metafază I urmează anafaza I. Aici se manifestă încă o deosebire a meiozei față de mitoză: dacă în anafaza mitozei are loc disjuncția cromatidelor, atunci în meioză se deplasează cromozomii (fig. 29.4). După finalizarea anafazei I este efectuată telofaza I, după care are loc citochineza. Nu este



**Fig. 29.4. Disjuncția cromozomilor în anafaza I a meiozei**

**A.** La disjuncția participă cromozomii în formă de X, astfel încât integritatea lor nu este încălcată. **B.** Anafaza meiozei I în celulele anterelor de crin.



**Fig. 29.5.**  
**Fazele meiozei**

1. Centrul celular. 2. Învelișul nuclear. 3. Cromatina. 4. Fusul de diviziune. 5. Cromozomii omologi. 6. Placă metafazică. 7. Disjuncția cromozomilor omologi. 8. Disjuncția cromatidelor surori. 9. Formarea celulelor-fiice haploide.

greu de făcut concluzie, că în rezultat se formează două celule fiice, care conțin un set haploid de cromozomi în formă de X. Dar cu aceasta procesul nu este finalizat. Celulele formate intră în meioză II. Ea, de asemenea, este alcătuită din profază, metafază, anafază și telofază. Profaza II este, de obicei, scurtă și nu are vreo particularitate. Metafaza II și anafaza II sunt similare cu aceleași faze ale mitozei: în momentul când cromozomii sunt situați în planul ecuatorial, are loc disjuncția cromatidelor, și cromozomii în formă de X se împart în cromatide. După finalizarea telofazei II fiecare dintre cele două celule se divide încă în două. La sfârșitul anafazei II și telofazei II în fiecare celulă formată este câte o copie a fiecărui cromozom. Planul general al fazelor meiozei este prezentat în figura 29.5.

### Caracteristicile comune și distinctive ale mitozei și meiozei

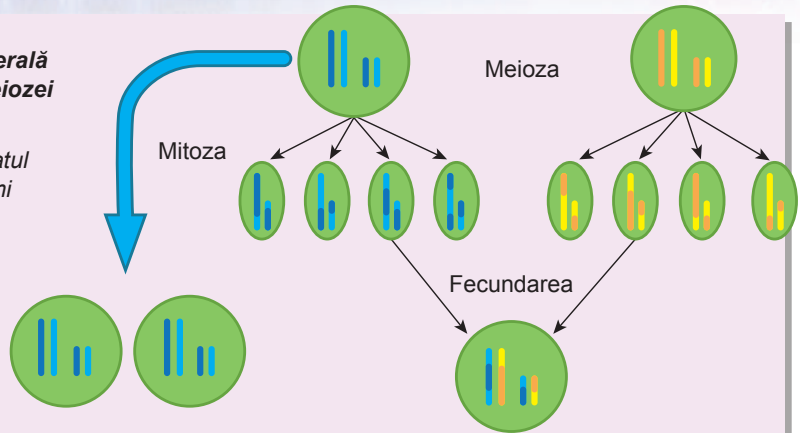
La sfârșit să rezumăm cele de mai sus în formă de caracteristică comparativă a mitozei și meiozei. Această caracteristică comparativă este prezentată în Tabelul 29.1.

**Tabelul 29.1. Caracteristica comparativă a mitozei și meiozei**

	Mitoza	Meioza I	Meioza II
<i>Crossing-overul</i>	Lipsește	Este	Lipsește
<i>Disjuncția în anafază</i>	Disjuncția cromatidele	Disjuncția cromozomilor	Disjuncția cromatidelor
<i>Rezultatul diviziunii</i>	Două celule, identice celei inițiale. Se păstrează setul de cromozomi	Două celule cu setul înjumătățit de cromozomi în formă de X, alcătuiți din două cromatide	Patru celule cu setul înjumătățit de cromozomi în formă de bastonașe. Fiecare cromozom conține câte o cromatidă

**Fig. 29.6. Schema generală reinnoită a mitozei, meiozei și fecundației**

Celula formată în rezultatul fecundării are cromozomi reconstruiți comparativ cu cromozomii părinților.



Acum să modificăm procesul meiozei în schema, care a fost prezentată anterior în figura 29.2, și s-o analizăm (fig. 29.6). Evident, că diversitatea genetică este creată nu numai prin formarea de noi combinații de cromozomi, dar, de asemenea, și datorită restructurării cromozomilor în profaza I a meiozei în timpul crossing-overului.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1) Setul diploid de cromozomi monocromatidici are celula în timpul
  - A telofazei I a meioza
  - B anafazei I a meiozei
  - C metafazei II a meiozei
  - D anafazei II a meiozei
  - E telofazei II a meiozei
- 2) Celulele umane după telofază II a meiozei conține următorul număr de cromozomi
 

A 46	B 23	C 12	D 44	E 24
------	------	------	------	------
- 3) Meioza are loc în așa celulele ale omului, ca
  - A celulele epidermei pielii
  - B celulele nervoase
  - C celulele-precursori ai gameților
  - D celulele pereților intestinului
  - E celulele retinei ochiului
- 4) Ca urmare a crossing-overului este
  - A ridicarea diversității la urmași
  - B intensificarea creșterii organismului
  - C ridicarea probabilității fecundației
  - D ridicarea frecvenței mitozei
  - E ridicarea asemănării cromozomilor

- 5** Drept urmare a disjuncției cromozomilor în loc de cromatide în metafaza I a meiozei este
- A** creșterea numărului de cromozomi în celulele formate
  - B** reducerea numărului de cromozomi în celulele formate
  - C** posibilitatea efectuării crossing-overului
  - D** posibilitatea efectuării citochinezei
  - E** formarea clonelor

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Pentru ce organismelor în timpul reproducerii le trebuie să facă schimb de informație ereditară?
- 7** De ce pe parcursul evoluției a apărut meioza?
- 8** Caracterizați deosebiriile dintre profaza mitozei și profaza I a meiozei.
- 9** Cum s-ar fi schimbat diversitatea organismelor în populații, dacă meioza ar fi decurs fără crossing-over?
- 10** De ce în timpul meiozei pro-, meta-, ana- și telofaza se desfășoară de două ori, iar în timpul mitozei – numai o dată?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce procesele mitozei și meiozei au așa multe trăsături comune?
- 12** Caracterizați deosebiriile procesului de meioză la animale și plante.

### Află singur și comunică altora

- 13** Care sunt urmările dereglării disjuncției cromozomilor după crossing-over în timpul formării gameților la om? De ce depinde frecvența acestor dereglări?
- 14** Meioza poate decurge nu numai în timpul formării gameților, dar și la alte etape ale ciclului vital. Ce variante ale ciclului vital există? Care este rolul meiozei în aceste cicluri?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15** Compararea mitozei și meiozei.
- 1) Alcătuiți un tabel comparativ al mitozei și meiozei după un număr cât mai mare de parametri.
  - 2) Prezentați-o în clasă în timpul lecției și determinați, care din criterii sunt esențiale pentru această comparație.
- 16** Modelul meioză.
- 1) Faceți din chibrituri sau scobitoare modele de cromozomi astfel, încât cromozomii unei perechi să difere după nuanțe de culori, iar cromozomii diferitor perechi să difere după culori.
  - 2) Pregătiți cromozomii „pestriți” după crossing-over.
  - 3) Pregătiți învelișurile pentru patru celule din carton sau hârtie.
  - 4) Folosind aceste modele ale cromozomilor și învelișurilor celulelor, demonstrați colegilor de clasă cum decurge meioza.



## § 30. Celulele sexuale și ciclurile vitale

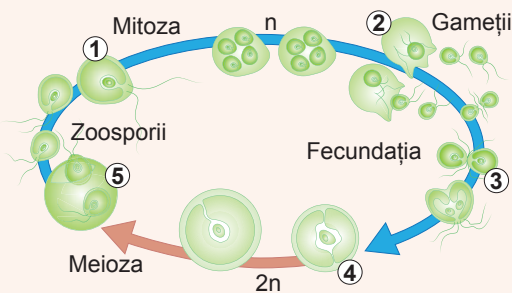
### Celulele sexuale au un set haploid de cromozomi

După cum am clarificat în paragraful anterior, condiția necesară pentru efectuarea re-producerii sexuate la multe organisme eucariote este meioza. Ea, în majoritatea cazurilor, duce la formarea celulelor haploide. Aceste celule pot apoi să se contopească în timpul procesului de fecundație. Multe organisme unicelulare (ca, de exemplu, clamidomonada) cea mai mare parte a ciclului lor vital se află în formă de celule haploide. Ele se înmulțesc prin mitoză cu formarea celulelor haploide identice (setul de cromozomi în timpul mitozei rămâne neschimbat: celula haploidă în rezultatul mitozei formează două celule haploide identice), dar, în caz de necesitate, ele pot să se contopească una cu alta pentru a forma o celulă diploidă, care intră în meioză și finalizează ciclul (fig. 30.1).

La examinarea diferitelor cicluri vitale ale organismelor vii, noi vom reveni la sfârșitul paragrafului. Iar acum să ne concentrăm atenția noastră asupra ciclului vital al omului. Omul, ca și majoritatea mamiferelor, se reproduce, în principal, pe cale sexuată<sup>1</sup>. Toate celulele corpului nostru sunt di- sau poliploide și se înmulțesc prin diviziune mitotică. În procesul mitozei la om se formează celulele haploide speciale, destinate numai pentru procesul de fecundare. Ele sunt numite **celule sexuale** sau **gameți**. La om sunt

două tipuri de gameți: mobile masculine – **spermatozoizi** și imobile feminine – **ovule**. Structura ovulului și a spermatozoidului sunt prezentate în figura 30.2.

Celulele sexuale umane sunt specializate pentru efectuarea funcțiilor sale. La spermatozoid, practic, lipsește citoplasma – tot volumul util este ocupat de nucleu, situat în cap. Alte părți ale celulei servesc pentru mișcare: acestea sunt flagelul – motorul, care asigură mișcarea spermatozoidului spre ovul, și porțiunea intermediară, care conține o mitocondrie spiralată uriașă, care produce ATP pentru a asigura flagelul cu energie. În partea anterioară a capului spermatozoidului se află acrozomul. El reprezintă un aparat Golgi modificat, care conține enzime necesare pentru descompunerea coroanei radiale a ovulului înainte de fecundație. Iar ovulul este, dimpotrivă, imobil și conține multă citoplasmă, care este folosită pentru a construi primele celule ale embrionului viitor. Ovulul matur este înconjurat de celule sateliți – **celule foliculare**, care



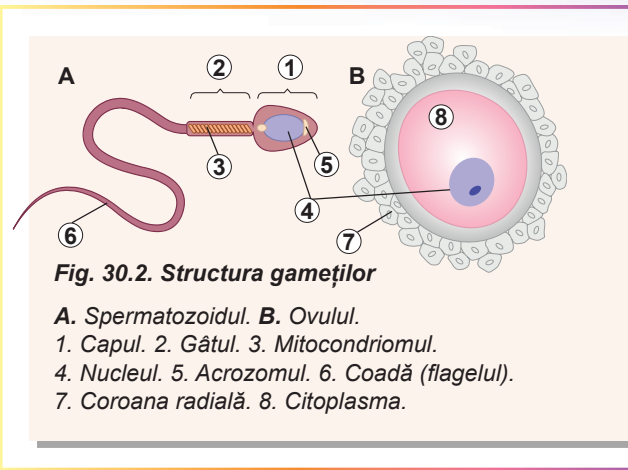
**Fig. 30.1. Mitoza, meioza și fecundația în ciclul vital al clamidomonadei**

1. Celulele haploide trăiesc și se reproduc prin mitoză.
2. Factorul nefavorabil al mediului stimulează formarea gameților.
3. Gameții „de sex” opus se contopesc.
4. Se formează un zigot diploid cu înveliș rigid.
5. Zigotul se divide prin meioză, formând patru zoosporii haploizi.

<sup>1</sup> Formarea gemenilor monoziگوٹی poate fi considerată ca reproducere asexuată a embrionului la etapele timpurii de dezvoltare. La om acest proces este destul de rar, dar la unele animale, așa ca tatauul cu nouă brațe, el are loc în mod regulat.

îl deservească. Celulele foliculare formează în jurul ovulului un strat, care are o denumire frumoasă – **coroana radială**.

La om desfășurarea proceselor formării spermatozoidilor și ovulelor are o serie de deosebiri (fig. 30.3). În timpul formării spermatozoidilor toate cele patru celule haploide, care s-au format în rezultatul meiozei, devin spermatozoizi. În timpul formării ovulului numai o celulă devine ovul, iar restul se transformă în corpuscul polar, care nu participă la fecundație. La bărbat formarea spermatozoidilor și meioza începe în timpul maturizării sexuale și apoi continuă permanent. La femei totul este mai complicat. Și aceasta este legat de faptul, că la femei meioza începe încă la stadiile embrionare de dezvoltare, iar apoi „îngheață” în profaza meiozei I. Meioza la femeia matură periodic se „dezgheață”, ce duce la formarea ovulului și a trei corpusculi polari.



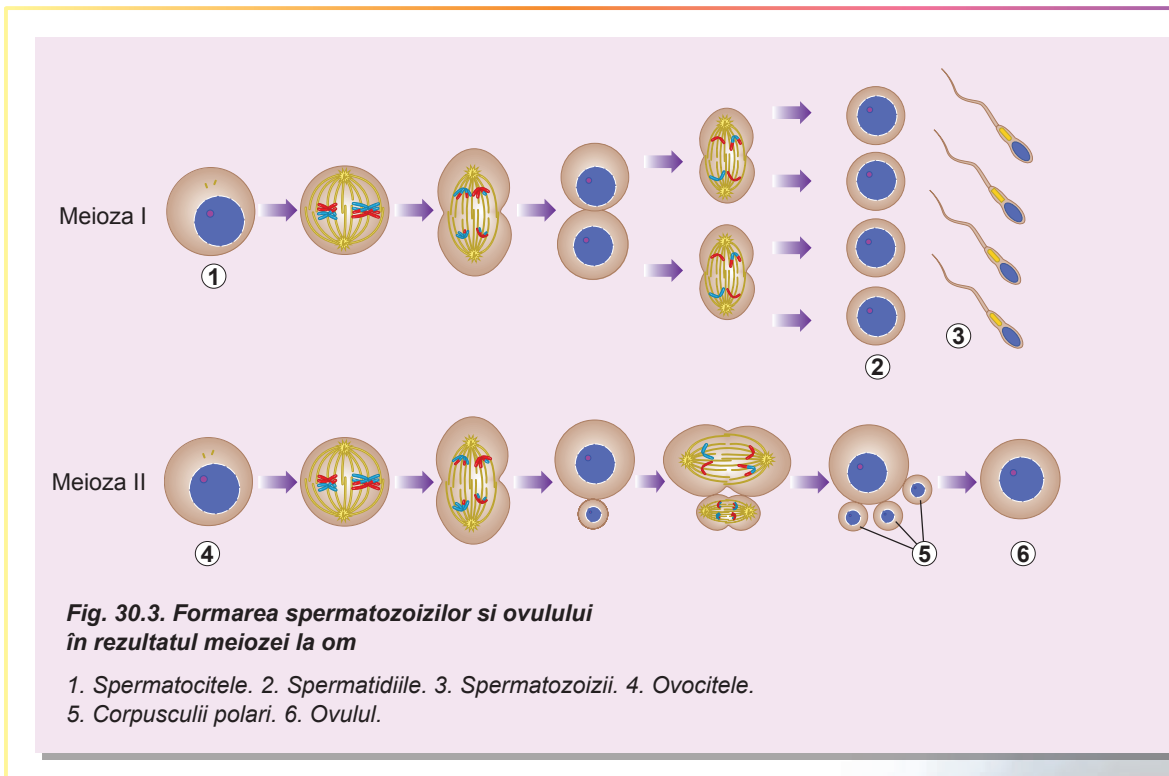
**Fig. 30.2. Structura gameților**

**A. Spermatozoidul. B. Ovulul.**

1. Capul. 2. Gâtul. 3. Mitocondriumul.

4. Nucleul. 5. Acrozomul. 6. Coadă (flagelul).

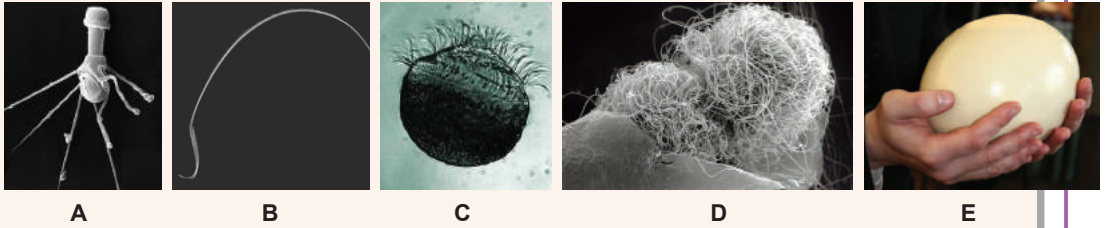
7. Coroana radială. 8. Citoplasma.



**Fig. 30.3. Formarea spermatozoidilor și ovulului în rezultatul meiozei la om**

1. Spermatocitele. 2. Spermatidii. 3. Spermatozoidii. 4. Ovocitele.

5. Corpusculii polari. 6. Ovulul.



**Fig. 30.4. Diversitatea celulelor sexuale**

**A.** Spermatozoidul racului. La spermatozoidul racului flagelul lipsește, dar el este mobil și are o coroană din filamente, datorită cărora se deplasează în căutarea ovulului. **B.** Spermatozoidul șobolanului. La multe rozătoare capul spermatozoidului este îndoit în formă de cârlig. Acești spermatozoizi sunt capabili să se agațe reciproc și să plutească împreună. Aceasta accelerează viteza lor și mărește șansele de a ajunge la ovul. **C.** Spermatozoidul de Ginkgo. Spermatozoidul plantei gimnosperme ginkgo are câteva mii de flageli, amplasați într-o spirală. Spre deosebire de el, gameții masculini ai plantelor cu flori sunt lipsiți de flageli sau alte structuri de mișcare. **D.** *Musca drozofila* are cel mai lung spermatozoid în natură – la lungimea corpului puțin mai mare de 5 mm, lungimea cozii spermatozoidului este aproximativ de 6 cm! Se consideră, că o astfel de coadă lungă previne fecundarea ovulului cu spermatozoizii altor masculi: după împerecherea masculului și femelei, cozile spermatozoizilor închid accesul la ovul a spermatozoizilor noi. **E.** Oul struțului african. Gălbenușul oului de pasăre și este ovulul. Fără îndoială, acesta este unul dintre cei mai mari ovuli din lume.

## Structura celulelor sexuale a organismelor este foarte diferită

Structura celulelor sexuale, mai ales a spermatozoizilor este foarte diversă la organisme vii. Iată câteva exemple uluitoare, care demonstrează, ce structură uimitoare pot avea celulele, care participă la reproducerea sexuală (fig. 30.4).

## Fecundarea este necesară pentru restabilirea setului diploid de cromozomi

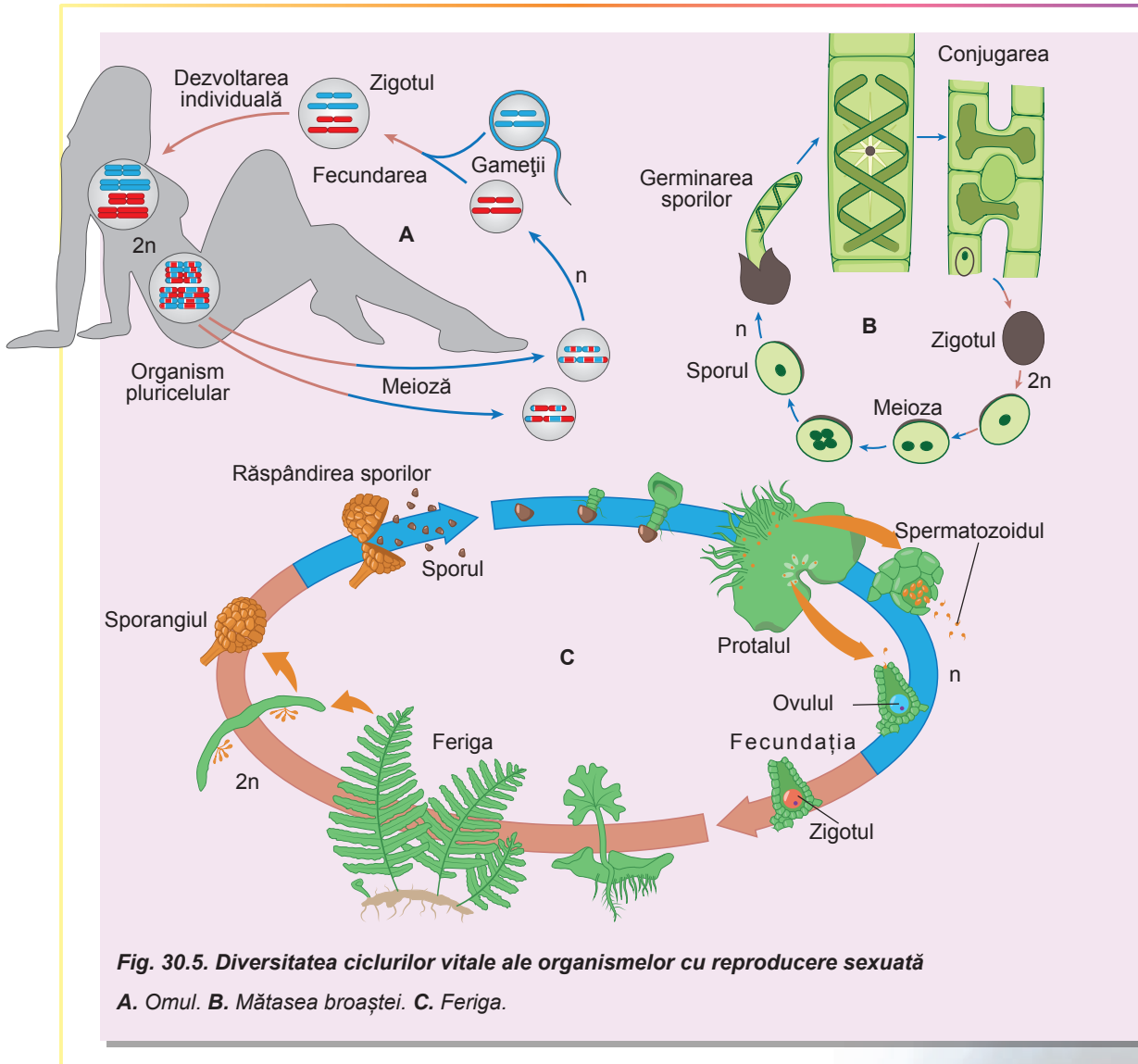
Să examinăm procesul de contopire a ovulului și spermatozoidului la om, care se numește fecundare. În timpul fecundării spermatozoidul înoată la ovul, se fixează pe suprafața lui, ceea ce duce la fuziunea membranelor plasmatic. Nucleul spermatozoidului nimereste în interiorul citoplasmei ovulului. Flagelul și mitocondriile degenerază (din care cauză toate mitocondriile noastre sunt primite de la mamă, și nu tată). După aceea are loc combinarea seturilor de cromozomi a spermatozoidului și ovulului. Acest proces este însoțit de restabilirea setului diploid de cromozomi. Celula rezultată se numește zigot. Aceasta este prima celulă a unui organism pluricelular, care prin diviziuni mitotice produce restul celulelor. Toate ele vor fi genetic identice între ele și zigotului. Puteți mai detaliat studia cum decurge procesul de fecundare la om, urmărind **video după linkul**.



## Meioza și fecundarea decurg la diferite organisme în diferite etape ale ciclului de viață

După cum am menționat nu odată, pentru efectuarea reproducerii sexuate majoritatea eucariotelor necesită desfășurarea a două procese – meiozei și fecundării. Însă aceste procese pot fi efectuate la diferite etape ale ciclului vital al organismelor. Despre ciclurile vitale ale omului și clamidomonei s-a vorbit deja mai înainte. Iar acum să examinăm acestea și unele alte cicluri vitale mai detaliat.

Celulele umane în majoritatea ciclului vital au un set diploid de cromozomi (fig. 30.5 A). Celulele di- sau poliploide ale corpului se formează prin mitoză. În timpul meiozei se formează celule sexuale specializate – spermatozoizi și ovuli.



**Fig. 30.5. Diversitatea ciclurilor vitale ale organismelor cu reproducere sexuată**

**A. Omul. B. Mătasea broaștei. C. Feriga.**



Aceste celule sunt haploide, ele nu se divid și servesc numai pentru fecundație. Ca rezultat al fecundației, se formează un zigot diploid, din care se dezvoltă întregul organism pluricelular. Un astfel de ciclu vital este specific animalelor.

La alga filamentoasă mătasea broaștei (poate fi regulat văzută în bazinele cu apă dulce, ea formează fire verzi subțiri, care seamănă cu părul) celulele în cea mai mare parte a ciclului vital au set haploid de cromozomi (*fig. 30,5, B*). Anume din celulele haploide sunt formate firele ei. Aceste celule haploide se divid prin mitoză, formând celule identice. La mătasea broaștei lipsesc celule reproductive specializate, dar celulele filamentelor vecine pot fuziona între ele. Acest proces este numit conjugare și, de fapt, este fecundație. După conjugare se formează un zigot diploid, care se divide cu formarea a patru celule haploide. Aceste celule haploide se vor divide prin mitoză, producând noi fire de mătasea broaștei.

Printre cele mai complicate sunt ciclurile vitale ale plantelor superioare. Să examinăm ciclul vital al ferigii (*fig. 30.5, B*). Singura planta verde, care o putem întâlni în pădure, este diploidă. Dar pe partea inferioară a frunzelor ferigii decurge procesul de meioză, ceea ce duce la formarea sporilor haploizi. Acești spori sunt răspândiți de vânt. Dacă sporul nimereste în solul umed, el începe să se dividă mitotic. În rezultatul acestor diviziuni se formează o placă pluricelulară – **protalul**. Toate celulele protalului sunt haploide. Protalul produce gameți specializați, însă ei se formează în rezultatul mitozei, și nu meiozei. La contopirea gameților se formează un zigot diploid, din care se dezvoltă planta cunoscută nouă. Astfel, în ciclul vital al unei ferigi are loc alternanța a două generații pluricelulare: diploide, care formează spori prin meioză, și haploide, care formează gameți prin mitoză. Un astfel de ciclu vital este caracteristic plantelor superioare, numai raportul dintre fazele ciclului vital variază foarte mult.

La multe organisme dezvoltarea de la momentul apariției (în timpul fecundației sau la separarea de organismul parental) și până la sfârșitul existenței, include două etape: **embrionară** și **postembrionară**. La prima din ele are loc dezvoltarea de la zigot până la naștere (eclozare, germinare), iar la a doua – existența propriu-zisă și reproducerea.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Dacă celula drojdiilor de panificație se divide prin meioză, aceasta înseamnă că
  - A ea a avut set diploid de cromozomi
  - B ea a avut set haploid de cromozomi
  - C se va forma zigotul
  - D ea se înmugurește
  - E ea curând va muri
- 2 Pentru a forma spermatozoizi, la om meioza decurge, începând cu perioada
  - A dezvoltării embrionare
  - B dezvoltării embrionare, iar apoi periodic se oprește
  - C maturizării sexuale
  - D maturizării sexuale, iar apoi periodic se oprește
  - E dezvoltării postembrionare

- 3** Pentru formarea zigotului omului este necesară  
A pătrunderea nucleului ovulului în spermatozoid  
B diviziunea mitotică a spermatozoidului  
C fuziunea membranelor plasmactice a gameților  
D pătrunderea flagelului spermatozoidului în ovul  
E contopirea a două nuclee ale spermatozoizilor cu un nucleu al ovulului
- 4** La ferigi celula haploidă este  
A celula tulpinii plantei verzi  
B sporul  
C zigotul  
D celula sporangiului, în care se formează sporii  
E celula rizomului ferigii
- 5** Celulele nervoase ale creierului sunt genetic identice  
A spermatozoizilor  
B ovulului  
C zigotului  
D ovulului matern  
E spermatozoizilor paterni

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

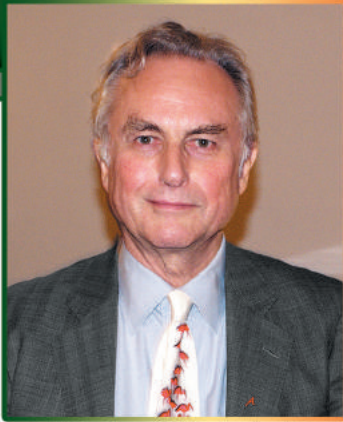
- 6** De ce la om în urma meiozei se formează trei corpusculi polari și doar un singur ovul?
- 7** Ce set de cromozomi și de ce au celulele clamidomonadei, care se formează în rezultatul mitozei?
- 8** Care trăsături de structură a spermatozoidului indică faptul, că el este destinat numai pentru fecundare?
- 9** Cum ar trebui să decurgă ciclul vital al organismului diploid cu gameți diploizi?
- 10** Care sunt asemănările și deosebirile ciclurilor vitale ale mătasei broaștei și ferigii?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Unii spermatozoizi, de exemplu, la plantele cu flori, nu au structuri de mișcare. Cum ei atunci pot ajunge la ovul?
- 12** De ce organisme de sexe diferite la mamifere produc un număr diferit de gameți: masculul – mulți, iar femela – putini?
- 13** De ce în interiorul ovulului pătrunde numai un singur spermatozoid? Cum este asigurată această limitare?

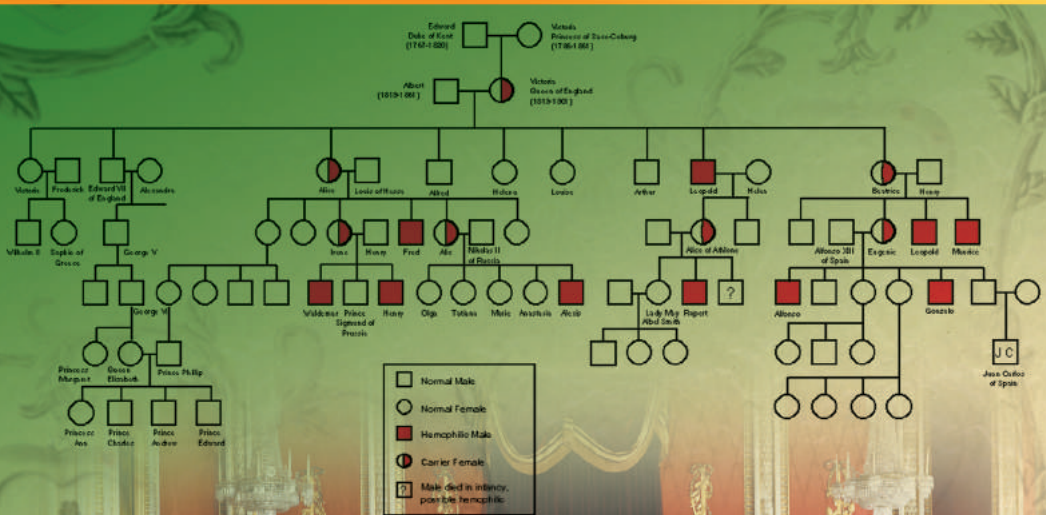
### Află singur și comunică altora

- 14** Prin ce se deosebesc gemenii monozigoti de gemenii dizigoti? Care variantă se întâmplă la om mai des și de ce?
- 15** Cum se schimbă raportul duratei și dimensiunilor fazelor haploide și diploide la diferite grupe de plante superioare?



*We are survival machines – robot vehicles blindly programmed to preserve the selfish molecules known as genes. This is a truth which still fills me with astonishment.*

**Richard Dawkins**







Gregor Mendel

# CAPITOLUL 5

## *Legițile moștenirii caracterelor*





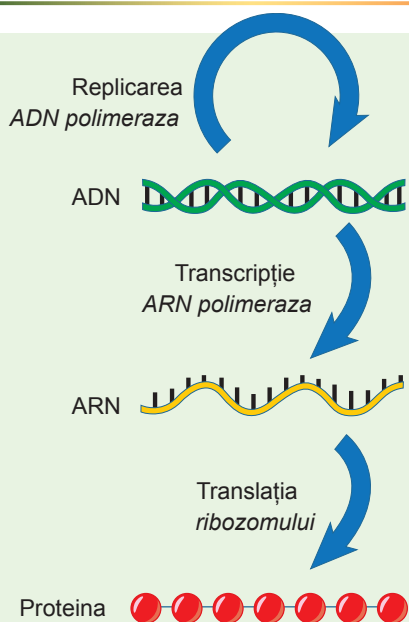
## § 31. Genotipul și fenotipul. Alelele

### Genele au diferite variante – alele

În acest capitol vom începe studiul geneticii clasice.

**Genetica** este știința, care studiază legitățile eredității și variabilității. **Ereditatea** este capacitatea organismelor de a transmite caracterele sale descendenților, iar **variabilitatea** – diversitatea manifestărilor caracterului la indivizii unui grup – populației sau speciei. De exemplu, la așa un caracter, ca culoarea florilor, se manifestă o variabilitate în populație dacă în ea există indivizi cu diferite culori ale florilor.

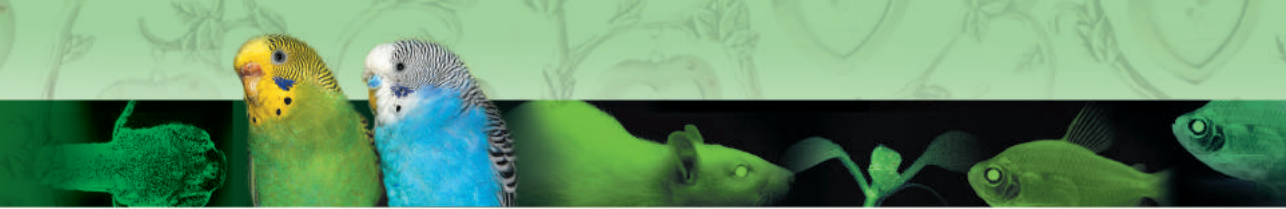
Noi deja ne-am familiarizat cu elementele de bază ale geneticii moleculare, obiectul de studiu al căreia este realizarea informației genetice, codificate în ADN, precum și transmiterea ei la nivel molecular. Spre deosebire de genetica moleculară, cea clasică nu studiază natura și aspectele subtile ale funcționării purtătorului informației genetice. Ea lucrează cu rezultatul informației codate – caracterele, precum și cu principiile moștenirii caracterelor. Din punct de vedere istoric, genetica clasică a apărut înainte de cea moleculară. Pe atunci cercetătorii (în primul rând, Gregor Mendel în experimentele sale cu mazărea de grădină) au încercat să identifice legitățile de moștenire a caracterelor de către organismele vii. Însă legile descoperite nu aveau explicații. Numai curând s-a dovedit, că toate legile reprezintă drept urmări ale geneticii moleculare. Dar noi, având cunoștințe din genetica moleculară și biologia celulară, putem înțelege mai bine însemnătatea acestor legi, decât le-am fi vizualizat superficial, numai din punctul de vedere al geneticii clasice.



**Fig. 31.1. Dogma centrală a biologiei moleculare**

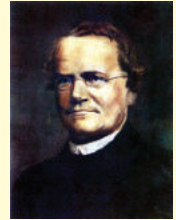
Totodată să accentuăm: în acest capitol noi vom examina doar genetica eucariotelor, în special, a organismelor pluricelulare. Virusurile și bacteriile nu vor fi obiectul studiului nostru. Deci, să ne amintim dogma centrală a biologiei moleculare (în forma sa simplificată), care descrie relația ADN-ului, ARN-ului și proteinelor (fig. 31.1).

Porțiunea de ADN, care codifică ARN-ul, iar cu el și proteina (sau lanțul polipeptidic), se numește „**genă**”. Cu această noțiune am lucrat în paragrafele anterioare. Fiecare proteină (sau catenă polipeptidică aparte) este codificată de gena sa. Există genele insulinei, mioglobinei, catalazei, genele catenelor separate ale hemoglobinei. Dar, după cum noi știm, secvențele aceleiași gene în organisme diferite de aceeași specie pot să difere: ceea ce este cauzat de mutații constante. Două variante ale genei, care diferă după secvențele sale de nucleotide sunt numite **alele**. Dacă diferențele în secvențele de nucleotide sunt legate de porțiunea codificatoare a genei (cu alte cuvinte, sunt situate într-un exon), atunci produsele proteice ale alelelor vor varia în secvențele lor



## Gregor Mendel

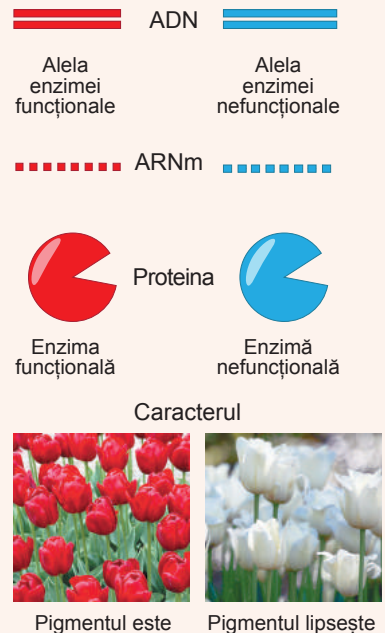
S-a născut în 1822 în Silezia în orașul Heizendorf (în prezent Cehia). El a primit educația teologică în Brünn (acum Brno în Republica Cehă). A intrat în viața monahală și mai târziu a devenit preot. Mendel independent a însușit diferite obiecte și a predat în școală matematica și limba greacă. Interesant că Mendel a încercat de câteva ori să susțină proba pentru dreptul de a preda biologia în școală, dar de fiecare dată a primit „nesatisfăcător”. Cu toate acestea călugărul curios se interesa de încrucișarea plantelor și a început să experimenteze cu mazărea. Rezultatele acestor experimente sunt acum cunoscute în întreaga lume ca legile lui Mendel – primele generalizări în știința despre ereditatea și variabilitatea organismelor. Dar contemporanii nu au apreciat descoperirea lui Mendel. Slava reală a venit peste 35 de ani de la publicarea legilor și 16 ani după moartea autorului, atunci când aceste legi au fost redescoperite. Astfel, Gregor Mendel este considerat pe bună dreptate, fondatorul geneticii, deși el nu a văzut dezvoltarea triumfătoare a acestei științe. Mendel a murit în 1884 în Brünn.



de aminoacizi<sup>1</sup>. După cum ne amintim din § 3, structura tridimensională a proteinei este determinată de secvența de aminoacizi în catenă. De aceea putem face concluzii, că structura tridimensională a moleculelor de proteine, codificată de alele diferite, variază. De asemenea știm, că structura tridimensională a proteinei, adică forma ei, determină funcția proteinei. Astfel, particularitățile funcționării proteinelor, codificate de diferite alele, variază. Efectuând funcțiile sale, proteinele determină apariția caracterelor organismelor vii. Să presupunem, că gena codifică o enzimă, implicată în sinteza unor substanțe, care le oferă culoare florilor plantelor. Totodată există doar două alele ale acestei gene. Una dintre ele codifică o enzimă normală, funcțională, iar a doua – enzimă inactivă. Astfel, dacă în genomul plantei sunt numai alele funcționale, substanța colorată se produce, iar florile au culoare. Dacă numai alele nefuncționale, atunci substanța colorată lipsește și florile sunt albe. Schema relațiilor între alele și caractere este prezentată în figura 31.2.

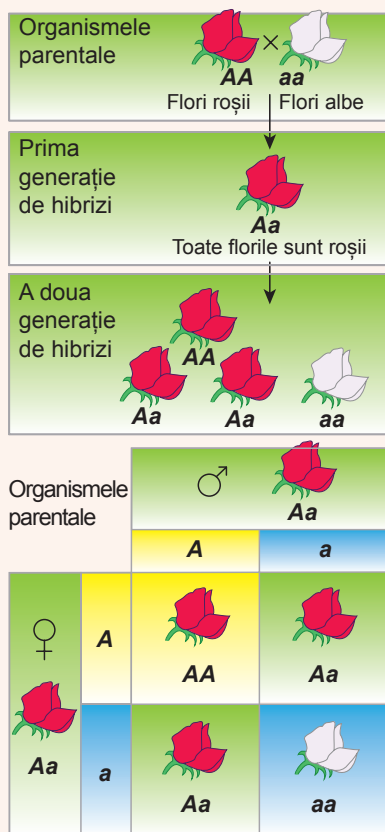
### Încrucișarea monohibridă este efectuată după un caracter

Numai ce, noi am examinat relația dintre alele și manifestarea caracterelor. Dar, după cum ne amintim, majoritatea organismelor eucariote pluricelulare sunt diploide, adică ele au câte două copii ale fiecărei gene.



**Fig. 31.2. Relația dintre o genă și un caracter pe exemplul dezvoltării culorii la lalea**

<sup>1</sup> Într-adevăr, acest fapt nu este adevărat. Multe substituții ale nucleotidelor, chiar și în regiunea codificatoare a genelor nu schimbă secvența de aminoacizi în produsele proteice ale alelei. Încercați să răspundeți de ce, amintindu-vă tabelul codului genetic.



**Fig. 31.3. Schema încrucișării monohibride (explicația în text)**

Totalitatea alelelor genelor studiate ale unui organism se numesc **genotip**<sup>1</sup>. Iar **fenotip** se numește totalitatea caracterelor organismului, care sunt studiate<sup>2</sup>.

Dacă ambele copii ale genei sunt similare, sau, cu alte cuvinte, sunt prezentate de alele identice, atunci caracterul se manifestă uniform. Un astfel de genotip, precum și organism, se numește **homozigot** (din limba gr. *homos* – similar). O altă situație se manifestă atunci, când în genom sunt prezente două alele diferite. Genotipul, ca și organismul, în care sunt două alele diferite ale aceleiași gene, se numește **heterozigot** (din limba gr. *heteros* – diferit). Alelele notate cu literele alfabetului latin. De obicei, alelele unei gene sunt notate cu aceeași literă sau grup de litere. Pentru diferențiere pot fi utilizate litere mari și mici, de exemplu A și a<sup>3</sup>.

La început să examinăm cel mai simplu mod de interacțiune a alelelor la heterozigoții – atunci, când una din alele complet maschează efectul celeilalte. În acest caz, alela, care se manifestă în fenotip se numește **dominantă**, iar cea mascată – **recesivă**. De exemplu, o plantă cu genotipul AA are flori roșii, cu genotipul aa – albe, iar cu genotipul Aa – de asemenea, roșii. Acest fenomen este foarte frecvent în natură și se numește **dominanță completă**<sup>4</sup>. (Încearcă să explici acest fenomen prin termeni de genetică moleculară și biochimie – aceasta nu este atât de greu! Amintiți-vă cazul descris cu flori colorate și incolore.) În acest caz există două fenotipuri și trei genotipuri.

Acum să examinăm modul, în care este efectuată moștenirea acestor caractere, adică transmiterea lor de la o generație la alta. S-a stabilit, că legițile eredității reprezintă urmări directe ale mecanismelor meiozei și fecundării. Cea mai simplă variantă de moștenire este moștenirea în cazul încrucișării monohibride (poleniza-

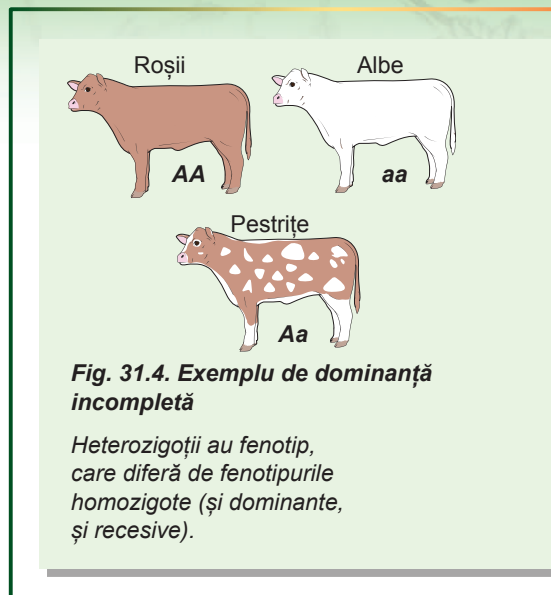
rea plantelor sau împerecherea animalelor). **Încrucișarea monohybridă** reprezintă încrucișarea organismelor, ce diferă după un caracter, pentru care răspund alelele unei gene.

Să examinăm exemplul din figura 31.3. Să presupunem că există o plantă, indivizii căreia au flori de diferite culori – roșii și albe. Acest caracter este determinat de o singură genă, care are diferite alele. Homozigoții AA au flori roșii, iar homozigoții aa – albe. Să încrucișăm acești homozigoți unul cu altul. Încrucișarea o vom însemna cu semnul „×”. Prin încrucișare noi subînțelegem, că fiecare din aceste organisme formează gameții în timpul meiozei, iar apoi gameții diferitor organisme se contopesc unul cu altul în procesul de fecundație. Gameții, spre deosebire de organisme, sunt haploizi, adică conțin

1 Într-un sens mai larg se spune, că genotipul este totalitatea tuturor secvențelor zigotului.  
 2 Și din nou în sens mai larg, fenotipul este totalitatea tuturor caracterelor ereditare ale unui organism.  
 3 Istorice acesta este primul sistem de notare a alelelor. El este convenabil atunci, când există două alele. Însă în natura vie este destul de răspândit fenomenul alelismului multiplu, când în populația organismului sunt mai multe alele ale unei gene. Atunci pentru notarea lor se folosesc ca indice numerice: A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> ș. a. m. d..  
 4 Se subînțelege că alela A este complet dominantă față de alela a.

numai un cromozom dintr-o pereche, și, prin urmare, doar o alelă. Evident, că indivizii cu genotipul AA o să producă numai gameți, care conțin alela A, iar organisme cu genotipul aa – gameți, care conțin alela a. Contopirea gameților a două organisme duce la formarea organismelor diploide cu genotipul Aa – a heterozigoților. Toți indivizii, obținuți de la încrucișare (hibrizii), în prima generație au genotip și fenotip identic. Această regulă se numește **legea uniformității hibridilor din prima generație, sau prima lege a lui Mendel**.

Să examinăm, ce se va întâmpla, dacă le-am permite hibridilor să se încrucișeze unul cu altul. Fiți atenți: heterozigoții produc nu una, ci două tipuri de gameți într-un număr egal. Iar la contopirea acestor gameți se formează atât homo- cât și heterozigoți. Iar raportul dintre genotipuri este 1AA : 2Aa : 1aa. Raportul rezultat explică **legea segregării caracterelor hibridilor din a doua generație, sau a doua lege a lui Mendel**: la încrucișarea organismelor heterozigote (obținute de la încrucișarea homozigoților) la urmași se manifestă segregare după fenotip în raport de 3 : 1. Și într-adevăr, indivizii cu genotipurile AA și Aa au flori roșii (de acestea sunt  $\frac{3}{4}$ , sau 75%), iar indivizii cu genotip aa au flori albe (de acestea sunt  $\frac{1}{4}$ , sau 25%).



### În cazul dominanței incomplete apar trei fenotipuri

Noi am examinat cazul interacțiunii alelelor, când o alelă (dominantă) maschează complet manifestarea alelei a doua (recesive). Există și alte tipuri de interacțiune a alelelor. Unul dintre acestea este dominanța incompletă. În cazul **dominanței incomplete** fenotipul heterozigoților reprezintă media între fenotipurile homozigoților. Un exemplu de dominanță incompletă este moștenirea culorii blănii la bovine (fig. 31.4). În cazul încrucișării vacii roșii și taurului alb se nasc numai vițeii heterozigoți doar de culoare pestriță a blănii. Aceasta înseamnă, că prima lege a lui Mendel în formularea de mai sus se realizează și în cazul dominanței incomplete.

După cum vedem, în cazul dominanței incomplete în fenotipul hibridilor se manifestă și alela dominantă și recesivă, însă fiecare se manifestă parțial. Iar în a doua generație de hibridi segregarea după genotip (AA – la Aa – la aa) și după fenotip (roșii – la pestrițe – la albe) 1 : 2 : 1 coincide.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 O genă determină sângele Rhesus pozitiv, iar a doua codifică o catenă a hemoglobinei. Aceste gene sunt
- |             |            |            |
|-------------|------------|------------|
| A alele     | B identice | C diploide |
| D segregate | E nealele  |            |



- 2** Obiectul de studiu al geneticii clasice este  
**A** mecanismul de replicare a ADN-ului  
**B** structura moleculelor de ARN  
**C** moștenirea culorii ochilor  
**D** realizarea informației ereditare  
**E** transmiterea informației ereditare în timpul diviziunii celulare
- 3** La încrucișarea a două organisme heterozigote în cazul dominanței complete la urmași se manifestă segregarea după genotip  
**A** 1 : 1    **B** 1 : 2 : 1    **C** 3 : 1    **D** 1 : 1 : 1    **E** 2 : 2
- 4** La încrucișarea organismului heterozigot și organismului homozigot după alela recesivă se va manifesta segregarea  
**A** 1 : 1    **B** 1 : 2 : 1    **C** 3 : 1    **D** 1 : 1 : 1    **E** 2 : 6
- 5** La încrucișarea gurii-leului cu flori albe și roșii printre urmași lipsesc plante cu flori albe și roșii. Aceasta se lămurește prin  
**A** dominanța completă  
**B** dominanța incompletă și legea uniformității hibridilor din prima generație  
**C** dominanța completă și prima lege a lui Mendel  
**D** dominanța incompletă și legea segregării caracterelor la hibridii din a doua generație  
**E** dominanța completă și a doua lege a lui Mendel

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Explicați din punctul de vedere al geneticii moleculare, folosind figura 31.2, de ce heterozigotul după culoarea florii, are flori colorate, și nu albe.
- 7** Sunt oare alele două gene, dacă au introni diferiți? De ce?
- 8** Formulați prima lege a lui Mendel și explicați cauzele apariției acestei legi-tăți.
- 9** Organismele homozigote după un anumit caracter sunt, de asemenea, numite „linii pure”. Explicați această denumire, analizând încrucișarea reciprocă a homozigoților.
- 10** De ce în a doua generație în cazul încrucișării monohibride și dominanței complete se manifestă diferită segregare după genotip și fenotip?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Unele gene în stare homozigotă pot provoca moartea organismelor. Cum în acest caz se vor schimba legile lui Mendel?
- 12** Câte alele ale unei singure gene teoretic pot exista la o singură genă? De ce alele în natură sunt mult mai puține?

### Află singur și comunică altora

- 14** Ce tip de dominanță se manifestă în cazul moștenirii grupelor sanguine?
- 15** Care caractere ale omului se moștenesc cu dominanță completă, iar care cu incompletă? Compară-te pe tine și pe părinții tăi cu unele dintre aceste caractere și fă concluzii.

## § 32. Legea moștenirii independente

### Încrucișarea dihibridă este efectuată după două caractere diferite

În paragraful precedent noi am examinat situația, în care este efectuată încrucișarea organismelor, ce diferă după un caracter studiat, pentru care răspund alelele unei gene. În acest paragraf noi vom discuta o situație ceva mai interesantă – încrucișarea organismelor, care diferă după două caractere, fiecare dintre care este codificată de gena sa. Această variantă de încrucișare se numește **încrucișare dihibridă**. Să luăm obiectul clasic, care a fost aplicat de fondatorul geneticii Mendel în experimentele sale – mazărea de grădină. În acest caz, ne interesează o pereche de caractere – culoarea și forma semințelor. Caracterul culorii semințelor (boabelor) are două manifestări alternative – semințe galbene și verzi. Diferențele dintre aceste manifestări sunt asociate cu alelele unei gene. Alela  $A$  este alela dominantă, responsabilă pentru culoarea galbenă a semințelor, și alela  $a$  – recesivă, responsabilă pentru culoarea verde. Pentru acest caracter se manifestă dominanța completă. Respectiv indivizii cu genotipurile  $AA$  și  $Aa$  au culoarea galbenă a semințelor, iar indivizii cu genotip  $aa$  – verde. În mod similar se moștenește culoarea semințelor, care poate fi netedă sau zbârcită. Indivizii cu genotipurile  $BB$  și  $Bb$  au semințe netede, iar indivizii cu genotipul  $bb$  – zbârcită.

Să aflăm, care va fi rezultatul încrucișării a doi indivizi cu genotipurile  $AABB$  (semințe galbene netede) și  $aabb$  (semințe verzi zbârcite). Dacă examinăm moștenirea fiecărei trăsături (culoarea și forma seminței) separat, vom vedea o moștenire clasică monogenică cu dominanța completă: în prima generație va fi uniformitate, în a doua – segregarea 3 : 1.

Să examinăm moștenirea ambelor caractere împreună (fig. 32.1). Evident, că individul cu genotipul  $AABB$  va produce un singur tip de gameți –  $AB$ , iar individul cu genotipul  $aabb$  – gameți  $ab$ . În timpul fecundării se formează zigotul cu genotipul  $AaBb$ . Indivizii cu un astfel de genotip se numesc **diheterozigoți**. Deoarece în genotip se conțin alelele dominante ale ambelor gene, toți descendenții din prima generație vor avea același genotip, care va repeta fenotipul unui părinte: toate boabele vor fi galbene și netede. Dar cum se vor repartiza fenotipurile urmașilor în a doua generație de urmași, dacă s-ar examina ambele caractere împreună?

Înainte de a trece la această întrebare, să menționăm: **genele, responsabile pentru manifestarea caracterelor, care se moștenesc, sunt situate în diferiți cromozomi**, adică în timpul meiozei genele vor fi repartizate între gameți independent una față de alta împreună cu cromozomii săi. Astfel, probabilitatea faptului,

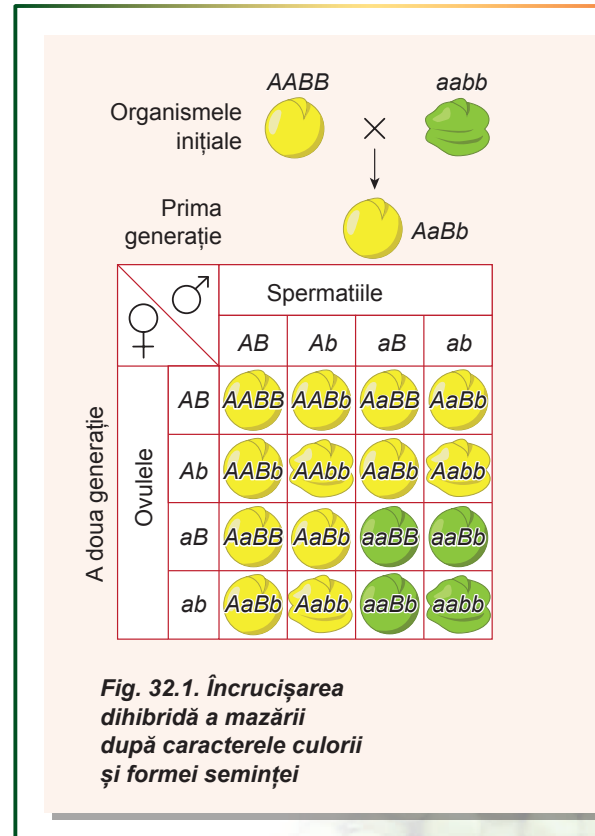
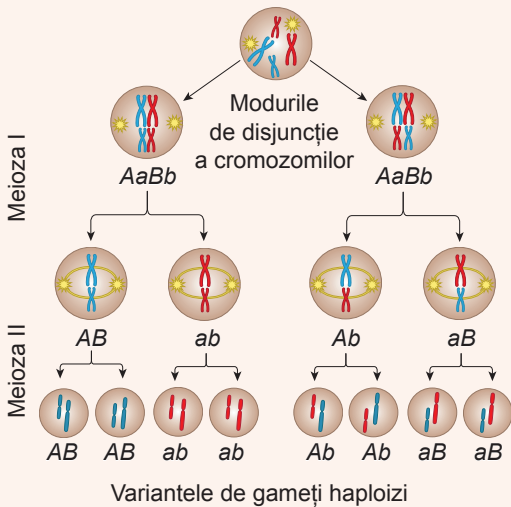


Fig. 32.1. Încrucișarea dihibridă a mazării după caracterele culorii și forme seminței



**Fig. 32.2. Disjuncția independentă a cromozomilor în meioză**

că alela  $B$  va nimeri în gamet, nu depinde de faptul dacă în gamet a nimerit alela  $A$  sau  $a$ . Să examinăm, ce tipuri de gameți vor forma indivizii cu genotipul  $AaBb$  (fig. 32.2). Jumătate din gameți va conține alela  $A$ , jumătate –  $a$ . Același raport va fi și pentru alele  $B$  și  $b$ . Alelele ambelor gene sunt repartizate între gameți independent una de alta, deci se formează **4 combinații de alele în proporții egale:  $AB$ ,  $Ab$ ,  $aB$  și  $ab$** .

Astfel, fiecare din indivizi cu genotipul  $AaBb$  produce patru tipuri de gameți. Deci care variante din combinațiile de alele se vor forma în timpul contopirii gameților unul cu altul? Să ne imaginăm într-un mod clar aceasta ne ajută un tabel special, numit grila lui Punnett (fig. 32.1). Noi deja ne-am întâlnit cu grila lui Punnett în paragraful anterior – noi l-am folosit pentru descrierea segregării genotipurilor în cazul încrucișării monohibride. În rândul de sus al tabelului sunt date genotipurile gameților produse de un organism, coloana din stânga – genotipurile gameților produse de alt organism. La încrucișarea a două orga-

nisme diheterozigote, primul rând, și prima coloană a grilei lui Punnett vor coincide. În celule înscrîm genotipurile obținute ale zigoților. În figura 32.1 este prezentată grila lui Punnett pentru acest caz.

După cum putem vedea, grila este formată din  $4 \times 4 = 16$  celule, dar totuși, genotipurile și fenotipurile obținute în unele celule, coincid. Segregarea genotipurilor va fi  $1AABB : 2AaBB : 2AABb : 4AaBb : 2aaBb : 1aaBB : 2Aabb : 1AAbb : 1aabb$ . Segregarea fenotipurilor în cazul dominanței complete va arăta  $9A\_B\_ : 3A\_bb : 3aaB\_ : 1aabb$ . Acest raport al fenotipurilor poate fi obținut și prin altă metodă, doar înmulțind disjuncția fenotipurilor pentru fiecare caracter aparte:  $(3A\_ + 1aa) \cdot (3B\_ + 1bb) = 9A\_B\_ : 3A\_bb : 3aaB\_ : 1aabb$ . Construirea grilei lui Punnett și înmulțirea probabilităților sunt echivalente între ele. Astfel, în cazul moștenirii independente și dominanței complete la încrucișarea a doi diheterozigoți printre descendenți vor fi patru fenotipuri în raport de  $9 : 3 : 3 : 1$ . Această segregare pentru prima dată a fost obținută de Gregor Mendel în experimentele lui cu mazărea de grădină. Atunci încă nu se știa despre ADN, cromozomi și meioză, dar, în urma unei analize detaliate a rezultatelor experimentului, savantul a ajuns la concluzia despre moștenirea independentă a caracterelor. O astfel de legitate, care este urmarea directă a disjuncției cromozomilor în meioză, a fost stabilită în secolul al XIX-lea și cunoscută sub denumirea de **legea a treia a lui Mendel**.

## Legile lui Mendel nu sunt îndeplinite întotdeauna

Noi am examinat legitățile, de la descoperirea cărora a început genetica. Aceste legi au fost descoperite în anii 60 ai secolului al XIX-lea și, în cinstea descoperitorului lor au fost numite legile lui Mendel. Să le enumerăm încă o dată.

### Legea uniformității hibridilor din prima generație (prima lege a lui Mendel).

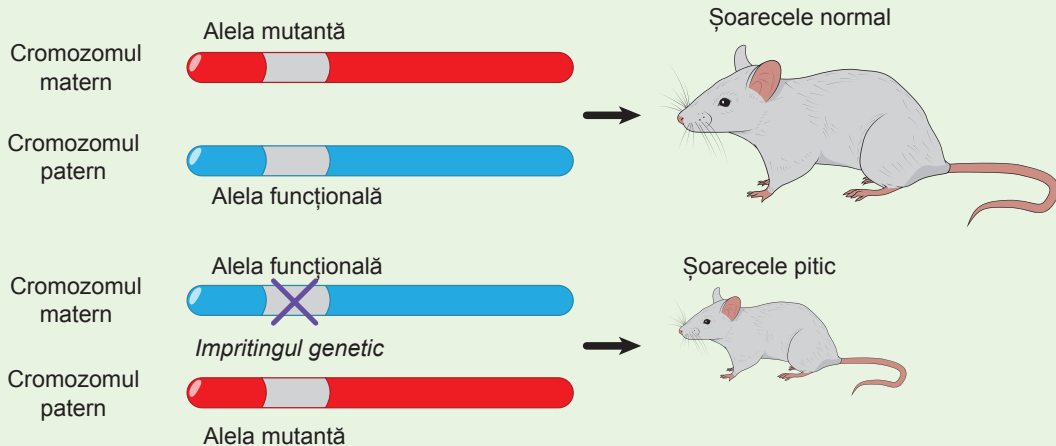
La încrucișarea a două organisme homozigote, care se deosebesc după o pereche de manifestări alternative ale caracterelor, toți hibridii din prima generație vor fi uniformi și vor manifesta caracterele unui părinte.

**Legea segregării caracterelor hibridilor din a doua generație (a doua lege a lui Mendel).** La încrucișarea a doi descendenți heterozigoți din prima generație, în a doua generație în cazul dominanței complete se observă segregarea de 3 : 1 după fenotip.

**Legea moștenirii independente (legea a treia a lui Mendel).** La încrucișarea a doi indivizi, care se deosebesc după două (sau mai multe) caractere, caracterele (și genele corespunzătoare lor) sunt moștenite în mod independent și produc toate combinațiile posibile.

Legile lui Mendel au fost deduse în a doua jumătate a sec. al XIX-lea, atunci când cunoștințele despre ADN, gene, cromozomi și meioză încă nu erau sau erau doar în curs de dezvoltare. La începutul sec. XX s-au constatat principiile, care explică fiecare dintre legile lui Mendel. Însă cunoștințele umane despre genetică s-au extins și au fost cercetate situațiile, în care legile lui Mendel nu sunt confirmate. Nu trebuie de înțeles acest fapt, ca o ruinare a mendelismului și geneticii, pur și simplu aceste legi descriu doar un anumit domeniu de fenomene, în afara căruia ele, în aceste formulări, nu mai funcționează. Aceste situații le vom examina în următoarele paragrafe, dar mai întâi să determinăm condițiile, în care legile lui Mendel se adevăresc.

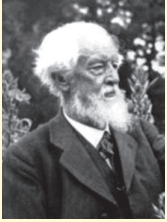
1. *Moștenirea monogenică.* Manifestările alternative ale unui caracter la indivizi, ce se încrucișează, sunt determinate de deosebirea alelelor doar a unei gene.



**Fig. 32.3. Imprintingul genetic**

*Alela funcțională a genei factorului de creștere cauzează mărimea normală a corpului puiului de șoarece, alela mutantă cauzează nanismul. Dacă alela mutantă este situată în cromozomul matern, ea „tace”, puiul de șoarece va avea dimensiuni normale ale corpului. Dacă alela mutantă este situată în cromozomul patern, ea se va manifesta în fenotip și se naște un șoarece pitic.*





## Hugo de Vries

S-a născut în 1848, în Haarlem, vestul Olandei. A învățat la Universitatea din Leiden, unde a studiat botanica. El a fost profesor al Universității din Amsterdam și director de la Grădina Botanică Amsterdam. De Vries este cunoscut ca cercetător al presiunii osmotice la organismele vegetale și fenomenele plasmolizei și deplasmolizei. În 1900 a confirmat rezultatele experimentelor lui Gregor Mendel, ceea ce a devenit un imbold pentru dezvoltarea rapidă a geneticii. Însă principala realizare a lui Hugo de Vries este crearea teoriei mutațiilor. Savantul era de părerea, că speciile noi sunt formate în urma modificărilor materialului ereditar – a mutațiilor. A murit de Vries în 1935 în moșia sa, Lunteren în estul Olandei.

2. **Două alele alternative.** La încrucișare sunt luate în considerare doar două alele alternative. Acest fapt rezultă din condiția încrucișării inițiale a două linii pure, adică organisme homozigote.
3. **Organismele diploide.** Sunt examinate organismele diploide. Într-adevăr, dacă organismele sunt tetraploide, în prima generație vom obține uniformitate, dar segregarea în a doua generație diferă de 3 : 1.
4. **Genele sunt moștenite în mod independent.** Probabilitatea unei alele a unei gene de a nimeri în gamet nu depinde de nimerirea alelei altei gene în gamet. Pentru aceasta genele trebuie să fie localizate în cromozomi diferiți.
5. **Ereditatea nucleară.** Genele responsabile pentru exprimarea caracterelor se conțin în cromozomii nucleari. Într-adevăr, după cum știm, împreună cu ereditatea nucleară există și cea citoplasmatică. Drept exemple pot servi genele mitocondriale. Mitocondriile umane sunt moștenite pe linia maternă (prin ovul), deci în zigot sunt gene mitocondriale doar de la un singur părinte (la om – maternel).
6. **Lipsa memorizării genetice.** Unele gene sunt active în dependență de cromozom, în care gena este localizată – matern sau patern. Pentru aceste alele nu există noțiunea de dominantă – manifestarea efectului depinde numai de cromozom. Acest fenomen este numit imprinting genetic și este larg răspândit, în special, la mamifere (fig. 32.3).
7. **Lipsa efectului matern.** Efectul matern reprezintă fenomenul, când fenotipul descendenților este determinat de genotipul mamei și nu depinde de genele moștenite de la tată. Efectul matern se poate datora faptului că, în primele stadii ale dezvoltării embrionare, în organism aproape nu funcționează propriile gene – tot ADN-ul participă la replicare. Astfel, majoritatea genelor, care funcționează în embrion sunt materne, ARNm al cărora a rămas în citoplasma ovulului. Din aceasta rezultă, că un șir de caractere, care sunt asociate cu stadiile inițiale ale dezvoltării embrionare, sunt complet determinate de genomul mamei.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1) Formula corectă a segregării la încrucișarea a doi diheterozigoți este  
A 3 : 1    B 9 : 9 : 3 : 1    C (3 : 1)<sup>3</sup>    D 9 : 3 : 1    E 9 : 3 : 1 : 1

- 2** Baza biologică a legii a treia a lui Mendel este faptul că  
**A** genele sunt situate într-un cromozom  
**B** în timpul meiozei într-un gamet nimeresc ambii cromozomi din pereche  
**C** se manifestă dominanța completă  
**D** diferite gene sunt localizate în diferiți cromozomi  
**E** fiecare gamet este unic, nu seamănă cu altul
- 3** În urma polenizării plantei, care are frunze mozaicate cu polenul de pe o plantă, care are frunze verzi, toți descendenții sunt cu frunze mozaicate. La polenizarea plantei verzi, cu polenul plantei mozaic – toți descendenții au frunze verzi. Astfel de moștenire  
**A** corespunde legilor lui Mendel  
**B** nu corespunde legilor lui Mendel  
**C** corespunde segregării de 3 : 1  
**D** corespunde numai primei legi a lui Mendel  
**E** orespunde segregării de 1 : 1
- 4** Memorizarea genetică NU duce la  
**A** manifestarea caracterelor recesive în prezența celor dominante  
**B** moștenirea pe linia maternă  
**C** încălcarea dominației  
**D** inactivarea genelor unuia din părinți  
**E** dispariția genelor

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** Care cunoștințe actuale ne ajută să explicăm legile lui Mendel?
- 6** Câte tipuri de gameți în timpul meiozei poate forma un heterozigot după 10 gene, dacă toate ele sunt situate în diferiți cromozomi?
- 7** De ce segregarea generală după încrucișarea diheterozigoților este egală cu produsul segregării de la încrucișarea monohibridă a heterozigoților?
- 8** De ce segregarea după genotip și segregarea după fenotip la încrucișarea diheterozigoților se deosebesc?
- 9** Care condiții sunt necesare pentru apariția „efectului matern”, la care caracterele se moștenesc pe linia maternă?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10** Ce tip de segregare va fi în a doua generație la încrucișarea dihibridă a două linii pure, dacă organismele sunt tetraploide (conțin patru copii ale fiecărui cromozom), iar gameții lor sunt diploide?
- 11** De ce genetica bacteriilor nu se supune legilor lui Mendel?

### Află singur și comunică altora

- 12** Se consideră, că legile lui Mendel au o natură statistică. Prin ce se explică acest fapt și de ce Mendel, pentru a determina legitățile eredității trebuia să numere mii de boabe de mazăre?
- 13** De ce încrucișarea cu homozigotul recesiv se numește încrucișare analizatoare? Ce rezultate putem aștepta în urma încrucișării analizatoare a variantelor de mazăre, obținute de Mendel?

## § 33. Interacțiunea genelor

### Caracterele pot fi formate sub influența mai multor gene

În paragrafele precedente noi am studiat influența unei singure gene asupra dezvoltării caracterelor. Însă, de obicei, caracterul fenotipic rezultă din interacțiunea mai multor gene. De aceea este necesar să examinăm situația, în care asupra dezvoltării caracterului influențează mai multe gene.

Deci, să analizăm căile biochimice responsabile de sinteza unei substanțe colorate – pigmentului, care asigură culoarea florilor.



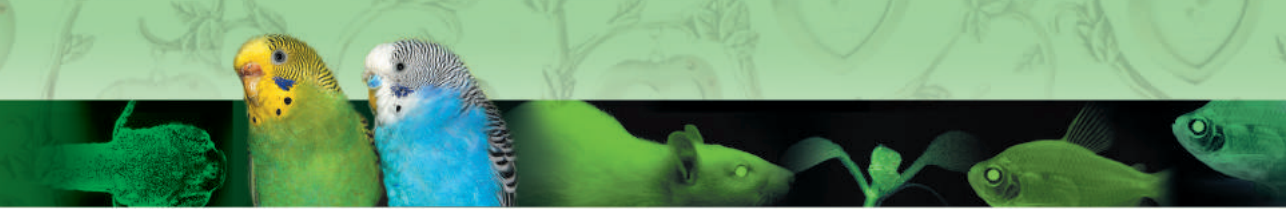
Formarea pigmentului, conform schemei propuse, are loc în două etape catalizate de enzimele E1 și E2. Să presupunem, că enzima E1 este codificată de gena A, iar enzima E2 – de gena B. Totodată la, fiecare din gene sunt câte două alele: dominante (A și B) și recesive (a și b). Alela dominantă a fiecărei gene codifică o enzimă funcțională, capabilă să efectueze reacția sa, iar cea recesivă – enzima nefuncțională, care nu este capabilă de cataliză. Să examinăm, care sunt fenotipurile plantelor cu diferite genotipuri (tab. 33.1).

Tabelul 33.1. Genotipurile și fenotipurile plantelor (varianta 1)

Genotipul	Enzima funcțională E1	Enzima funcțională E2	Pigmentul	Culoarea florilor
<i>AABB</i>	+	+	+	Roșie
<i>AaBB</i>	+	+	+	Roșie
<i>AABb</i>	+	+	+	Roșie
<i>AaBb</i>	+	+	+	Roșie
<i>aaBB</i>	-	+	-	Albă
<i>aaBb</i>	-	+	-	Albă
<i>AAbb</i>	+	-	-	Albă
<i>Aabb</i>	+	-	-	Albă
<i>aabb</i>	-	-	-	Albă

După cum vedem, pentru formarea pigmentului și dezvoltarea florilor de culoare roșie este necesară prezența ambelor enzime funcționale E1 și E2, care sunt codificate de gene diferite.

Iar acum să examinăm segregarea în cazul încrucișării a două linii pure: *AABB* și *aabb*. Dar înainte de a începe analiza, să menționăm, că noi examinăm moștenirea independentă a două gene. Astfel, repartizarea genotipurilor va coincide cu o astfel de repartizare pentru încrucișarea dihibridă. De asemenea, în toate cazurile se va manifesta uniformitatea în prima generație și segregarea în a doua. Segregarea genotipurilor în a doua generație va fi aceeași în toate cazurile și se va reprezenta pe grila lui Punnett



pentru încrucișarea dihibridă. Totul, ce se cere de la noi – să colorăm grila lui Punnett în culori respective, ca să prezentăm fenotipurile.

Pentru a doua generație, alcătuim grila lui Punnett, folosind datele din tabelul 33.1.

Astfel noi am primit în a doua generație segregarea fenotipurilor de **9 : 7**.

Să încercăm să modificăm ușor schema propusă de formare a culorii. Fie că produsul intermediar tot este colorat și culoarea lui diferă de culoarea pigmentului final.

Gameții	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB	AaBB	AABb	AaBb
aB	AaBB	aaBB	AaBb	aaBb
Ab	AABb	AaBb	AAbb	Aabb
ab	AaBb	aaBb	Aabb	aabb



Acum caracterul „culoarea florii” are trei manifestări alternative: albă, portocalie și roșie. Să completăm un tabel analogic pentru această schemă a biosintezei pigmentului (tab. 33.2).

**Tabelul 33.2. Genotipurile și fenotipurile plantelor (varianta 2)**

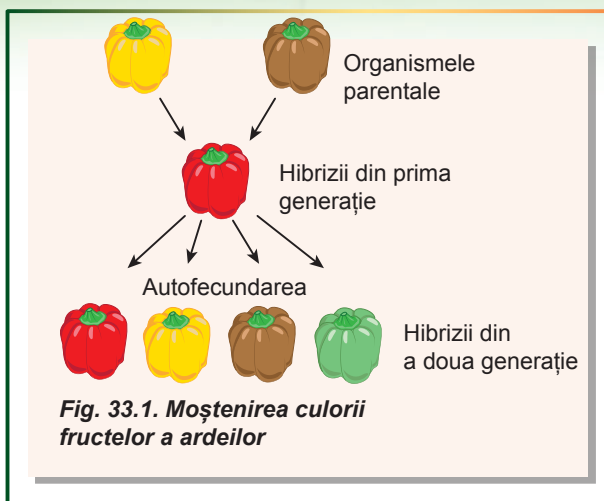
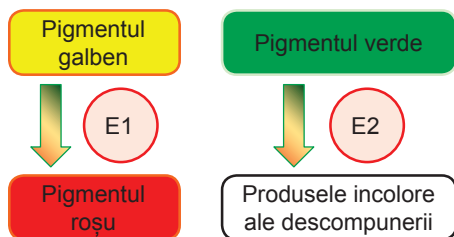
Genotipul	Enzima funcțională E1	Enzima funcțională E2	Produsul intermediar portocaliu	Pigmentul roșu	Culoarea florilor
AABB	+	+	+	+	Roșie
AaBB	+	+	+	+	Roșie
AABb	+	+	+	+	Roșie
AaBb	+	+	+	+	Roșie
aaBB	-	+	-	-	Albă
aaBb	-	+	-	-	Albă
AAbb	+	-	+	-	Portocalie
Aabb	+	-	+	-	Portocalie
aabb	-	-	-	-	Albă

După cum vedem, în prezența enzimei E1, și lipsei E2 sinteza se oprește la pigmentul portocaliu, astfel încât culoarea florilor este portocalie. În urma încrucișării toți indivizii primei generații au genotipul *AaBb* și flori de culoare roșie. Pentru a doua generație alcătuim grila lui Punnett, folosind datele din tabelul 33.2. Deci, în a doua generație avem segregarea de **9 : 3 : 4**.

Gameții	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB	AaBB	AABb	AaBb
aB	AaBB	aaBB	AaBb	aaBb
Ab	AABb	AaBb	AAbb	Aabb
ab	AaBb	aaBb	Aabb	aabb



În cele din urmă să examinăm o schemă mai complicată a moștenirii culorii fructelor la ardei (fig. 33.1). La formarea culorii sunt implicate deodată două căi biochimice diferite.



**Fig. 33.1. Moștenirea culorii fructelor a ardeilor**

Astfel, enzima E1 răspunde pentru sinteza pigmentului roșu din galben, iar enzima E2 – pentru descompunerea pigmentului verde. În cazul prezentei concomitente a pigmentilor verde și galben, cel verde maschează pigmentul galben. În cazul prezentei pigmentilor roșii și verzi, fructele sunt de culoare cafenie. Să completăm tabelul analogic pentru acest caz (tab. 33.3).

**Tabelul 33.3. Genotipurile și fenotipurile plantelor (varianta 3)**

Genotipul	Enzima funcțională E1	Enzima funcțională E2	Pigmentul galben	Pigmentul roșu	Pigmentul verde	Culoarea fructelor
<i>AABB</i>	+	+	-	+	-	roșu
<i>AaBB</i>	+	+	-	+	-	roșu
<i>AABb</i>	+	+	-	+	-	roșu
<i>AaBb</i>	+	+	-	+	-	roșu
<i>aaBB</i>	-	+	+	-	-	galben
<i>aaBb</i>	-	+	+	-	-	galben
<i>AAbb</i>	+	-	-	+	+	cafenie
<i>Aabb</i>	+	-	-	+	+	cafenie
<i>aabb</i>	-	-	+	-	+	verde

Dacă utilizăm datele din tabelul 33.3, atunci grila lui Punnett va arăta la fel ca și la pagina 185.

În acest caz avem segregarea **9 : 3 : 3 : 1**. Aceasta este foarte asemănător cu segregarea în caz de încrucișare dihibridă, doar cu diferența, că sunt analizate nu două caractere (ca, de exemplu, culoarea și forma semințelor), ci unul (culoarea fructului).







Toate segregările, discutate mai sus, sunt modificări ale schemei 9 : 3 : 3 : 1. Într-adevăr,  $9 : 7 = 9 : (3 + 3 + 1)$ , iar  $9 : 3 : 4 = 9 : 3 : (3 + 1)$ . Aceasta reflectă natura moștenirii digenice. Varianta de moștenire digenică, când caracterele organismului sunt cauzate de prezența obligatorie a două gene într-o anumită stare (de obicei dominantă), se numește **complementaritate**.

Gameții	AB	aB	Ab	ab
AB	AABB	AaBB	AABb	AaBb
aB	AaBB	aaBB	AaBb	aaBb
Ab	AABb	AaBb	AAbb	Aabb
ab	AaBb	aaBb	Aabb	aabb

## Caracterele cantitative se moștenesc poligenic

Pentru unele caractere se evidențiază un grad diferit de manifestare în dependență de genotip. Astfel, culoarea pielii omului, este cauzată de patru gene de bază (tab. 33.4). Fiecare dintre aceste gene în formă de alelă dominantă determină sinteza pigmentului întunecat melanina. Cu cât mai multe alele dominante sunt într-un genotip, cu atât mai mult pigment este în piele și cu atât mai închisă este pielea: oameni cu piele neagră au 7–8 alele dominante, mulatri – 4–6, iar cu piele deschisă – 1–3. Între alelele unei gene este o dominanță incompletă, altfel ar fi fost imposibilă schimbarea treptată a caracterului. Un astfel tip de moștenire, la care gradul de manifestare a caracterelor depinde de numărul de gene dintr-o anumită stare, se numește **polimerie**.

Tabelul 33.4. Moștenirea culorii pielii la om

Numărul de alele dominante a sintezei melaninei					
1	3	4	6	7	8
					

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- Pentru segregarea 9 : 3 : 4 trebuie să fie

  - A mai mult de două alele ale unei gene
  - B trei manifestări alternative ale caracterului
  - C mai mult de două gene cu două alele fiecare
  - D dominanță incompletă în cel puțin la o pereche de alele
  - E moștenirea independentă a trei gene
- La om o genă este responsabilă pentru formarea urechii interne (gena R), iar alta pentru formarea nervului auditiv (gena T), însă alelele lor recesive provoacă surditatea. Omul cu genotip rrTt are următorul fenotip:

  - A surd, fără nervul auditiv format
  - B aude, dar fără urechea internă formată
  - C surd, fără urechea internă formată
  - D surd, fără urechea internă formată și fără nervul auditiv format
  - E aude, are o ureche normală

- 3 La iepuri sinteza pigmentului întunecat este determinată de prezența alelei dominante C, în caz de lipsă a pigmentului culoarea blăunii este albă. O altă genă nealelă determină distribuirea pigmentului în păr: alela dominantă A determină culoarea cenușie, iar cea recesivă a – neagră. La încrucișarea a două diheterozigote după culoarea blăunii la iepuri se așteaptă următoarea segregare  
**A** 9 : 3 : 3 : 1    **B** 9 : 7    **C** 9 : 3 : 4    **D** 1 : 1    **E** 3 : 1
- 4 Diversitatea culorilor la fructe de ardei este cauzată de  
**A** dominanța incompletă a alelelor unei gene  
**B** moștenirea culorii de tip polimer  
**C** înlănțuirea moștenirii culorii  
**D** imprintingul genetic al alelei unei gene  
**E** moștenirea complementară a culorii
- 5 La încrucișarea ardeiului roșu dihomozigot și verde dihomozigot descendenții vor fi  
**A** toți roșii    **B** toți verzi  
**C** roșii și verzi în raport de 1 : 1  
**D** roșii și galbeni, în raport de 3 : 1  
**E** roșii, galbeni și verzi în raport de 9 : 3 : 4

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce în primul caz, care a fost descris în paragraf, sunt mai multe plante colorate decât incolore, deși în tabelul diversității genotipurilor pentru acest caz (tab. 33.1) ele sunt mai puține?
- 7 De ce la ardei este imposibil de obținut culoarea portocalie a fructelor prin amestecarea culorilor galbene și roșii?
- 8 Care este cauza faptului, că segregarea în cazul interacțiunii complementare a genelor este derivată din segregarea clasică 9 : 3 : 3 : 1?
- 9 Cuvântul „complement” are o rădăcină latină, care înseamnă „adaos”. Explicați, de ce interacțiunea dintre gene este numită complementară.
- 10 În cazul polimeriei, au oare vreo importanță, genele dominante ale căror alele sunt în genotip? Descrieți mecanismele biochimice ale polimeriei.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 De ce nu întotdeauna poate fi determinat tipul de interacțiune între gene?
- 12 De ce este posibilă situația, când o genă determină deodată câteva caractere fenotipice? Dă exemple de astfel de gene.
- 13 Ce tip de segregare trebuie de așteptat de la încrucișarea a doi diheterozigoți, dacă alele dominante ale genelor determină sinteza succesivă a pigmenților, ca în prima schemă de moștenire a paragrafului, dar toate formele pigmentului au diferite culori?

### Află singur și comunică altora

- 14 În afară de polimerie și complementaritate, este posibilă interacțiunea genelor în formă de epistazie. Ce este asemănător și prin ce diferă aceste trei tipuri de interacțiune?
- 15 Care este sensul biologic al interacțiunii genelor nealele?

## § 34. Gena ambreiajului și încrucișarea

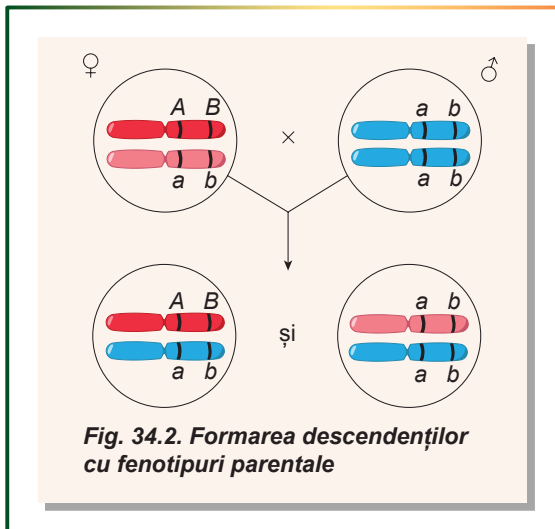
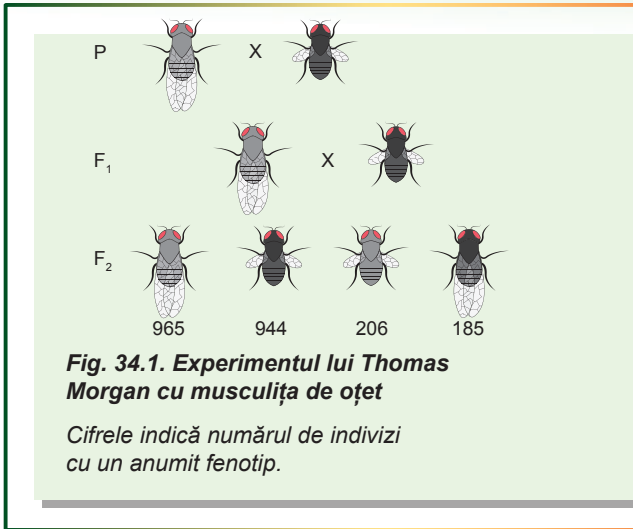
### Genele, situate în același cromozom, se moștenesc înlănțuit

În paragrafele precedente noi am examinat genele ca purtători elementari ai informației genetice. Precum și combinațiile de alele determină manifestarea fenotipică a caracterelor. Dar nu trebuie de uitat, că genele sunt porțiuni ale ADN-ului, iar purtătorul fizic al ADN-ului este cromozomul. Legea moștenirii independente a lui Mendel poate fi explicată prin repartizarea independentă a cromozomilor în timpul meiozei. Astfel, repartizarea alelelor în timpul formării gameților repetă cu exactitate comportamentul cromozomilor în timpul meiozei.

Numărul de gene depășește cu mult numărul de cromozomi. Evident, că în același cromozom sunt sute și chiar mii de gene. Putem presupune, că genele, localizate în același cromozom, tind să fie moștenite împreună. Aceste gene sunt numite **gene înlănțuite**. Pentru a afla modul, în care înlănțuirea genelor influențează asupra genotipurilor, să examinăm cum se moștenesc la musculița de oțet două gene, localizate în același cromozom. Una din aceste gene răspunde de culoarea corpului, a doua – de forma aripilor. Alela *A* este responsabilă de culoarea normală cenușie a corpului, alela *a* – de culoarea neagră, alela *B* – de aripi de formă normală, alela *b* – pentru aripi scurte.

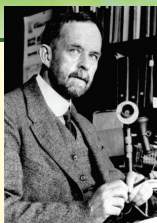
La încrucișarea musculiței cu corp cenușiu și aripi normale (genotipul *AABB*) cu musculițe cu corp negru și aripi scurte (genotipul *aabb*) toți descendenții au avut fenotip de tip sălbatic: corp cenușiu și aripi normale<sup>1</sup> (fig. 34.1). Acest rezultat al încrucișării corespunde legii uniformității hibridilor din prima generație. Apoi, musculițele din descendența rezultată le-au încrucișat cu musculițe negre cu aripi scurte. Printre urmași au fost indivizi cu toate combinațiile posibile de culoare și formă a aripilor, dar în mod clar predominau indivizi cu fenotipurile părinților: de culoare cenușie a corpului și aripi normale și cu corp negru și aripi scurte.

Astfel, noi observăm abatere evidentă de la raportul de 1 : 1 : 1 : 1, care este dictată de legea a treia a lui Mendel. Predominanța la urmași a indivizilor cu fenotip



1 Acest fenotip este cel mai frecvent în natură, de aceea este numit „de tip sălbatic”.





## Thomas Morgan

S-a născut în 1866 în Lexington (Kentucky, SUA). A absolvit Colegiul de Stat din Kentucky. Efectua cercetări zoologice la stațiuni biologice marine. După ce a vizitat grădina lui Hugo de Vries din Amsterdam Morgan s-a cointerestat de mutații, iar apoi, în general, de cercetări genetice. Anume el a introdus în știință un nou obiect de cercetare – musculița de oțet drozofial. Toate experimentele ulterioare Thomas Morgan le-a efectuat pe această insectă. Savantul a reușit să adune un grup de cercetători talentați și, împreună cu ei a formulat tezele de bază ale teoriei cromozomiale a eredității. În 1933 Morgan a primit Premiul Nobel „pentru descoperirile, legate de rolul cromozomilor în ereditate”. Thomas Morgan a murit în 1945, în Pasadena (California, SUA).

parental (cu așa-numitul **fenotip nerecombinant**) poate fi explicată prin localizarea genelor într-un cromozom. Într-adevăr, dacă individul cu genotipul  $AaBb$  conține alelele dominante într-un cromozom și recesive – în al doilea, el va forma două tipuri de gameți:  $AB$  și  $ab$ . Aceasta se datorează faptului, că genele alele dominante în timpul meiozei nimeresc împreună într-un gamet. Același lucru se întâmplă cu două alele recesive.

Cu toate acestea, dacă înlănțuirea între gene ar fi fost completă, atunci diheterozigotul ar fi format numai două tipuri de gameți. Iar printre urmașii de la încrucișarea cu dihomozigotul recesiv ar fi doar două clase fenotipice. Însă noi observăm prezența indivizilor cu fenotipuri, ce diferă de cele ale părinților (așa-numitelor **fenotipuri recombinante**), cu toate că partea lor este mai mică, decât în cazul moștenirii independente a caracterelor. Aceasta indică prezența mecanismului, datorită căruia alelele unei gene pot să se schimbe cu locurile în cromozomii omologi.

## Înlănțuirea este perturbată de crossing-over

La încrucișarea musculițelor s-a clarificat, că pe lângă descendența nerecombinantă apare și un număr mic de urmași recombinanți. A explica apariția lor prin condiția înlănțuirii genelor este destul de problematic. Într-adevăr, în procesul meiozei are loc reconstruirea cromozomilor, care se numește crossing-over (despre el deja s-a menționat în § 29). În timpul crossing-overului cromozomii omologi se împreunează unul cu altul. Totodată între cromozomi are loc schimbul cu porțiuni identice (fig. 34.3). În acest mod alelele, situate în diferiți cromozomi, se schimbă cu locurile.

Crossing-overul poate explica apariția descendenței recombinante în încrucișarea de mai sus (fig. 34.4). Deoarece crossing-overul între genele  $A$  și  $B$  decurge doar în unele, dar nu în toate perechile de cromozomi, cea mai mare parte a urmașilor rămâne nerecombinantă.

La diheterozigoții  $AaBb$ , când alelele dominante sunt situate într-un cromozom, iar recesive – în altul, majoritatea gameților conțin sau cromozomul  $AB$ , sau  $ab$ . Însă în 17% de cazuri între aceste gene are loc crossing-overul, la care alelele dominante

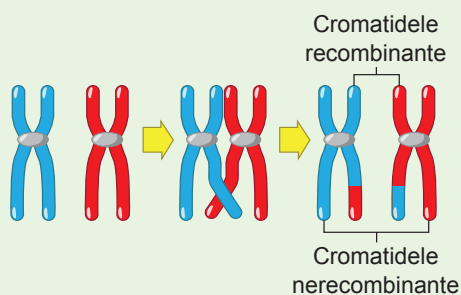
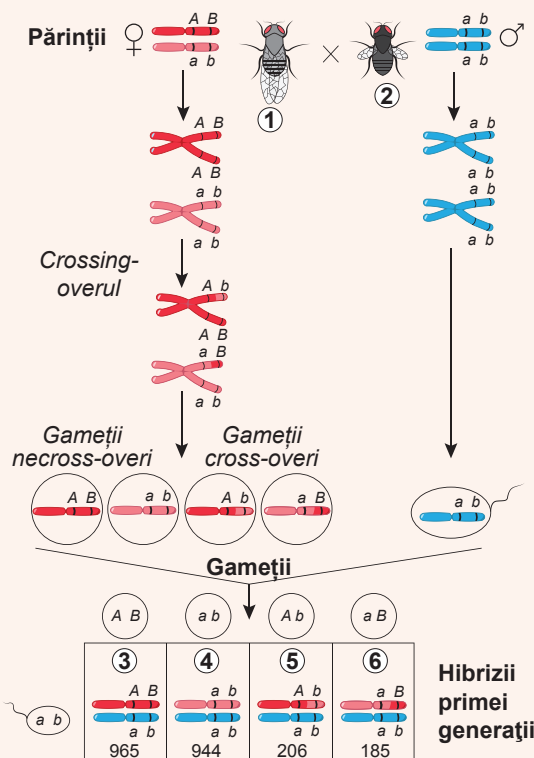


Fig. 34.3. Schema crossing-overului



**Fig. 34.4. Lămurirea apariției musculițelor recombinante în descendență la încrucișarea femelei diheterozigote cu masculul mutant**

1. Culoarea cenușie a corpului și aripile normale.
2. Culoarea neagră a corpului și aripile scurte.
3. Culoarea cenușie a corpului și aripile normale.
4. Culoarea neagră a corpului și aripile scurte.
5. Culoarea cenușie a corpului și aripile scurte.
6. Culoarea neagră a corpului și aripile normale.

**Frecvența recombinanților**

$$\frac{206 + 185}{965 + 944 + 206 + 185} \cdot 100\% = 17\%$$

și recesive se schimbă cu cromozomii. Ca urmare, apar gameți cross-overi  $Ab$  și  $aB$ . Homozigotul produce doar un singur tip de gameți –  $ab$ . În cazul fecundației cu participarea gameților necross-overi se formează indivizi cu fenotipuri parentale. Iar în 17% de cazuri se formează indivizi cu fenotipuri recombinante.

Cu cât mai departe sunt situate genele una de alta, cu atât mai mare este frecvența crossing-overului. Dacă frecvența crossing-overului trece peste 50%, moștenirea acestor gene, chiar și dacă ele sunt situate în același cromozom, este independentă.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1. În timpul crossing-overului își schimbă poziția sa  
**A** o pereche de cromozomi    **B** alelele unei singure gene    **C** alelele genelor diferite  
**D** genele unei perechi de cromozomi    **E** diferiți gameți
2. Dacă genele sunt localizate la capetele opuse ale cromozomului lung, atunci  
**A** probabilitatea crossing-overului este de 1%    **B** probabilitatea crossing-overului este de 50%  
**C** probabilitatea crossing-overului este de 0,1%    **D** probabilitatea crossing-overului este de 17%  
**E** probabilitatea crossing-overului este de 100%

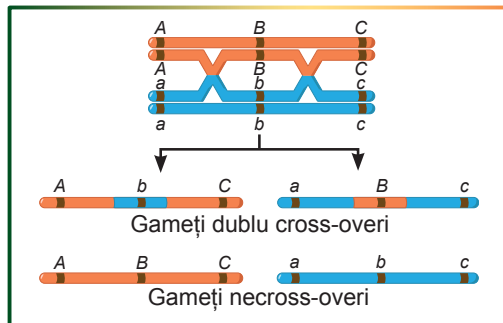
- 3** Tipul sălbatic al musculiței de oțet are  
**A** culoarea cenușie, aripile scurte și genotipul  $AaBb$   
**B** culoarea cenușie, aripile scurte și genotipul  $AAbb$   
**C** culoarea cenușie, aripile normale și genotipul  $aabb$   
**D** culoarea cenușie, aripile normale și genotipul  $AABB$   
**E** culoarea cenușie, aripile normale și genotipul  $AABb$
- 4** La încrucișarea diheterozigotului și dihomozigotului recesiv după genele musculiței de oțet  $A$  și  $B$ , probabilitatea apariției musculițelor cu un fenotip parental în a doua generație este de  
**A** 8,5%   **B** 17%   **C** 41,5%   **D** 50%   **E** 83%
- 5** Frecvența crossing-overului între genele  $C$  și  $D$  este 5%. De la încrucișarea diheterozigotului  $CcDd$  și dihomozigotului recesiv  $ccdd$  se așteaptă o segregare de  
**A** 1 : 1 : 1 : 1   **B** 95 : 95 : 1 : 1   **C** 19 : 19 : 1 : 1   **D** 40 : 40 : 10 : 10   **E** 95 : 5

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care sunt condițiile moștenirii independente a genelor înlănțuite?
- 7** Care este cauza creșterii frecvenței crossing-overului odată cu creșterea distanței dintre gene?
- 8** De ce alele dominante și recesive în experimentele lui Morgan cu musculițele de oțet au nimerit în diferiți cromozomi la hibridii din prima generație?
- 9** De ce organismele cu fenotipuri recombinante nu sunt mai multe ca organismele nerecombinante?
- 10** Ce fenotipuri și în ce raporturi ar avea descendenții în experimentul cu musculițele de oțet, dacă crossing-overul nu ar fi avut loc?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Între trei gene sunt posibile două chiasme ale crossing-overului (ca în imagine). Explicați cauza faptului, că procentul de gameți dublu cross-overi este mai mic, decât era de așteptat teoretic.
- 12** Oare la toate organismele genele sunt localizate în cromozom liniar și nu se suprapun?



### Află singur și comunică altora

- 13** În ce mod, datele despre probabilitatea crossing-overului au ajutat la alcătuirea hărților cromozomiale?
- 14** De care factori depinde frecvența crossing-overului pentru o pereche de gene?
- 15** Lămurește teoria cromozomială a eredității. Ce însemnătate a avut ea pentru dezvoltarea biologiei?

## § 35. Genetica sexului

### În natură se întâlnesc organisme hermafrodite și unisexuate

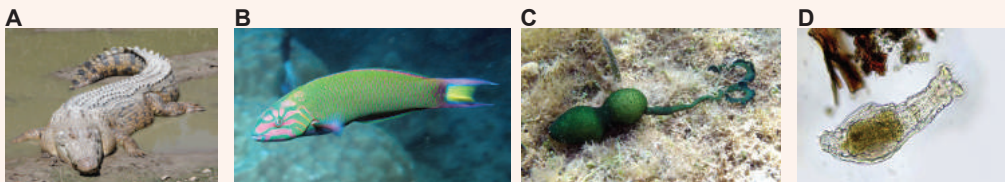
Majoritatea organismelor eucariote pluricelulare se înmulțesc pe cale sexuată. Reproducerea sexuată a organismelor pluricelulare include formarea gameților masculini și feminini, care se contopesc unul cu altul în procesul de fecundație. Gameții la animale, de obicei, se formează în organe specializate pluricelulare, numite **gonade**, sau **glande sexuale**.

Unele specii au și gonade masculine, și feminine la un singur individ. Astfel de organisme sunt numite **hermafrodite**. Hermafrodiții sunt răspândiți în regnul animal: populațiile multor moluște și viermi sunt formate din indivizi hermafrodiți. Însă majoritatea hermafrodiților practică fecundarea încrucișată. În acest caz în procesul de împerechere organismul-hermafrodit joacă rolul de sex feminin sau masculin, adică este sursa de spermatozoizi sau ovule. Partenerul lui hermafrodit îndeplinește un rol de sex opus. Numai o parte mică de hermafrodiți practică autofecundarea.

Iar dacă glandele sexuale masculine și feminine sunt situate la diferiți indivizi, atunci organismele sunt **unisexuate**. Iar fiecare individ produce celule sexuale de un singur tip – sau ovule, sau spermatozoizi<sup>1</sup>.

### Sexul viitorului organism este determinat în momentul fecundației

După fecundare apare întrebarea, de ce sex va fi organismul viitor. În natură există diferite moduri de determinism sexual. Exemple de unele dintre ele sunt prezentate în figura 35.1.



**Fig. 35.1. Organismele cu diferite metode de determinism sexual**

**A.** La crocodilii sexul este determinat de temperatura, la care se dezvoltă ouăle. Dacă oul s-a dezvoltat la o temperatură de 31–32°C, atunci se eclozează masculi, dacă la temperatură mai mică sau mai mare – femelele. **B.** La majoritatea speciilor peștilor din familia labridelor toți alevinii se dezvoltă în femele, dar apoi, dacă nu ajung masculi în populație, unii dintre ei își schimbă sexul său. **C.** La nevertebratul *Bonellia verde* dacă larva se așază pe sol, ea se transformă în femelă, iar dacă pe trompa femelei – se dezvoltă în mascul microscopic, care parazitează pe femelă. **D.** Multe rotifere – nevertebrate acvatice microscopice – cea mai mare parte a anului sunt femele, care se dezvoltă din ouă nefecundate. Dar în condiții nefavorabile, cum ar fi răcirea sau seceta, femelele depun ouă mici, din care se dezvoltă masculi.

<sup>1</sup> Populațiile unor organisme pluricelulare sunt reprezentate doar cu femele. De exemplu, la șopârta armeană nu au fost găsiți masculi, descendența se dezvoltă din ouă nefecundate. La afide și crustaceele cladocere puricii de baltă cea mai mare parte a anului sunt numai femele, masculii apar doar toamna pentru fecundarea ouălor. Însă dezvoltarea femelelor din ouă nefecundate – **partenogeneza** – este considerată drept reproducere sexuată, deoarece ea include meioză și formarea gameților, fie numai de același tip.



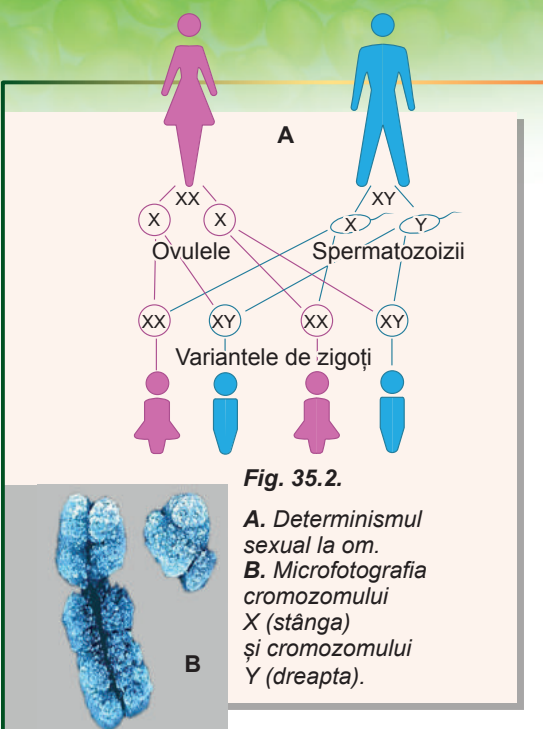


Fig. 35.2.

A. Determinismul sexual la om.  
B. Microfotografia cromozomului X (stânga) și cromozomului Y (dreapta).

Cu toată diversitatea mecanismelor determinismului sexual, în majoritatea cazurilor, el este cauzat genetic. Aceasta înseamnă că dezvoltarea organismului feminin sau masculin depinde de prezența anumitor gene. Multe organisme au **cromozomi sexuali** specializați, prezența sau absența cărora determină apariția caracterelor de anumit sex. Omul are o pereche de cromozomi sexuali, care este însemnată prin literele X și Y. La femei sunt doi cromozomi X, în timp ce la bărbați – un cromozom X și un cromozom Y (fig. 35.2). Deși cromozomii X și Y diferă suficient unul de altul, ei sunt cromozomi omologi și se comportă în mitoză și în meioză ca și alți cromozomi omologi<sup>1</sup>. Este ușor de priceput, că toate ovulele umane conțin un cromozom X, adică sunt identice după cariotip. De aceea sexul feminin este numit **homogametic**. Iar spermatozoidul conține sau cromozomul X sau Y. De aceea sexul masculin la om se numește **heterogametic** – bărbații produc spermatozoizi de două tipuri. Evident, că sexul copilului viitor este determinat de faptul, cu care tip de cromozom se contopește spermatozoidul cu ovulul.

La fel este determinat sexul și la obiectul preferat al cercetărilor genetice – la musculița de oțet. Femelele ei au doi cromozomi X, iar masculii – cromozomii X și Y<sup>2</sup>. Dar nu întotdeauna sexul masculin este heterogametic. La păsări, de exemplu, sexul heterogametic este cel feminin, iar sexul masculin – homogametic.

## Genele, înlănțuite cu sexul, sunt localizate în cromozomii sexuali

După cum se vede din figura 35.2, B, cromozomul X al omului este mult mai mare după dimensiuni decât cromozomul Y. Aceasta se datorează faptului că el conține mai multe gene: cromozomul X are aproximativ 1400 gene, iar cromozomul Y are numai 71. Totodată, cromozomul X funcționează la toți oamenii indiferent de sex, de aceea majoritatea genelor lui determină caractere, care nu sunt direct legate de dezvoltarea corpului feminin sau masculin. Astfel, la om în cromozomul X sunt localizate genele, care codifică componentele sistemului de coagulare a sângelui, lanțului respirator, sistemului de sinteză a pigmentilor vizuali. Putem spune că feminin el este numit numai în mod convențional. Însă moștenirea caracterelor, genele cărora sunt situate în cromozomul X, diferă la bărbați și femei.

Să examinăm, de exemplu, moștenirea *hemofiliei* – unei boli asociate de tulburări ale coagulării sângelui. La hemofilici este o mutație în gena, care codifică unul dintre componentele sistemului de coagulare a sângelui. Această genă este situată în cromozomul X. Alela normală *H* este dominantă față de alela mutantă *h*, de aceea la femeile cu genotipul *Hh* hemofilia nu se dezvoltă. Însă la bărbați este doar un cromozom X și o alelă a genei. Dacă această alelă este *H*, atunci bărbatul este sănătos, iar dacă *h* – bol-

1 Dar crossing-overul între ele nu are loc.

2 Aici, totuși, există o diferență semnificativă. La om, sexul este determinat de prezența cromozomului Y, astfel încât individul, care are setul de cromozomi XXY (această combinație de cromozomi uneori apare în rezultatul tulburării meiozei), va fi bărbat. La musculița de oțet rolul cromozomului Y în dezvoltarea fenotipului de sex masculin este mult mai redus: pentru determinarea sexului este important numărul cromozomilor X. De aceea individul cu setul de cromozomi XXY va fi femele.

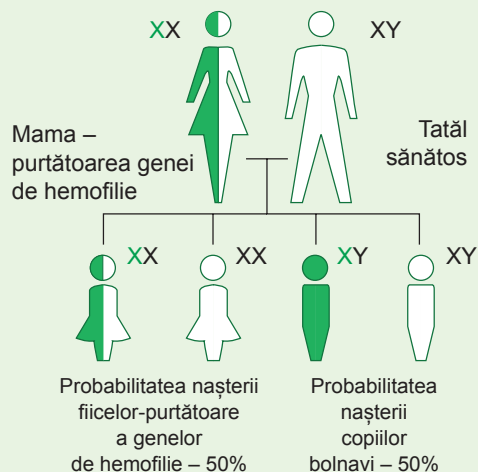
nav de hemofilie. Aceasta explică faptul, că hemofilia este mult mai frecventă la bărbați decât la femei (fig. 35.3).

O altă boală legată de cromozomul X este **daltonismul** – tulburarea sintezei pigmentilor vizuali, ceea ce duce la perturbarea vederii colorate. În mod similar cu cazul precedent gena recesivă determină daltonismul. Ca și în cazul hemofiliei, bărbații daltonici se întâlnesc mult mai des decât femeile, care suferă de această boală.

### Caracterele, limitate de sex, se dezvoltă doar la indivizii de același sex

Nu este un secret faptul, că manifestarea multor caractere este asociată cu sexul organismului. Exemplu de aceste caractere este dezvoltarea cozii la păun, ugerul la vacă sau barba și mustețele la bărbați. Aceste caractere se dezvoltă doar la indivizii de același sex, cu toate că genele lor pot fi localizate nu numai în cromozomii sexuali. Aceste caractere se numesc limitate de sex.

Uneori caracterele se pot manifesta la ambele sexe, dar cu o frecvență variabilă. Astfel, coarnele la berbeci (masculi) sunt mult mai frecvente decât la oi (femele). Faptul e că alela responsabilă pentru dezvoltarea coarnelor la berbec este dominantă, iar la oi – recesivă. Prin urmare, berbecii heterozigoți au coarne, iar oile – nu. Aproximativ în același mod se moștenește chelia la om: la bărbați acest caracter este dominant, iar la femei, din fericirea lor (și, din fericirea bărbaților!) este recesiv.



**Fig. 35.3. Probabilitatea nașterii copiilor cu hemofilie, în cazul, în care mama este purtătoare a genei de hemofilie, iar tatăl este sănătos după această boală**

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 La împerechere majoritatea hermafrodiților joacă rolul de  
A femelă pentru sine  
B mascul pentru alt partener  
C femelă pentru alt partener  
D femelă sau de mascul pentru alt partener  
E femelă sau de mascul pentru sine însuși
- 2 Bărbații sunt de sex heterogametic, iar gameții lor sunt diferiți, fiindcă  
A ei capătă câte un cromozom omolog din pereche  
B jumătate din ei au cromozomul X, iar jumătate – cromozomul Y  
C majoritatea din ei conțin cromozomul Y  
D majoritatea din ei conțin cromozomul X  
E gameții lor sunt formați prin meioză

- 3** Musculița de oțet va fi femelă, având setul de cromozomi sexuali  
**A** XX      **B** YY      **C** XY      **D** XYY      **E** XO
- 4** Probabilitatea nașterii copilului bolnav de hemofilie într-o familie, în care tatăl suferă de hemofilie, iar mama este purtătoare a genei de hemofilie, dar nu suferă de ea, constituie  
**A** 0%      **B** 25%      **C** 33%      **D** 50%      **E** 100%
- 5** Dacă în ovulul fecundat al unui mamifer este cromozomul Y, dar lipsește cromozomul X, atunci  
**A** se naște un mascul      **B** se naște o femelă  
**C** se naște un organism asexuat      **D** se naște un organism hermafrodit  
**E** embrionul moare

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** De ce în cazul determinismului cromozomial al sexului raportul statistic dintre femele și masculi în descendență este de 1 : 1?
- 7** Cum se va schimba probabilitatea nașterii copiilor cu daltonism într-o familie, în care daltonic este numai tatăl, față de probabilitatea din familia, în care bolnavă de daltonism este numai mama?
- 8** Cum se va schimba moștenirea caracterelor înlănțuite cu sexul, dacă ele, spre deosebire de hemofilie și daltonism, vor fi determinate de alelele dominante?
- 9** Care este diferența între caracterele înlănțuite cu sexul, și caracterele limitate de sex? Pot oare fi caracterele înlănțuite cu sexul și, de asemenea, limitate de sex?
- 10** Care particularități ale activității vitale și ale setului de cromozomi trebuie să posede organismul, la care sexul este determinat de temperatura externă, la care se dezvoltă ouăle?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce majoritatea populațiilor unisexuate, indivizii cărora se reproduc pe cale sexuală, utilizează partenogeneză?
- 12** Există oare sexe la organismele unicelulare? Cum ele sunt determinate?

### Află singur și comunică altora

- 13** Care sunt avantajele și dezavantajele hermafroditismului în comparație cu unisexualitatea?
- 14** De ce cromozomul Y la om este mult mai mic decât cromozomul X, deși ele sunt omoloage?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

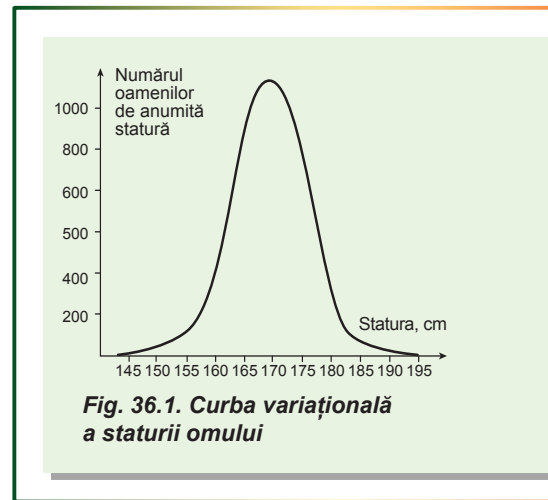
- 15** Arborele de origine a diferitor moduri de determinism sexual.
- 1) Adunați informație despre diferite tipuri de determinism sexual în natură și despre organismele, pentru care ele sunt caracteristice.
  - 2) Pe baza datelor adunate construiți arborele de origine a diferitor moduri de determinism sexual, utilizând trăsăturile de asemănare dintre aceste moduri și legăturile de rudenie între organismele vii. Arborele trebuie să fie construit astfel, încât organismele înrudite cu determinarea sexului, similar să fie situate alături, iar cele neînrudite să fie situate mai departe.
  - 3) Prezentați arborele vostru genealogic în clasă și discutați legătura între tipurile determinismului sexual și legăturile de rudenie ale organismelor.

## § 36. Variabilitatea

### Variabilitatea este ereditară și neereditară

În natură, este imposibil de a găsi două organisme absolut identice. Motivul acestui fapt este variabilitatea, și anume capacitatea organismului de a dobândi caractere noi. Variabilitatea este o trăsătură obligatorie a dezvoltării individuale a organismului. Deosebirile, care apar între organisme depind de combinația unică a factorilor externi și interni, care acționează asupra organismului. Acești factori ai mediului, cum ar fi temperatura, regimul de nutriție, cantitatea de lumină solară, pot influența în mod semnificativ structura organismului. Ele determină **variabilitatea neereditară** sau **modificativă**. Chiar și organisme genetic identice, așa ca gemenii monoziгоți au unele deosebiri în masă, dezvoltarea mușchilor, statura etc. Din doi gemeni, care efectuează exerciții fizice, va fi de statură mai mare cel, care face tracțiuni la bară, și nu cel, care ridică halterele. Culoarea penelor la flamingo depinde de conținutul hranei. În natură, flamingii se hrănesc cu crustacee planctonice, care conțin pigmentul roșu luteina, astfel penele lor se colorează în roșu sau roz. În grădina zoologică aceste păsări pot fi hrănite cu alimente fără luteină, din ce cauză penele lor sunt mai deschise. Însă aceasta nu este boală.

Trebuie remarcat faptul că multe trăsături cantitative (adică acelea, care pot fi măsurate), cum ar fi statura, dimensiunile părților corpului sau masa, pot varia. Dacă noi vom construi graficul distribuției valorilor caracterului la indivizii unei populații, vom vedea, că această distribuție are forma unui clopot (*fig. 36.1*). Graficul rezultat se numește **curba variațională**. Puteți singuri să obțineți o astfel de distribuție, măsurând, de exemplu, statura tuturor elevilor de aceeași vârstă în școală și construind un grafic. Totodată valorile caracterelor vor fi într-un anumit interval, numit **norma de reacție**. Norma de reacție pentru diferite caractere are diferită lățime. De asemenea, vom constata că majoritatea indivizilor capătă valori în jurul unei valori medii.

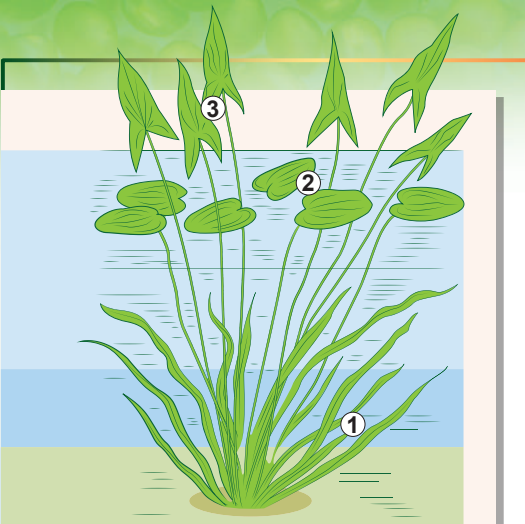


**Fig. 36.1. Curba variațională a staturii omului**

### Variabilitatea modificativă are caracter adaptiv, de masă și direcționat

Variabilitatea modificativă asigură adaptarea organismelor la schimbarea condițiilor mediului. Astfel de modificări neereditare se numesc **adaptive**. De exemplu, multe plante de aceeași specie în condiții de altitudini mari sunt mai mici decât plantele de la poalele munților. Acest lucru le permite primelor să reziste mai bine la înghețurile de noapte în munți. Un alt exemplu convingător de modificări adaptive reprezintă săgeata apei. Această plantă crește în zona litorală a bazinelor cu apă dulce. În dependență de gradul de scufundare în apă plantele formează frunze de diferite forme: scufundate, plutitoare și aeriene. Fiecare tip de frunză este mai bine adaptat pentru a funcționa într-un anumit mediu: frunzele subacvatică liniare și subțiri ușor suportă mișcările maselor de apă, frunzele ovate plutitoare nu se scufunda, iar cele aeriene mari și în formă de săgeată – efectiv fotosintetizează (*fig. 36.2*).





**Fig. 36.2. Săgeata apei**

1. Frunze subacvatice.
2. Frunze plutitoare.
3. Frunze aeriene.

Un exemplu convingător de variabilitate adaptivă este bronzarea ca adaptare la expunerea intensă a pielii la radiație. Un alt exemplu este creșterea numărului de eritrocite în sânge la altitudini mari în munți. Aceasta apare pentru ameliorarea eficienței transportului de oxigen, conținutul căruia în aerul de munte este insuficient.

Variabilitatea modificativă este orientată, adică toate organismele de această specie în aceleași condiții se supun aceluiași modificări. Astfel, la toate plantele de săgeata apei se va schimba forma frunzelor sub apă și deasupra ei, iar la toți oamenii, care au nimerit în zonele muntoase, crește numărul de eritrocite în sânge.

Caracterul de masă al variabilității neereditate este cauzat de mecanismul producerii acestuia. Sub influența mediului informația genetică, înregistrată în ADN, este realizată în moduri diferite, provocând o variabilitate. Adică genele sunt aceleași, iar fenotipul variază. De exemplu, ambii frați au genele enzimelor de sinteză a pigmentului întunecat al pielii – melaninei. Dar dacă numai unul

din ei va pleca la mare pentru a face băi de soare, numai la el enzimele de sinteză se vor activa sub influența radiațiilor solare și se va produce intens melanina. Ca rezultat, întorcându-se acasă, un frate va fi bronzat, iar al doilea va rămâne cu pielea deschisă, cum a și fost. Deoarece genele enzimelor de sinteză a melaninei sunt la toți oamenii (cu excepția albiștilor), bronzarea intensă se va manifesta la fel la toți oamenii cu pielea deschisă, ca și asupra celui frate, care s-a odihnit la mare: pielea se va întuneca datorită activării sintezei melaninei.

Multe schimbări modificative sunt reversibile. Dacă omul se va întoarce din zonele de munte la altitudini mai mici, numărul de eritrocite în sânge din nou se va reduce. Însă unele modificări, în special, cele, care au apărut la o vârstă timpurie sunt ireversibile. Un astfel de exemplu este deformarea coloanei vertebrale, dobândită la vârsta școlară din cauza purtării genții pe un singur umăr. Acest caracter dobândit rămâne la om totdeauna (dacă nu se va supune unei intervenții chirurgicale complexe), chiar dacă acel om va continua toată viață să ducă rucsacul pe ambii umeri.

Deseori gradul schimbărilor dobândite depinde de intensitatea și durata acțiunii factorului: cu cât mai mult purta geanta și cu cât ea este mai grea, cu atât mai mare va fi deformarea coloanei vertebrale. La fel și culoarea pielii: locuitorii cu pielea deschisă de la sud până la sfârșitul verii se vor bronză mai mult, decât locuitorii cu pielea deschisă de la nord.

În cele din urmă, trebuie să observăm, că variabilitatea modificativă este neereditară și caracterele dobândite nu pot fi transmise generațiilor viitoare. August Weismann, care a dovedit aceasta, la mai multe generații succesive de șoareci tăia cozile și le permitea să se încruci-

**Fig. 36.3. Variabilitatea combinativă a culorii blănii la pisici**



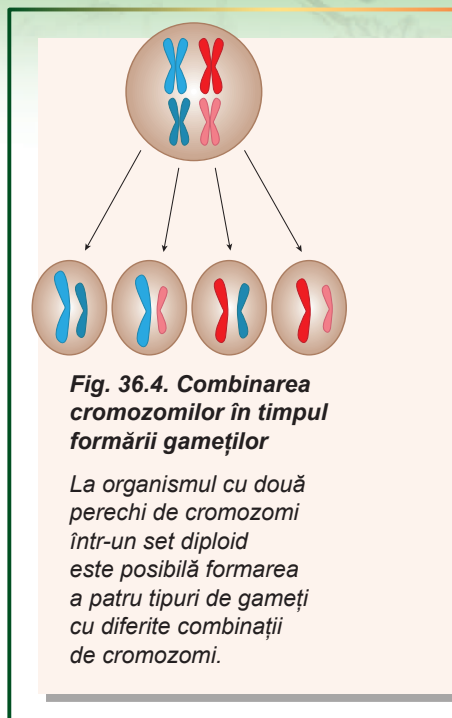
șeze între ele. Dar toți șoarecii nou-născuți aveau cozi, cu toate că părinții lor aveau caracterul dobândit de lipsa cozii. Astfel, în cazul variabilității modificative se moștenește nu o stare specifică a caracterului (piele deschisă), ci norma de reacție (cât de întunecată va fi culoarea ei la oamenii cu piele deschisă).

### Variabilitatea combinativă este cauzată de „amestecarea” genelor parentale

Alte tipuri de variabilitate sunt determinate de genele organismului și sunt moștenite de urmași. O astfel de variabilitate se numește **ereditară**. Există două forme de variabilitate ereditară: **combinativă** și **mutațională**.

Variabilitatea combinativă este determinată de formarea combinațiilor noi de gene în timpul reproducerii sexuate. Totodată alele noi nu apar, iar în descendență se formează noi combinații de alele parentale. Anume cu variabilitatea combinativă este asociată segregarea în cazul moștenirii mendeliene, deosebirile în aspectul exterior al fraților și surorilor, diverse culori la motnașii de la pisica albă și motanul întunecat (fig. 36.3). Formarea combinațiilor noi de alele apar la diferite stadii ale reproducerii sexuale.

1. Crossing-overul provoacă restructurarea cromozomului cu amestecarea alelelor. Ca urmare, pe fiecare cromozom se formează un set nou, încă nevăzut în natură, de alele ale genelor.
2. Disjuncția independentă a cromozomilor în meioză duce la formarea de diferite combinații de cromozomi în gameți (fig. 36.4, 32.2). În gamet poate nimeri numai un cromozom din fiecare pereche. De aceea organismul cu două seturi haploide de cromozomi poate produce patru tipuri de gameți numai pentru că a avut loc disjuncția independentă a cromozomilor. La om sunt 23 de cromozomi în setul haploid, și prin urmare, numărul de combinații posibile este de  $2^{23}$  (care este 8 388 608). Totodată fiecare cromozom are alelele sale, care pot să difere de alelele cromozomului omolog!
3. Întâlnirea întâmplătoare a gameților în timpul fecundării. Dacă fiecare părinte produce  $2^{23}$  de gameți în urma disjuncției independente a cromozomilor, atunci, având în vedere întâlnirea întâmplătoare a gameților, rezultă  $2^{23} \times 2^{23} = 2^{46}$  combinații posibile de cromozomi la descendenți. Iar dacă de luat în considerare crossing-overul, numărul de combinații devine aproape nelimitat.



**Fig. 36.4. Combinarea cromozomilor în timpul formării gameților**

*La organismul cu două perechi de cromozomi într-un set diploid este posibilă formarea a patru tipuri de gameți cu diferite combinații de cromozomi.*

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1. Frunzele săgeții apei, care au crescut în apă, își schimbă forma pentru ca
  - A să nu le rupă curentul de apă
  - B să reducă suprafața frunzelor pentru a ameliora eficiența fotosintezei
  - C să nu se scufunde
  - D să fie mai puțin vizibile pentru peștii ierbivori
  - E să ocupe mai puțin spațiu în bazinul de apă

- 2** Exemplet de variabilitate modificativă este  
**A** apariția copilului cu ochi albaștri într-o familie, în care părinții au ochi căprui  
**B** lungimea egală a aripilor la musculița de oțet, în cazul când larvele se dezvoltă la temperaturi diferite  
**C** culoarea diferită a părului copiilor unei perechi de părinți  
**D** schimbarea culorii blăunii la iepurele polar în timpul iernii  
**E** culoarea galbenă a boabelor de mazăre la încrucișarea mazării cu boabe galbene cu mazăre cu boabe verzi
- 3** Norma de reacție în figura 36.1 constituie  
**A** intervalul de la 0 până la 1000 cm    **B** 140 cm    **C** aproximativ 170 cm  
**D** 140 – 195 cm    **E** 195 cm
- 4** Dacă la câteva generații la rând de săgeata apei li s-ar tăia frunzele aeriene și li s-ar permite plantelor fără frunze să se încrucișeze între ele, la urmași  
**A** dispar frunzele aeriene    **B** dispar frunzele subacvatice  
**C** dispar frunzele plutitoare  
**D** toate tipurile de frunze se vor dezvolta cum sau mai dezvoltat    **E** nu vor avea urmași
- 5** În ovulul fecundat al musculiței de oțet, care are 8 cromozomi în setul diploid, sunt posibile combinații de cromozomi (fără a lua în vedere crossing-overul)  
**A** 8    **B** 16    **C** 64    **D** 256    **E** 65 536

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Poate oare fi aplicată noțiunea de normă de reacție și valoare medie pentru unele caractere necantitative, la care se manifestă variabilitatea modificativă: forma frunzelor la săgeata apei, culoarea blăunii la iepurele polar? Ce formă pentru astfel de caractere va avea curba variațională?
- 7** De ce la omul cu piele deschisă, care trăiește tot anul la sud, niciodată pielea nu devine într-atât de întunecată, ca să nu se deosebească de un om cu piele întunecată?
- 8** De ce variabilitatea combinativă, spre deosebire de variabilitatea modificativă, nu are un caracter de masă sau natură direcționată?
- 9** Care sunt cauzele deosebirilor aspectului extern al fratelui și surorii dreapți, cu toate că părinții au același set de gene?
- 10** De ce șoarecii fără coadă din experimentul lui Weismann nașteau șoricei cu coadă, și nu fără coadă?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Pentru care caractere norma de reacție este largă, iar pentru care este îngustă și de ce?
- 12** De ce norma de reacție întotdeauna are limite și nici la un organism nu este într-atât de largă, ca să reziste toate influențele posibile ale mediului?

### Află singur și comunică altora

- 13** Unele modificări dobândite pot să se manifeste la următoarele câteva generații. Totodată informația genetică nu se schimbă. Cum este realizată o astfel de „moștenire” la diferite grupuri de organisme?
- 14** În care condiții sunt mai răspândite organismele cu norma de reacție largă, și în care – organismele cu norma îngustă? De ce nici unul dintre aceste grupuri nu a devenit dominant pe Pământ?

## § 37. Mutațiile și bolile

### Mutațiile cauzate de schimbări în singurul purtător al informației genetice

Spre deosebire de variabilitatea combinativă, în cazul variabilității mutaționale are loc schimbarea singurului purtător al informației genetice, care provoacă apariția unor alele noi, schimbarea numărului de gene în genom sau schimbarea secvenței de gene în cromozomi.

În prezent sub termenul **mutație** se înțeleg orice modificări ale materialului genetic, care pot fi transmise ereditar. Mutațiile inevitabil apar în urma erorilor de replicare. Astfel de mutații sunt numite **spontane**, despre apariția și corectarea lor s-a discutat în § 21. Un alt grup de mutații apare sub influența substanțelor chimice sau radiațiilor. Aceste mutații sunt numite **induse**, iar factorii, care le cauzează, sunt numiți **mutageni**.

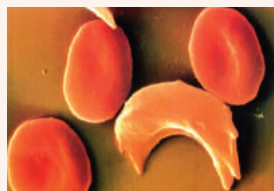
Mutagenii chimici, cum ar fi fenolul, formaldehida, drogurile și componentele fumului de tutun, pot perturba replicarea sau modifica direct nucleotidele în ADN. Expunerea intensă la radiații, de asemenea, duce la modificarea secvențelor de nucleotide, ruperea sau fuzionarea cromozomilor întregi.

Mutațiile, e convenabil să le clasificăm în conformitate cu nivelurile de organizare a materialului genetic, la care ele apar. Deci mutațiile după nivelul modificărilor pot fi împărțite în **punctiforme (genice) cromozomiale** și **genomice**.

### Mutațiile genice (punctiforme) pot duce la urmări semnificative

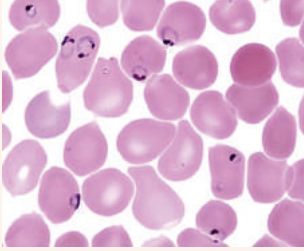
Mutațiile genice, sau punctiforme, prevăd modificări ale ADN-ului la nivelul unor gene separate. Aceasta poate prezenta înlocuirea, pierderea sau inserarea nucleotidelor. Unele mutații punctiforme sunt numite **tăcute**. Mutațiile tăcute apar în zonele necodificatoare ale ADN-ului (de exemplu, în introni, sau zone intergenice). Multe mutații tăcute apar în porțiunile de ADN, care codifică proteina. Dacă în rezultatul mutației punctiforme tripletul TGT va fi înlocuit cu TGC, atunci succesiunea aminoacizilor în proteină nu se va schimba, deoarece ambele triplete codifică cisteina. Această mutație va fi tăcută. Iar dacă tripletul TGT va fi înlocuit cu TGG, atunci în locul cisteinei în catena de aminoacizi va fi triptofanul. Dacă TGT va fi schimbat în TGA, atunci va apărea un codon de stop. În acest loc sinteza catenei de aminoacizi va fi întreruptă și se va forma o proteină scurtată.

Un exemplu de boală, cauzată de mutație punctiformă la om, este **anemia falciformă** (fig. 37.1). În rezultatul înlocuirii nucleotidice unice a adeninei în timină în gena de hemoglobină are loc înlocuirea acidului glutamic în valină. O astfel de hemoglobină, care a suferit mutație, este numită **hemoglobina S** (din limba engleză *sickle* – seceră). Eritrocitele cu hemoglobina S au forma de seceră, mai rău transportă oxigenul, mai rapid și mai des se distrug, mai ales în timpul trecerii prin capilare, ceea ce duce la formarea de trombi multipli de sânge. Homozigoții acestei mutații deseori mor din cauza insuficienței hemoglobinei în sânge – a anemiei. Heterozigoții nu prezintă simptome patologice, deși în eritrocitele lor,



**Fig. 37.1. Eritrocitul falciform și normal**





**Fig. 37.2. Eritrocitele cu plasmodiul malaric printre cele obișnuite**

de asemenea, se conține o anumită cantitate de hemoglobină S. Interesant, că alela mutantă cel mai frecvent se întâlnește în zonele tropicale și răspândirea ei coincide cu răspândirea plasmodiului malaric, care provoacă cea mai dificilă malarie – tropicală. Plasmodiul malaric este un parazit, care o parte din ciclul său vital îl petrece în eritrocite, mâncând conținutul lor (fig. 37.2). Timp de câteva zile plasmodiul matur distruge eritrocitul și nimerește în plasma sângelui. Heterozigoții, care au alela hemoglobinei S, posedă o rezistență la malarie. Acest lucru se datorează faptului că eritrocitele lor mor până parazitul dovedește să

se maturizeze. Prin urmare, prezența alelelor hemoglobinei S dă posibilitatea de a supraviețui în condiții de malarie tropicală turbulentă. Iar în zonele cu climă temperată, unde malaria nu este comună, această alelă nu le oferă heterozigoților nici un avantaj și nu este răspândită (fig. 37.3).

Insertia sau pierderea nucleotidelor poate duce la urmări mult mai grave pentru gene. Insertia unei singure nucleotide în partea codificatoare a genei duce la **deplasarea cadrului de citire**. Iată un exemplu de o astfel de mutație. Să presupunem că avem o secvență de guanină, timină și adenină, care se repetă și codifică câteva resturi de aminoacizi de histidină combinate succesiv.

**GTA GTA GTA GTA GTA**  
**His His His His His**

Să presupunem, că într-un singur loc al acestei porțiuni a avut loc insertia unei nucleotide suplimentare (timinei). Aceasta schimbă secvența de codificare a aminoacizilor: din cauza deplasării tripletelor în locul histidinei apare treonina, iar apoi serina.

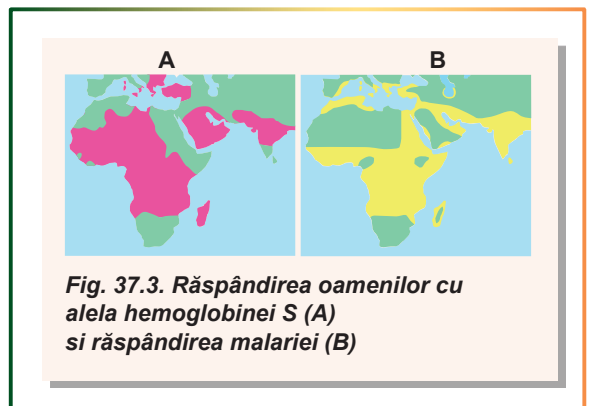
**GTA IGT AGT AGT AGT**  
**His Tre Ser Ser Ser**

Aceeași situație este cu pierderea nucleotidelor: se modifică cadrul de citire, ceea ce duce la sinteza unei proteine complet diferite.

## Mutațiile cromozomiale provoacă schimbări majore în structura cromozomilor

Mutațiile cromozomiale reprezintă restructurări ale cromozomilor, legate de modificarea numărului sau succesiunii genelor în cromozomi. Cele mai frecvente mutații cromozomiale sunt **duplicațiile, delețiile, inversiile și translocațiile**. În rezultatul duplicației o porțiune a cromozomului este dublată. În timpul deleției se pierde o porțiune a cromozomului. În cazul inversiei porțiunea cromozomului își schimbă orientarea. Iar în timpul translocației porțiunea cromozomului își schimbă poziția sa (fig. 37.4).

Majoritatea delețiilor sunt letale, fiindcă cauzează pierderea definitivă a mai multor gene. La om delețiile, de obicei, duc la moartea embrionului la etapele timpurii de dezvoltare, dar, uneori, embrionul poate supraviețui până la naștere. Astfel, deleția porțiunii de la capătul celui de-al cincilea cromo-



**Fig. 37.3. Răspândirea oamenilor cu alela hemoglobinei S (A) și răspândirea malariei (B)**

zom cauzează dezvoltarea sindromului țipătului de pisică. Denumirea neobișnuită a sindromului este lămurită de faptul, că la copilul nou-născut este modificată structura laringelui, din care cauză țipătul lui este asemănător cu plânsul unei pisici. Unele deleții pot influența pozitiv asupra viabilității organismului. Astfel, deleția genei proteinei receptoare CCR5 cauzează rezistența la HIV, deoarece virusul HIV utilizează această proteină de la suprafața celulei drept bază pentru pătrunderea în celulă. Posibil, că pierderea CCR5 are urmări negative, dar în prezența agentului patogen, avantajele sunt evidente (pot fi văzute paralele cu anemia falciformă, nu-i așa?).

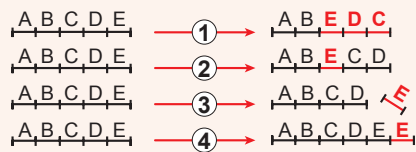
Duplicațiile, invers, pot servi drept bază pentru dezvoltarea ulterioară a diversității genetice: în cazul mutațiilor „nereușite” a genei în genom este o altă copie „de rezervă”. Cu alte cuvinte, prezența mai multor copii ale genei permite „experimentarea” cu una dintre ele, fără o daună semnificativă pentru organism. Și, posibil că, la un moment dat copia „de rezervă” va deveni pentru organism mai utilă, decât gena principală.

Translocațiile și inversiile de obicei nu duc la schimbări ale fenotipului, dar joacă un rol important în apariția unor specii noi. Uneori în timpul translocației are loc fuzionarea cromozomilor întregi. Astfel, la cimpanzeu și alte maimuțe antropoide sunt 24 perechi de cromozomi. Este dovedit faptul, că în procesul evoluției omului doi cromozomi din diferite perechi au fuzionat cu formarea unui cromozom mare (în cariotipul omului aceasta este a doua pereche). De aceea cariotipul omului este format din 23 perechi de cromozomi.

## Mutațiile genomice modifică numărul de cromozomi în genom

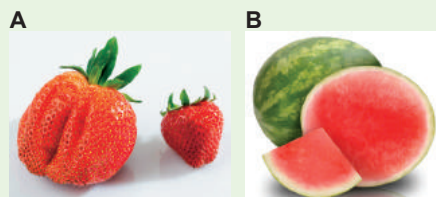
Mutațiile genomice constau în modificările numărului de cromozomi în genom. Cel mai răspândit exemplu de mutații genomice este multiplicarea seturilor haploide de cromozomi – **poliploidia**. În rezultatul poliploidiei apar organisme poliploide cu seturi de cromozomi tri-, tetra- (4), penta- (5), hexaploide (6) și chiar cu mai multe. Acest fenomen este cel mai frecvent la plante (*fig. 37.5*). De obicei, plantele poliploide sunt mai mari după dimensiuni decât cele diploide, de aceea agricultura este cointereseată în obținerea plantelor poliploide (mai mult despre aceasta în § 59). Din fericire, acest lucru poate fi realizat prin tratamentul chimic simplu, ceea ce duce la distrugerea fusului de diviziune. Ca urmare, mitoza nu este finalizată și setul de cromozomi dublat (de exemplu, tetraploid) este păstrat într-un singur nucleu. Interesant, că indivizii, care au un număr impar de seturi de cromozomi, sunt sterili, deoarece nu pot efectua meioză. Astfel, la încrucișarea plantelor de pepene verde tetraploid cu diploid se vor primi pepeni verzi triploizi fără semințe. Însă acesta nu împiedică înmulțirea vegetativă a acestor plante.

La mutațiile genomice aparține și modificarea numărului unor cromozomi aparte. Una din cele mai răspândite mutații de acest tip a genomului omului este trisomia al 21-lea cromozom, care cauzează **sindromul Down**. Trisomie înseamnă, că în loc de două copii ale cromozomului 21, care sunt la omul sănătos, la pacient sunt trei (*fig. 37.6, B*). Această anomalie determină dezvoltarea unei stări patologice



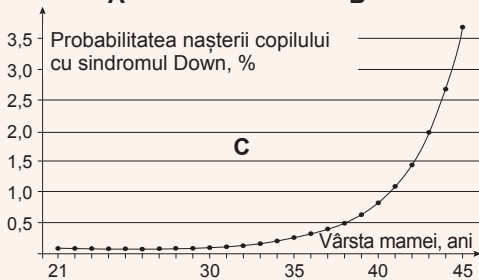
**Fig. 37.4. Diferite variante ale mutațiilor cromozomiale**

1. Inversia. 2. Translocația.
3. Deleția. 4. Duplicația.



**Fig. 37.5. Organismele poliploide**

- A. Compararea dimensiunilor căpșunilor diploide și poliploide.
- B. Pepene verde triploid fără semințe.



**Fig. 37.6. Sindromul Down**

- A. Fața unui copil cu sindromul Down.
- B. Setul de cromozomi în cazul sindromului Down.
- C. Dependența probabilității nașterii copilului cu sindromul Down de vârsta mamei.

ce: la copii se manifestă tulburări serioase în dezvoltarea mentală și psihologică. Cu toate acestea, există mai multe cazuri, când oamenii cu sindromul Down dobândesc studii superioare universitare, devin actori sau muzicieni talentați. Sindromul Down este un fenomen destul de comun, în medie, se întâlnește o dată la 1000 de sarcini (fig. 37.6, B). Foarte importantă este dependența probabilității nașterii copilului cu sindromul Down de vârsta mamei. La o femeie cu vârsta de 25 de ani, probabilitatea nașterii unui astfel de copil este aproximativ de 1 : 1500, cu vârsta de 40 de ani – 1 : 100, cu vârsta de 45 ani – 1 : 25.

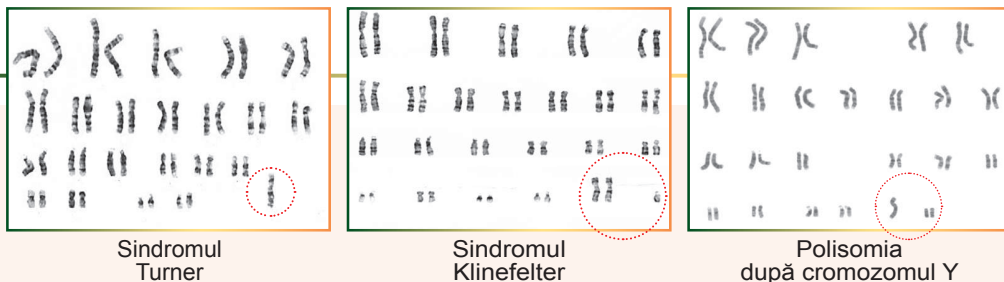
Merită atenție mutațiile genomice, care duc la modificarea numărului de cromozomi sexuali. După cum vă amintiți din § 35, femeiele au cromozomii sexuali XX, iar bărbații – XY.

În cazul monosomiei cromozomului X, setul de cromozomi sexuali va fi X0 (este numai un cromozom X, cromozomul absent din pereche este indicat cu zero), și se dezvoltă **sindromul Turner** (fig. 37.7). Un astfel de organism se dezvoltă după tipul feminin – se naște o fată. La pacient se manifestă multe anomalii de dezvoltare, statură joasă, incapacitatea de a avea

copii. Dar totuși terapia hormonală poate corecta considerabil manifestarea simptomelor.

Combinăția cromozomilor sexuali XXY duce la dezvoltarea **sindromului Klinefelter**. Organismul se dezvoltă după tipul masculin – se naște un băiat. Patologia, de obicei, nu este detectat până la pubertate. Odată cu maturizarea se manifestată disfuncția glandelor sexuale, dezvoltarea disproporțională a glandelor mamare, o probabilitate mare de obezitate și diabet, infertilitate.

Interesantă este combinația cromozomilor XYY, XYYY și XYYYY, care se numește **polisomia după cromozomul Y**. La bărbați cu un astfel de set de cromozomi nu există abateri semnificative în dezvoltare, dar ei sunt mai dezechilibrați și predispuși la agresiune. Este dovedit faptul că în rândul deținuților partea bărbaților cu polisomia cromozomului Y este mai mare decât în general în populația de oameni.



**Fig. 37.7. Setul de cromozomi la diferite mutații genetice**

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Ridicarea numărului de mutații induse este provocată de  
A creșterea numărului de erori în timpul replicării  
B reducerea cantității de mutageni chimici absorbiți de către organism  
C creșterea numărului de cromozomi în celule  
D creșterea dozei de raze X  
E creșterea frecvenței diviziunii celulare
- 2 În cazul incapacității de a asimila aminoacidul fenilalanina (boala numită fenilcetonurie) în gena enzimei fenilalanina-4-hidroxilaza apar mutații. Ele fac parte din mutații  
A tăcute    B punctiforme    C cromozomiale    D genomice    E poliploide
- 3 Din mutațiile cromozomiale, cele mai frecvente efecte negative au  
A delețiile    B translocațiile    C inversiune  
D duplicațiile    E inserția copieii fragmentului unui cromozom
- 4 Alacul (o specie de grâu) are 14 cromozomi, grâul dur – 28 de cromozomi, iar grâul moale – 42 de cromozomi. Mecanismul de formare a diferitelor specii de grâu este  
A translocația    B deleția    C polisomia    D poliploidia    E polimeria

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5 În care condiții mutația, care a apărut, va fi tăcută?
- 6 De ce multe gene importante în genomul nostru se conțin în mai multe copii?
- 7 Pe baza cunoștințelor despre proprietățile plantelor poliploide prognozați proprietățile plantelor haploide, adică soiurilor de plante, la care în locul setului normal diploid va fi set haploid.
- 8 De ce plantele cu un set impar de cromozomi, de obicei, nu pot efectua meioza în timpul formării gameților?
- 9 De ce oamenii în cazul lipsei unui cromozom dintr-o pereche, cum ar fi sindromul Turner, rămân viabili?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10 De ce odată cu creșterea vârstei mamei crește și probabilitatea nașterii copilului cu sindromul Down? Există oare aceeași dependență pentru vârsta tatălui?
- 11 De ce cromozomul de prisos într-o pereche provoacă efecte negative, dacă organismul are toate genele necesare, iar unele au chiar și variantă „de rezervă”?

### Află singur și comunică altora

- 12 Care alte metode de clasificare a mutațiilor există, în afară de cele descrise în acest paragraf? În fiecare metodă de clasificare indică aceea, care apare cel mai des.
- 13 De ce la specii strâns înrudite (care aparțin aceluiași gen) există seturi similare de urmări ale mutațiilor?



## § 38. Metodele clasice ale geneticii



**Fig. 38.1. Pictura „Familia Regală în 1846”, descrie familia Reginei Victoria și Prințului Albert**

### Metoda de încrucișare este cea mai veche metodă de cercetări genetice

Prima metodă de cercetări genetice, care a fost introdusă încă de Mendel, este **metoda de încrucișare**. Esența acestei metode, despre care ați aflat în paragrafele precedente, constă în încrucișarea indivizilor cu un anumit fenotip pentru a obține urmași. Apoi se face analiza repartizării fenotipurilor urmașilor, și pe baza acesteia se face concluzie cu privire la natura moștenirii caracterului. Anume în acest fel au fost stabilite legile de bază ale geneticii – legile Mendeliene și legile moștenirii înlănțuite. Însă metoda de încrucișare nu și-a pierdut actualitatea, ea continuă să fie folosită de savanți pentru stabilirea naturii moștenirii anumitului caracter.



**Fig. 38.2. Familia imperială rusă**

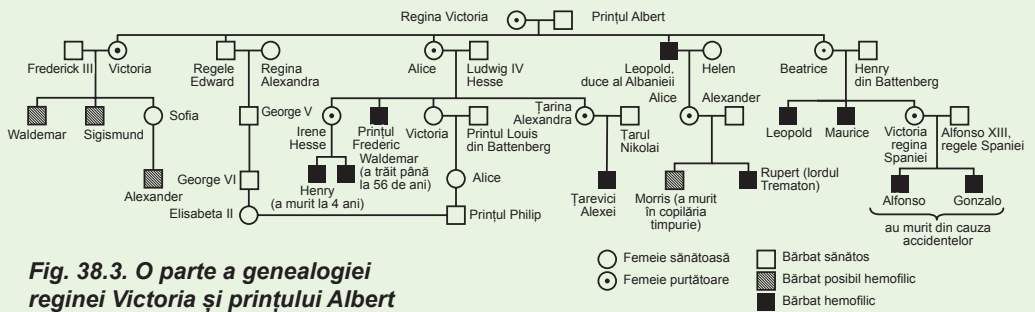
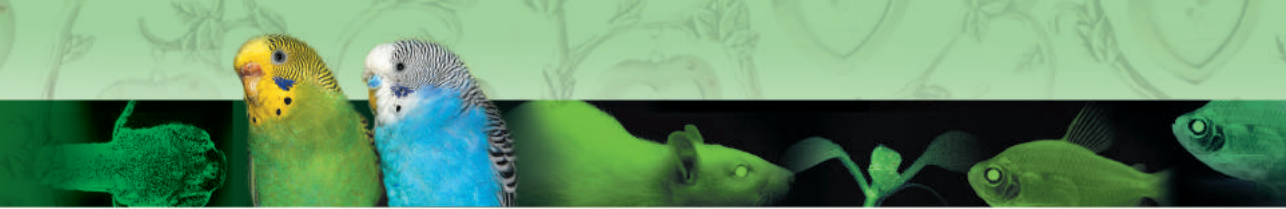
*De la căsătoria țarului Nicolae al II-lea și țarinei Alexandra (nepoata reginei Victoria), s-au născut patru fiice sănătoase și un fiu – țarevici Alexei, care suferea de hemofilie.*

### Metoda genealogică face posibilă studierea geneticii umane

Metoda de încrucișare este foarte convenabilă pentru cercetarea moștenirii caracterelor la animale și plante, dar nu este acceptabilă pentru studiul omului. Cu toate acestea, importanța unor astfel de cercetări nu este pusă la îndoială. De aceea pentru astfel de cercetări sunt folosite alte metode. Una din ele este **metoda genealogică**, care constă în analiza genealogiei. Să examinăm, cum analizând genealogia, putem face concluzii despre natura moștenirii caracterului. Cel mai cunoscut exemplu de moștenire a bolilor genetice este moștenirea hemofiliei la urmașii reginei Victoria (fig. 38.1). Să ne amintim, că hemofilia este o boală ereditară, care se manifestă prin tulburarea coagulării sângelui. Căsătoriile celor nouă copii ai Victoriei cu reprezentanții familiilor regale europene a fost un motiv, ca s-o numească „bunica Europei”. În total, Regina Victoria a avut 42 de

nepoți și 85 de strănepoți<sup>1</sup>. Cu timpul a devenit clar, că mulți descendenți ai reginei sufereau de hemofilie. Totodată se urmărește o legitate stranie: erau bolnavi numai bărbății, chiar dacă ambii părinți au fost sănătoși. Astfel, dintre copiii imperatorului Ni-

<sup>1</sup> Mulți monarhi europeni, care trăiesc astăzi, sunt urmașii reginei Victoria. Printre ei Regina Regatului Unit al Marii Britanii Elisabeta a II, regele Norvegiei Harald V, regele Suediei Carl XVI Gustaf, regina Danemarcei Margreta II, regele Spaniei, Philip VI.



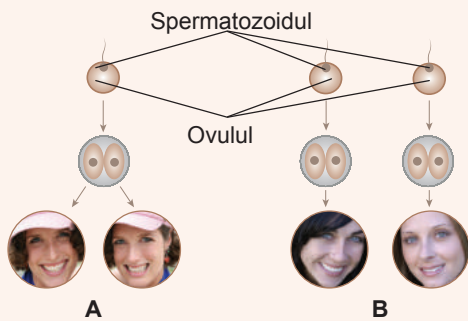
colae II a suferit de hemofilia singurul fiu, iar la patru fiice nu se manifestau simptomele bolii (fig. 38.2). Un astfel de tip de moștenire este caracteristic bolilor înlănțuite cu cromozomul X. Într-adevăr, după cum am văzut în § 35, mutația responsabilă de hemofilia, este localizată în cromozomul X. Se presupune, că această mutație a avut loc la regina Victoria sau la unul din părinții ei (fig. 38.3). Există diferite căi de moștenire a caracterelor pe lângă înlănțuirea cu cromozomul X. Pentru ele arborii genealogici (o altă denumire a genealogiei) au aspect diferit, așa cum este descris în tabelul 38.1.

**Tabelul 38.1. Diferite tipuri de moștenire și manifestarea lor în arborii genealogici**

Caracteristica genetică	Manifestarea în generații	Manifestarea la sexe diferite	Particularitatea	Exemplu
Alela dominantă, situată în autozomi	La fiecare generație	La fel la bărbați la și femei	La părinții, la care caracterul nu se manifestă fenotipic, nu se poate naște copil cu manifestarea caracterului	Culoarea întunecată a părului
Alela recesivă, situată în autozomi	Nu la fiecare generație	La fel la bărbați la și femei	La părinții, la care caracterul nu se manifestă fenotipic, poate să se nască copil cu manifestarea caracterului	Culoarea albastră a ochilor
Alela dominantă, situată în cromozomul X	La fiecare generație	Într-o măsură mai mare la femei decât la bărbați	Bărbatul nu poate moșteni caracterul de la tatălui său	Rahitismul rezistent la vitamina D
Alela recesivă, situată în cromozomul X	Nu la fiecare generație	Într-o măsură mai mare la bărbați decât la femei	La femeie caracterul poate să se manifeste numai dacă el era la tatăl ei	Hemofilia
Alela, situată în cromozomul Y	La fiecare generație	Numai la bărbați	Caracterul se transmite de la tată la fiu; se întâlnește foarte rar	Creșterea excesivă a părului în zona urechilor (hipertricoza)

### Metoda gemenilor dă posibilitatea de a evalua influența eredității și mediului asupra dezvoltării caracterelor

Încă o metodă importantă a geneticii umane este **metoda gemenilor**. Ea se bazează pe comparația manifestării unui anumit caracter la gemeni. Trebuie remarcat faptul, că gemenii sunt de două tipuri: **monozigoți**, adică cei, care se dezvoltă dintr-un



**Fig. 38.4. Gemenii monoziigoți (A) și dziigoți (B)**

singur ovul fecundat de un spermatozoid, și **diziigoți**, adică cei, care se dezvoltă din diferite ovule fecundate de diferiți spermatozoizi (fig. 38.4). Gemenii monoziigoți se nasc atunci, când un embrion uman în stadiile inițiale de dezvoltare se împarte și din părțile lui se formează embrioni compleți (adesea are lor la mamifere). Astfel de embrioni sunt genetic identici între ei, iar toate diferențele între ele pot fi cauzate numai de influența factorilor mediului, și nu a diferențelor de genotipuri. Dacă caracterul este genetic fixat, atunci manifestarea lui va fi identică la gemenii monoziigoți, dar poate varia la gemenii diziigoți. Astfel, grupele de sânge coincid la 100% de gemeni monoziigoți, schizofrenia se

manifestă la ambii gemeni monoziigoți în 67%, iar la cei diziigoți – doar în 12%, ce indică la existența predispoziției genetice la schizofrenie. Dar, chiar și cu o astfel de predispunere, această tulburare mintală se dezvoltă nu întotdeauna. Studiul gemenilor permite să se evalueze contribuția eredității și a factorilor mediului în dezvoltarea unui anumit caracter. Multe caractere sunt cauzate de genotip, există cazuri, în care genotipul determină numai manifestarea unei predispuneri, și sunt caractere, la formarea cărora influențează mai mult mediul.

## Să cugetăm

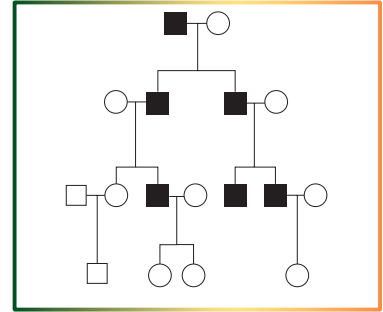
### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 În descendența reginei Victoria numai bărbații au suferit de hemofilie, deoarece
  - A femeile nu suferă de hemofilie din cauza lipsei cromozomului Y
  - B alela hemofiliei este situată în cromozomul X și este dominantă
  - C alela hemofiliei este localizată în cromozomul Y și este recesivă
  - D la femei sunt doi cromozomi X, iar alela hemofiliei nu se manifestă la heterozigot
  - E la femei alela hemofiliei se manifestă numai la heterozigot
- 2 Albinismul (lipsa congenitală a pigmentului negru al pielii) la om este determinat de o alelă recesivă situată în cromozomul 11 sau 15. Găsiți caracteristica corectă a arborelui genealogic pentru această boală:
  - A se manifestă în fiecare generație, în mod egal la bărbați și femei
  - B se manifestă nu în fiecare generație, în mod egal la bărbați și femei
  - C se manifestă în fiecare generație, mai frecvent la bărbați
  - D se manifestă nu în fiecare generație, mai frecvent la femei
  - E se manifestă în fiecare generație, mai frecvent la femei
- 3 În cazul poliembriunii la tatu dint-un ovul fecundat se formează de la 2 până la 12 pui. Acești urmași vor fi
  - A genetic diferiți
  - B hermafrodiți
  - C toți de același sex
  - D gemeni diziigoți
  - E cu diferite fenotipuri

- 4** Astma bronhială apare la ambii gemeni monoziгоți cu o probabilitate aproximativ de 90%. Acest lucru indică faptul că
- A** apariția bolii depinde de genotipul părinților
  - B** această boală nu are predispoziție genetică
  - C** la gemeni dizigoți probabilitatea apariției bolii va fi mai mare decât la cei monoziгоți
  - D** gemenii au imunitate slăbită
  - E** în lume se dezvoltă epidemie de astmă bronhială

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** Care este natura alelei genetice, ce provoacă apariția caracterelor, moștenirea cărora este prezentată în schema arborelui genealogic?
- 6** De la care din rudele sale a moștenit hemofilia țareviucul Alexei, fiul lui Nicolae al II-lea?
- 7** Care este diferența dintre originea și setul genetic a celulelor la gemenii monoziгоți și fraților, care s-au născut cu diferența de un an?
- 8** De ce caracterul, cauzat de o alela dominantă localizată în cromozomul X, mai frecvent se manifestă la femei decât la bărbați?
- 9** Care din metodele clasice de cercetare genetică oferă cele mai rapide rezultate?



### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10** Dacă fiecare din doi gemeni a cimpanzeului au capacitatea intelectuală ridicată, se poate oare de afirmat că „înțelepciunea” cimpanzeilor este cauzată de gene? Ce experiment ar trebui să fie efectuate cu gemenii, pentru a dovedi sau infirma această concluzie?
- 11** De ce metoda genealogică de cercetare este utilizată, în principal, pentru oameni, și nu se aplică pentru plante?

### Află singur și comunică altora

- 12** Deseori mass-media publică articole, că a fost găsită vreo genă a ceva important – alcoolismului, înțelepciunii sau talentului muzical. Pot exista oare aceste gene la om și care metodele de cercetare genetică ar trebui să fie utilizate pentru a determina funcția anumitei gene?
- 13** Metoda de încrucișare este considerată o metodă universală de bază a geneticii. Se poate oare cu ajutorul ei de formulat legițile de moștenire a tuturor organismelor vii? Cu cine vor apărea probleme și de ce?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 14** Lucrare de sine stătător pentru determinarea tipurilor de moștenire a caracterelor după arborele genealogic.
- 1) Găsiți în Internet exemple de arbori genealogici pentru diferite tipuri de moștenire.
  - 2) Desenați câte doi arbori pe o foaie de A4.
  - 3) Propuneți profesorului să petreacă cu colegii de clasă o lucrare de sine stătătoare de determinare a caracterelor genetice, utilizând arborii genealogici ai voștri.



## Lucrarea practică № 3

### Alcătuirea schemelor de încrucișare

**Scopul:** de a învăța cum se alcătuiesc schemele de încrucișare a organismelor cu ajutorul simbolurilor speciale.

#### Mersul lucrării

##### Prezentarea schemei de încrucișare

- Înscrierea simbolurilor convenționale: alela dominantă este notată cu litere mari (A, B, C), alela recesivă – cu litere mici (a, b, c). După notarea alelelor se indică fenotipul, care este determinat de prezența lor.
- Alcătuirea schemei de încrucișare:
  - sub toate genotipurile în schema de încrucișare se înscriu fenotipurile;
  - în primul rând sunt înscrise genotipurile și fenotipurile organismelor parentale. Primul rând este notat cu litera „P”, femela este notată cu semnul „♀”, masculii sunt notați cu semnul „♂”. Între genotipurile femelei și masculului este pus semnul „×”, care indică încrucișarea;
  - în al doilea rând sunt înscrise gameții. Al doilea rând este notat cu litera „G”. Gameții sunt separați prin virgulă, între gameții diferitelor organisme se pune punct cu virgulă. Gameții uniformi ai unui organism se înscriu o singură dată;
  - în al treilea rând sunt înscrise genotipurile și fenotipurile urmașilor, obținuți prin combinarea succesivă a gameților. Al treilea rând este notat cu inscripția „F1”. Genotipurile urmașilor sunt separate prin virgule.

##### Exemplu

De alcătuit schema de încrucișare a mazării homozigote cu semințe galbene cu mazărea cu semințe verzi.

- Din § 32 știți, că culoarea galbenă al boabelor predomină față de cea verde. De asemenea știm că dominanța este completă. Înscriem simbolurile convenționale.

**A** – culoarea galbenă, **a** – culoarea verde a mazării.

- Primul rând al schemei de încrucișare este ușor de-l alcătuit, fiindcă ne sunt cunoscute genotipurile organismelor parentale: plantele cu mază galbenă sunt homozigote după alela dominantă, cu mază verde – homozigote după alela recesivă.



- Organismele homozigote produc un tip de gameți după o pereche de gene. De aceea rândul gameților este simplu.

**G: A; a**

- Al treilea rând se obține de la combinarea gameților din rândul al doilea.

**F<sub>1</sub>: Aa**  
galbenă

##### Exerciții de alcătuire a schemelor de încrucișare

- 1 La iepuri culoarea neagră a blănii este dominantă față de cea albă. O femelă heterozigotă neagră este încrucișată cu un mascul cu genotip identic. Alcătuiți schema acestei încrucișări.
- 2 La rasa de câini setter irlandez se întâlnește o genă recesivă, care cauzează orbirea. De la o pereche de câini cu vedere normală s-au născut cățeluși, printre care unii au fost orbi. Propuneți schema de încrucișare, care ar fi explicat apariția cățelușilor orbi.

- 3** La cobai blana poate fi netedă sau ondulată. Alcătuiți schema de încrucișare, în care la urmașii unei perechi de cobai vor fi 75% cu blană ondulată și 25% – cu blană netedă.
- 4** Culoarea argintie a blănii de nurcă este un caracter recesiv, o astfel de blană este mai frumoasă și mai prețuită decât cea roșcată. Propuneți schemele de încrucișare, la efectuarea cărora s-ar putea obține o cantitate maximă de nurci argintii, dacă în fermă sunt numai femele de nurci roșcate heterozigote și un singur mascul argintiu.
- 5** La vite culoarea blănii are o dominanță incompletă: la încrucișarea vitelor cu blană neagră și albă heterozigoții au un fenotip intermediar – blană de culoare gri. Propuneți schemele de încrucișare, ca:
- la vaca cu culoarea neagră a blănii să se nască viței numai de culoare gri;
  - de la taurul de culoare gri să se nască viței cu culoarea albă a blănii;
  - la vitele cu blană albă să se nască viței cu blană de culoare gri.
- 6** Cocoșul roșu fără creastă (ambele caractere sunt recesive), a fost încrucișat cu găina neagra cu creasta diheterozigotă. Înscris schema acestei încrucișări.
- 7** La dovleac culoarea albă a fructelor domină față de cea galbenă, iar forma discoidală a fructelor față de forma sferică. Alcătuiți o schemă de încrucișare, ca printre descendenți să fie de trei ori mai multe plante cu fructe albe discoidale decât plantele cu fructe sferice galbene.

## Proiectul I

### Alcătuirea genealogiei proprii și demonstrarea moștenirii caracterelor

- Alegeți un caracter, după care va fi examinată genealogia proprie.  
Cele mai comode pentru examinare sunt următoarele caractere: culoarea părului (nu roșcat / roșcat sau negru / deschis); lungimea genelor (scurte / lungi); atașarea lobului urechii (lobul liber / lobul atașat); factorul Rhesus (pozitiv / negativ); predispoziția mâinii (dreptaci / stângaci); pistrii pe piele (sunt / lip-sesc). Puteți explora, de asemenea, și moștenirea altor caractere.
- Pentru alcătuirea genealogiei trebuie de aflat date despre rude: cine și cum este înrudit cu voi, în ce stare la ei se află caracterul examinat.
- Utilizând Internet-ul sau literatura suplimentară, familiarizați-vă cu simbolurile și regulile utilizate pentru alcătuirea genealogiilor.



- Alcătuiți și înscrieți pe hârtie genealogia după un anumit caracter. Pentru alcătuirea genealogiei puteți, utiliza, de asemenea, programe de calculator, de exemplu, „GenoPro” sau „SmartDraw”.
- Utilizând materialele § 38, determinați tipul de moștenire al caracterului examinat.



## § 39. Metode moderne ale geneticii

### Pentru diagnosticarea maladiilor genetice este necesară analiza cariotipului

Metodele clasice de studii genetice, care sunt descrise în paragraful precedent, nu examinează mecanismele moleculare ale funcționării materialului ereditar. Prin urmare aceste metode pot prezice numai probabilitatea unor tulburări genetice. Iar dacă a apărut o nouă mutație și unde – cu ajutorul lor nu poate fi determinat. Acest lucru necesită complet alte metode – **molecular-biologice** și **citogenetice**. Anume datorită lor poate fi cercetată structura și funcționarea genelor la nivel molecular și celular.

Din § 37 noi am aflat, că multe boli genetice sunt asociate cu anomalii cromozomiale. În cazul acestor boli pentru diagnosticarea cariotipului – **cariotiparea**. Pentru aceasta este efectuată eliminarea cromozomilor din celulele umane, colorarea și identificarea lor. La acțiunea coloranților chimici cromozomii devin striati, totodată fiecare cromozom are o secvență unică de dungi. O astfel de colorare a cromozomilor face posibilă repartizarea lor în perechi, și identificarea anumitei anomalii în structura sau numărul lor (*fig. 37.6, B, 37.7*).

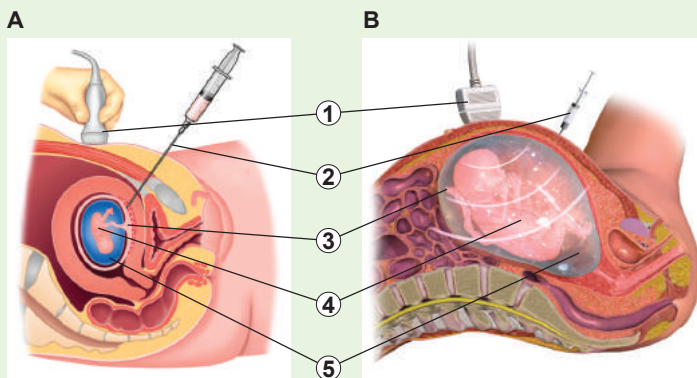
Foarte des cariotiparea este utilizată pentru **diagnosticul prenatal**. El este făcut înainte de naștere pentru detectarea anumitor anomalii genetice ale embrionului încă la stadiul de dezvoltare fetală. Cu acest scop medicii efectuează recoltarea de celule de la embrion, iar apoi le cariotipează. Embrionul însuși în timpul procedurii nu este atins, astfel încât să nu dăuneze dezvoltării lui. De aceea pentru analiză sunt luate sau celule ale părții embrionare ale placentei, sau lichidul amniotic (*fig. 39.1*). Celulele placentare au cariotipul embrionului, iar în lichidul amniotic nimereste un număr mic de celule, care „se desprind” de pe embrion. Prima metodă este mai complicată, dar este mai acceptabil la etapele timpurii ale sarcinii comparativ cu cea de-a doua. A doua metodă este mai simplu realizată, dar necesită timp suplimentar pentru creșterea masei celulare, necesare pentru cariotipare.

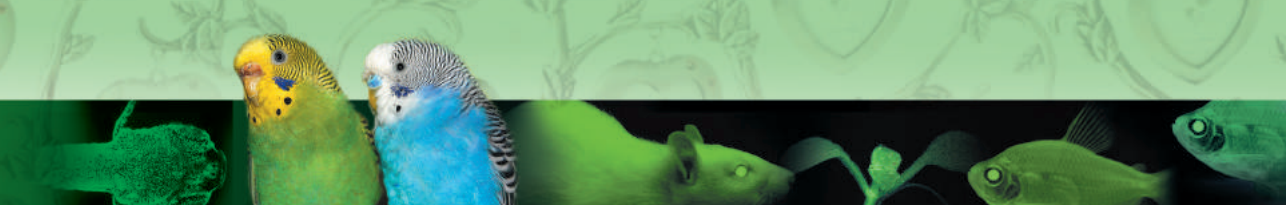
**Fig. 39.1. Metodele celulelor embrionare**

**A.** Colectarea celulelor placentei.

**B.** Colectarea lichidului amniotic.

1. Diagnosticul ecografic.
2. Seringa.
3. Placenta.
4. Fătul.
5. Lichidul amniotic.





Cariotiparea este utilizată nu numai în genetica umană. Astfel, ea este adesea folosită pentru identificarea așa-numitelor specii gemene. De exemplu, multe specii de țânțari malarici practic nu diferă una de alta după structura externă, dar semnificativ diferă după structura cromozomilor. Determinarea acestor specii are un interes practic, deoarece nu toate speciile sunt transmițători ai plasmodiului malaric<sup>1</sup>.

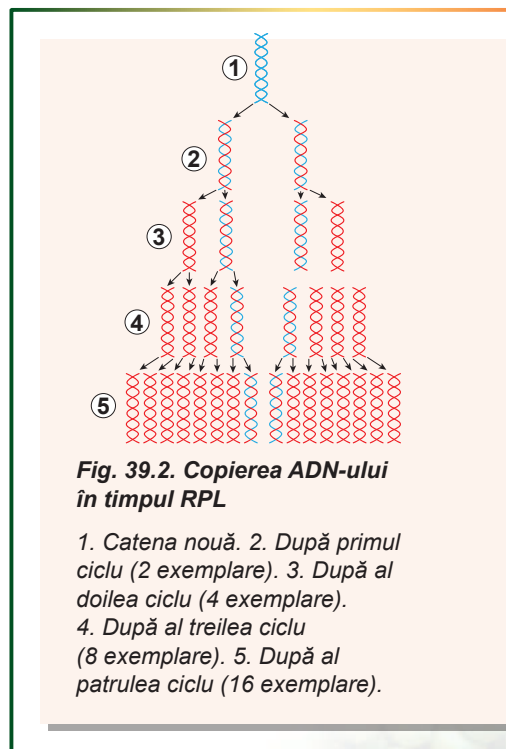
## Reacția de polimerizare în lanț este o metodă de a „înmulți” ADN-ul

În anul 1983 biochimistul american **Kerry Mullis** a propus metoda de efectuare a replicării unei regiuni specifice de ADN în eprubetă – **reacția de polimeraze în lanț** (RPL). Înainte de replicarea moleculei bicatenare de ADN sunt despiralizate în catene monocatenare, iar apoi pe ele cu ajutorul ADN polimerazei termostabile sunt sintetizate catene complementare noi de ADN. În rezultatul a 20–30 de cicluri de despiralizare-sinteză pot fi sintetizate într-un timp scurt (aproximativ o oră) milioane de copii ale unui fragment de ADN pur simplu în eprubetă (fig. 39.2).

RPL oferă multe de posibilități. Pe de o parte, cercetătorul poate obține un număr mare de copii ale porțiunii ADN-ului, care-l interesează, ce va facilita lucrul cu acest fragment, ca, de exemplu, secvențierea lui (vezi mai jos). Pe de altă parte, poate determina, dacă porțiunea de ADN căutată este în proba, care ne interesează. Astfel, RPL poate fi efectuată într-un mod anumit, ca să fie sintetizată numai segmentul de ADN specific pentru agentul patogen al holerei. Atunci sinteza copiilor noi de ADN va avea loc numai în cazul, în care în proba cercetată va fi ADN-ul bacteriei patogene. Deci poate fi simplu și rapid determinată prezența infecției în apă, sânge sau celule.

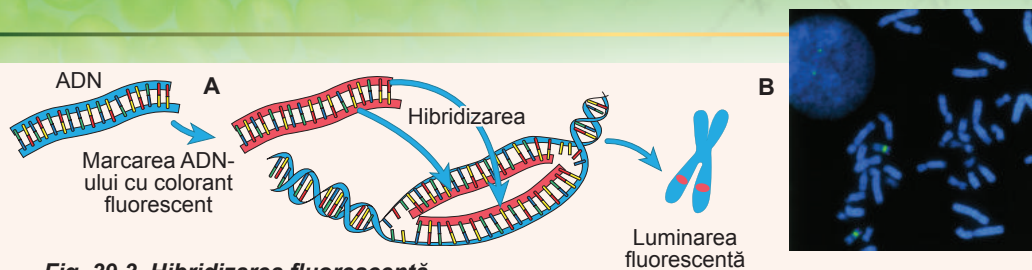
## Pentru identificarea mutațiilor punctiforme este necesară secvențierea acizilor nucleici

Determinarea mutațiilor genice, care cauzează maladii ereditare, este mai dificilă. Metoda cea mai evidentă de a găsi o mutație punctiformă este de a „citi” succesiunea de nucleotide într-un anumit segment, care, posibil, conține mutația. O astfel de determinare a succesiunii de nucleotide se numește secvențierea acizilor nucleici. Prima metodă de secvențiere a fost propusă de biochimistul britanic Frederick Sanger în 1977. Însărcinarea inițială a secvențierii a fost identificarea succesiunii de gene, dar destul de rapid acest proces a fost automatizat și utilizat pentru determinarea succesiunilor genomilor complete. În 2003 a fost publicat genomul uman secvențiat complet. În prezent este



<sup>1</sup> Faptul e că genul Țânțarii malarici include peste 400 de specii, dar numai unele dintre ele sunt transmițători ai malariei. Însă toți ei sunt numiți malarici. Iar pentru epidemiologi este important să se identifice speciile periculoase de țânțari.





**Fig. 39.3. Hibridizarea fluorescentă**

**A. Metodica. B. Cromozomii cu fragmente, care luminează în interfaza (la stânga) și metafaza (la dreapta) ciclului celular.**

descifrat genomul a câteva zeci de mii de organisme (mai detaliat în anexa VIII). Cunoașterea secvențelor de gene și genomurilor complete permite clarificarea trăsăturilor acestora de structură și funcționare. Așadar, comparând genomurile diferitor organisme între ele, pot fi mai clar înțelese legăturile istorice dintre ele și mecanismele modificărilor evolutive în natura vie (despre aceasta vom discuta în § 44).

### Pentru căutarea tulburărilor cromozomiale este folosită hibridizarea fluorescentă

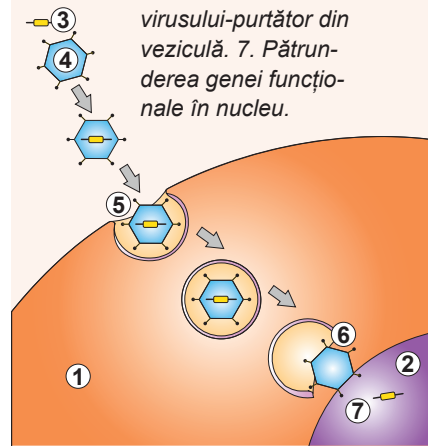
O metodă mai modernă și mai precisă de căutare a anomaliilor cromozomiale este **hibridizarea fluorescentă**. În această metodă sunt aplicate fragmente de ADN monocatenare, marcate cu un colorant fluorescent<sup>1</sup>. ADN-ul marcat are o secvență, care corespunde modificării în structura cromozomului (deleției, inversiunii sau translocăției). Dacă secvența ADN-ului marcat corespunde unui fragment al ADN-ului celulei, ele se combină – se hibridizează. Apoi la microscopul de fluorescență în prezența luminiscentei fragmentului la o anumită iluminare se poate determina, dacă hibridizarea a avut loc și dacă fragmentul căutat este în genomul celulei (fig. 39.3).

### Terapia genică reprezintă o încercare de a concura cu natura

Una dintre ramurile tehnologiei genetice este modificarea genetică cu scopul tratamentului bolilor genetice umane – terapia genică. O mare parte din maladiile genetice ale omului apar din cauza lipsei alelei funcționale a unei gene. Această problemă poate fi rezolvată prin introducerea artificială a genei funcționale în celulele umane (fig. 39.4). De obicei, terapia genică este realizată prin infectarea omului cu virus modificat: în locul acid nucleic propriu el conține gena umană. Această genă nimereste în

**Fig. 39.4. Utilizarea virusurilor modificate pentru terapia genică a maladiilor ereditare**

1. Citoplasma. 2. Nucleul.
3. Gena funcțională. 4. Virusul-purtător.
5. Endocitoza purtătorului virusului.
6. Eliberarea virusului-purtător din veziculă.
7. Pătrunderea genei funcționale în nucleu.



<sup>1</sup> Fluorescența este capacitatea substanțelor de a emite propria lumină la iluminare. Astfel, vopselele sau tonerul fluorescent luminează la iluminarea lor cu raze ultraviolete

nucleul celulei, se integrează în genom și începe să funcționeze în locul genei defecte. Astfel s-a reușit să se folosească arma îndreptată împotriva noastră – mecanismele atacului de virus – pentru tratarea noastră. În prezent terapia genică este folosită pentru tratarea unor maladii genetice și a cancerului. Mai mult despre terapia genică veți afla din § 62.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Pentru detectarea sindromului Down este cel mai convenabil de utilizat  
A cariotiparea                                      B hibridizarea fluorescentă  
C secvențierea                                      D RPL    E încrucișarea
- 2** Pentru cariotiparea prenatală sunt luate celulele  
A embrionului                                      B placentei    C uterului  
D membranei amniotice                      E cordonului ombilical
- 3** Virusul, care conține gena umană în locul acidului nucleic propriu,  
A transmite gena umană în celulă  
B pătrunde în celulă sub formă de proteină  
C este utilizat pentru cariotipare  
D complet se distruge în citoplasmă imediat după pătrunderea în celulă  
E este format în mod constant în celulele canceroase
- 4** În rezultatul terapiei genice în genom se află cel puțin două alele diferite ale unei gene. Din ele funcționează corect  
A cea inițială    B cea introdusă    C ambele    D nici una    E cea mutantă

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5** De ce pentru hibridizarea fluorescentă este utilizat microscopul? Cere sunt particularitățile funcționării acestui microscop, comparativ cu cel optic?
- 6** De ce pentru RPL este aplicată polimeraza termostabilă?
- 7** O metodă de a determina virusul imunodeficienței umane este RPL cu proba de sânge. Cum cu ajutorul acestei metode este detectat HIV în sânge?
- 8** De ce anume virusul este ales ca un mijloc pentru transportarea genelor în celulă?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 9** Cum de efectuat RPL cu ARN?
- 10** Este oare necesar pentru terapia genică de aplicat virusul ca purtător al genei? Poate oare să fie introdusă gena dorită în alte moduri?

### Află singur și comunică altora

- 11** Cum metoda de RPL este utilizată în medicină, criminalistică și practica judiciară?
- 12** Cum, comparând secvențele de nucleotide a unei gene, se poate afla despre rudenția evolutivă a organismelor?



*Biology is the science. Evolution is the concept that makes biology unique.*

**Jared Diamond**

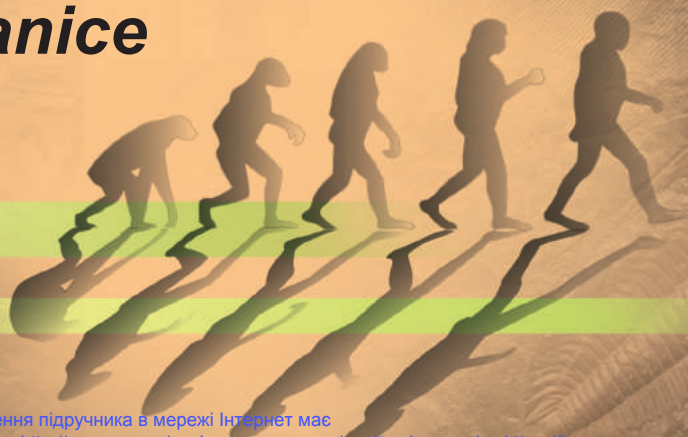




Jean-Baptiste Lamarck

# CAPITOLUL 6

## *Evoluția lumii organice*





## § 40. Populația

### Numărul, densitatea și distribuția indivizilor sunt caracteristicile statice ale populației

**Populația** reprezintă o totalitate de indivizi ale anumitei specii biologice, care este într-o oarecare măsură izolată de alte astfel de comunități. Cuvintele „într-o oarecare măsură”, înseamnă că încrucișarea între indivizi, care aparțin unei populații este mai probabilă, decât încrucișarea între indivizi din diferite populații.

Să explicăm aceasta pe un exemplu. Să presupunem, că există două lacuri, unde trăiește o anumită specie de pești (fig. 40.1). Aceste lacuri nu sunt conectate între ele, de aceea peștii, care le populează, nu se pot încrucișa între ei. Atunci noi putem să afirmăm, că fiecare lac are propria populație. Aceste populații, indivizii cărora nu pot să se încrucișeze între ei, se numesc **reproductiv izolate**.

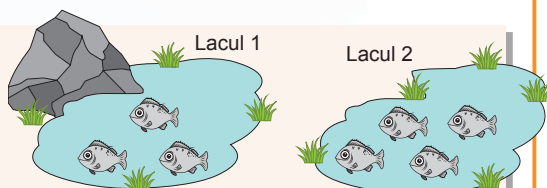


Fig. 40.1. Populațiile de pești reproductiv izolate

În natură situația este de obicei mai complicată. Între populații există un schimb de indivizi, dar nivelul acestuia nu depășește o valoare critică. Astfel, probabilitatea încrucișării indivizilor, care aparțin diferitelor populații, este mai mică, decât probabilitatea încrucișării indivizilor în interiorul populației.

Să presupunem că între cele două lacuri există un mic canal, prin care peștii pot înota (fig. 40.2). Atunci va avea loc încrucișarea indivizilor născuți în diferite lacuri. Dacă probabilitatea, că peștele va găsi un partener din lacul său este mai mare, decât probabilitatea de a găsi un partener din alt lac, putem spune că există două populații. Iar dacă aceste probabilități sunt aceleași, atunci ambele lacuri constituie o singură populație de pești.

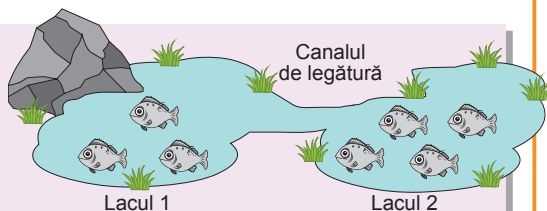


Fig. 40.2. Populațiile de pești în lacuri, conectate printr-un canal

Să examinăm modul, în care putem caracteriza fiecare din populațiile existente. Primul lucru, la care atragem atenția este **numărul populației**.

Populațiile diferă una de alta după numărul de indivizi, care intră în compoziția lor. Astfel, populația tigrilor Amur, care trăiesc pe malurile râurilor Amur și Ussuri, este formată din cel puțin 500 de indivizi, iar numărul unui stol de lăcuste călătoare poate depăși 50 de mld de indivizi. Mulți factori acționează asupra numărului de indivizi ai populației. De regulă, populațiile de animale răpitoare sunt mai mici decât populațiile animalelor erbivore, iar populațiile animalelor mari sunt mai mici, decât populațiile celor mici.

O altă caracteristică a populației este **densitatea**. Ea depinde de numărul de organisme de aceeași specie, care locuiește pe teritoriul ocupat de populație. Densitatea întotdeauna are valoare maximă și minimă. Dacă numărul organismelor în populație de-

vine prea mare, atunci resurse (hrană, apă, spațiu etc.) nu ajung pentru toți, și organismele începe să moară de foame.

Dacă densitatea este prea mică, atunci probabilitatea întâlnirii întâmplătoare și împerecherii reușite este atât de mică, încât rata mortalității populației depășește rata natalității și populația dispare. Prin urmare, numărul și densitatea populațiilor sunt menținute la un nivel optim.

În interiorul populației indivizii pot fi distribuiți în mod diferit. Această distribuție se datorează particularităților fiziologiei și de comportament al organismelor. Cele mai frecvente sunt trei tipuri de distribuție a indivizilor în spațiu: **întâmplătoare**, **uniformă** și **grupată** (fig. 40.3).

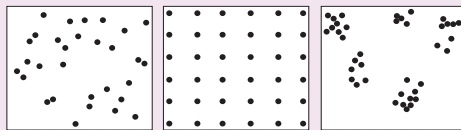
Această distribuție este convenabil de le interpretat în termeni de „atracție” și „respingere”<sup>1</sup>. Dacă atracția și respingerea sunt echilibrate reciproc, rezultă o distribuție întâmplătoare a indivizilor în spațiu. Un exemplu tipic este distribuția pădăiei într-o luncă. Dacă respingerea între indivizi depășește atracția, atunci indivizii sunt distribuiți în spațiu uniform. Aceasta este caracteristic, de exemplu, pentru tigri, când fiecare animal are teritoriul său, care-l protejează de alți indivizi. Și, în cele din urmă, dacă atracția depășește respingerea, această distribuție este grupată, pe care-o putem observa în bancurile de scumbie sau în stolurile de lăcuste. Pentru aceste organisme distribuția grupată asigură o protecție mai bună împotriva răpitorilor, protecția indivizilor tineri, utilizarea mai eficientă a resurselor.

Încă o caracteristică importantă este **structura pe sexe** a populației, care se manifestă printr-un raport de sexe diferite la indivizii de toate vârstele (masculi, femele și hermafrodiți). În populațiile majorității animalelor unisexuate raportul de sex masculin și feminin este aproximativ de 1 : 1. În unele populații ale viermilor cilindrici de sol populația este formată din hermafrodiți și masculi. În unele cazuri în populațiile predomină evident femelele (peștii de corali, majoritatea mamiferelor), în altele – masculii (păsările, șerpii)<sup>2</sup>.

Totodată raportul de sex poate să se modifice cu timpul: la mulți oposumi și șoareci marsupiali masculii mor după perioada de nupțială turbulentă, iar întreaga populație este formată din femele gravide. La crustaceele planctonice cea mai mare parte a anului populațiile sunt reprezentate de femele, care se reproduc prin partenogeneza, iar în perioadele critice (toamna, la secetă) în populație apar masculii.

## Caracteristicile dinamice ale populației descriu modificările ei

Parametrii populațiilor, cum sunt numărul, densitatea, structura pe sexe, cu timpul pot să se modifice. Numărul populației poate să se schimbe la acțiunea diferitor factori. În primul rând, la acestea aparține raportul natalității fertilității și mortalității. Cauze-

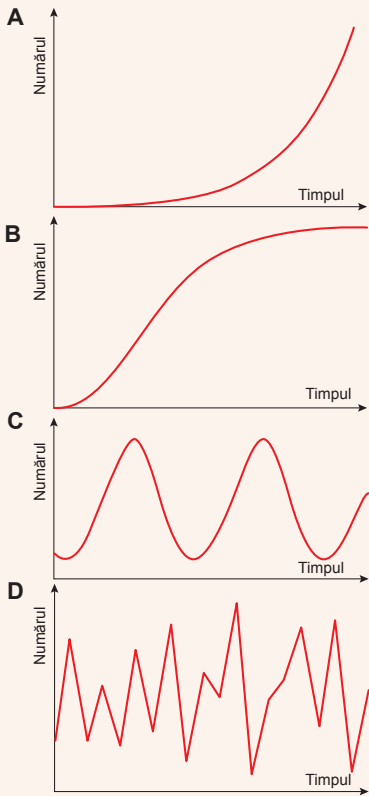


**Fig. 40.3. Tipuri de distribuție a indivizilor în spațiu**

- A.** Întâmplătoare. **B.** Uniformă.  
**C.** Grupată.

1 Desigur, este vorba nu despre forțe de interacțiune fizică între indivizi. Sunt doar termeni convenabili, pe care-i folosim pentru a descrie relațiile.

2 Pentru indivizii cu determinismul cromozomial al sexului există o regulă: sexul homogamic, de obicei, depășește cantitativ cel heterogamic. De exemplu, la mamifere sexul homogamic este cel feminin, iar la păsări – cel masculin. Posibil, că acest lucru se datorează mortalității mai înalte a indivizilor de sex heterogamic: bărbații sunt mult mai predispuși la astfel de boli, ca hemofilia sau daltonismul. Însă la om predomină cantitativ a femeilor asupra bărbaților este mică.



**Fig. 40.4. Tipuri de dinamică al populației**

- A. Creștere exponențială.
- B. Creșterea logistică.
- C. Fluctuații periodice a numărului de indivizi.
- D. Fluctuațiile haotice a numărului de indivizi.

le mortalității pot fi cum interne (îmbătrânirea), așa și externe (prădătorii, bolile, lipsa resurselor). De obicei, creșterea excesivă a densității populației duce la o scădere a natalității (de exemplu, este suprimat comportamentul nupțial) și creșterea mortalității datorită bolilor și activizării răpitorilor. Un alt factor important, care reglează numărul indivizilor în populație este **migrația**. Totodată ar trebui să distingă **emigrația** (părăsirea populației de către indivizi) și **imigrația** (venirea de noi indivizi în populație). Multe organisme, atunci când numărul lor crește esențial, migrează în căutarea resurselor noi. Acestea sunt, de exemplu, lemingii (rozătoare mici) și multe insecte.

Raportul natalității, mortalității, emigrației și imigrației determină modificări îndelungate ale numărului populației, ele sunt numite **dinamica populației**.

O caracteristică importantă a dinamicii populației este **creșterea naturală a populației**, care este exprimată prin formula: creștere naturală (într-o unitate de timp) = partea născuților – partea decedațiilor + partea imigranților – partea emigranților.

Dacă creșterea naturală a populației este egală cu zero, numărul populației nu se schimbă, dacă mai mare de zero – crește, dacă mai mică – scade.

Există câteva tipuri de dinamică a populației, care se manifestă în natură (fig. 40.4).

**Creșterea exponențială.** Se manifestă atunci, când creșterea naturală nu este dependentă de densitatea populației. De obicei, ea este tipică pentru populații tinere, care ocupă locuri noi de existență, când răpitorii sau resursele nu limitează creșterea populației. Curba dependenței numărului populației de timp este graficul funcției exponențiale.

**Creștere logistică.** Se manifestă în cazul, când creșterea naturală a populației scade invers proporțional numărului de indivizi: cu cât mai mare este populația, cu atât mai lent ea crește. Această creștere este

tipică pentru majoritatea animalelor vertebrate. Începând de la un anumit număr de indivizi, creșterea populației începe să scadă și devine egală cu zero. Densitatea populației ajunge la o valoare constantă, atunci când numărul de născuți și numărul de decedați într-o unitate de timp este echilibrat reciproc.

**Fluctuațiile periodice ale numărului populației.** Uneori, în populațiile anumitor specii se manifestă fluctuații periodice ale numărului de indivizi. Acest lucru este, de obicei, cauzat de forțe externe: schimbările climaterice sezoniere, activitatea răpitorilor.

**Alfred Lotka și Vito Volterra** au dovedit, că în sistemul „răpitor-victimă” neapărat apar fluctuații periodice ale numărului răpitorilor și victimei.

**Comportamentul haotic al numărului populației.** Uneori numărul populației este supus unor fluctuații întâmplătoare, neperiodice. Această dinamică a populației se ob-

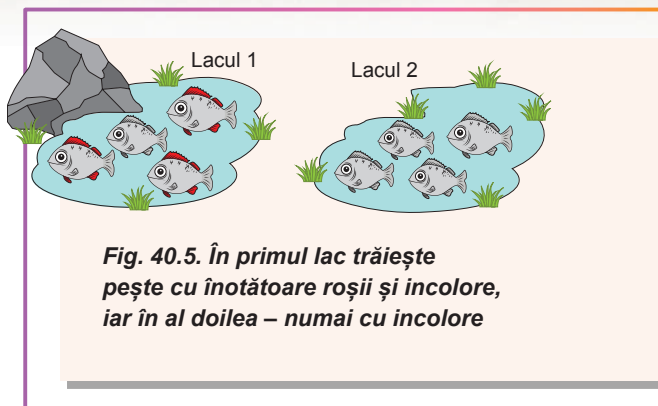
servă la multe insecte, în special la lăcuste. Pe parcursul multor ani numărul indivizilor poate fi foarte mic, iar apoi se întâmplă explozie populațională bruscă. Prevederea unor astfel de explozii ar putea ajuta la combaterea dăunătorilor, dar aceasta este o sarcină practică și teoretică dificilă

## Genofondul populației

Să revenim la lacurile noastre, dar acum o să apelăm la genetică. Să presupunem, că la pește este gena, responsabilă, de exemplu, de culoarea înotătoarelor. Alela A răspunde pentru culoarea roșie a înotătoarelor, iar alela a – pentru înotătoare incolore. Fie că la peștii din primul lac sunt ambele alele, iar la peștele din al doilea – numai alela a. Este ușor de făcut concluzie cum vor arăta peștii în aceste lacuri: în primul va fi pește și cu înotătoare roșii, și cu incolore, iar în al doilea – numai cu incolore (fig. 40.5).

Având în vedere că lacurile nu sunt conectate între ele și peștii nu pot traversa limitele terestre dintre lacuri, purtătorii de alela A nu pot nimeri din primul lac în al doilea, și, prin urmare, în al doilea lac vor lipsi pești cu înotătoare roșii. Aici noi am ajuns la o concluzie importantă: seturile și raporturile alelelor în diferite populații diferă. Setul unic de alele ale fiecărei populații se numește **genofond**.

Fie că ambele lacuri sunt unite printr-un canal mic de apă. Acum peștii pot înota prin acest canal în al doilea lac, dar să presupunem, că acest flux de indivizi este mic. Atunci alelele A pot să „treacă” în al doilea lac cu peștii migratori. Acest fenomen se numește **flux de gene**. Fluxul de gene reprezintă un motiv de a uni populațiile într-o singură totalitate – **specie biologică**. Populațiile, care timp îndelungat sunt reproductiv izolate, vor acumula deosebiri, iar aceasta poate duce la apariția unor specii noi.



**Fig. 40.5. În primul lac trăiește pește cu înotătoare roșii și incolore, iar în al doilea – numai cu incolore**

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Pinter sisteme biologice propuse ale lacului de munte Sinevir populația este  
**A** singurul lac                      **B** fauna lacului                      **C** toți peștii din lac  
**D** păstrăvul din lac                      **E** vegetația litorală a lacului
- 2 Structura grupată a populațiilor este caracteristică pentru astfel de organisme ca  
**A** lăcusta, tigru, antilopa                      **B** antilopa, rândunica, pinul  
**C** scrumbia, șprotul, lăcusta                      **D** delfinul, mușetelul, ciuperca de mucegai  
**E** feriga, elefantul, pinguinul
- 3 Limita maximală a densității populației este asociată cu  
**A** probabilitatea mică de încrucișare                      **B** limitarea volumului genofondului  
**C** lipsa masculilor                      **D** excesul de femele                      **E** insuficiența de resurse



- 4) Dacă la începutul anului în populație a fost 100 de indivizi, timp de-un an s-au născut 15, au murit 20, au imigrat 3 și au emigrat 2 indivizi, atunci creșterea naturală a populației constituie  
A 96%      B 4%      C 4%      D 96%      E 104%

- 5) În 1859 în Australia au dat drumul în natură la 24 de iepuri. Timp de 10 ani numărul lor a devenit într-atât de mare, încât prinderea chiar și a 2 milioane de iepuri pe an nu influența în mod semnificativ asupra populației. Adică timp de 10 ani pentru iepuri a fost caracteristic următorul tip de dinamică a populației ca  
A creșterea exponențială      B creșterea logistică  
C fluctuații periodice      D fluctuații haotice  
E prevalarea emigrației față de imigrație

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6) În ce condiții populațiile vor fi reproductiv izolate?  
7) De ce drept criteriu de izolare a populației este probabilitatea încrucișării cu indivizii „proprii” sau „străini”?  
8) Dați caracteristica factorilor, datorită cărora va avea loc echilibrarea natalității și mortalității în cazul creșterii logistice a populației.  
9) Poate oare o populație să aibă diferite tipuri de dinamică a populației la diferite etape ale existenței sale?  
10) De ce numărul populației victimei depinde de numărul populației răpitorului și invers?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11) Gândiți-vă în ce moduri se poate determina numărul peștilor într-un lac mare, numărul florilor pe o poiană sau numărul bacteriilor într-un bulgăre de sol?  
12) Cum ce explică faptul că numărul de indivizi în populațiile de răpitori este mai mic decât în populațiile de organisme erbivore?

### Află singur și comunică altora

- 13) Este oare obligatoriu ca, pentru a fi izolate reproductiv, populațiile să fie despărțite teritorial? Care sunt altele mecanisme posibile de izolare?  
14) Cum depinde frecvența întâlnirii alelei unei gene în genofondul populațiilor de timp în populațiile izolate?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15) Cercetarea dinamicii populației umane regiunii sale (orașului, raionului, regiunii, țării):  
1) Calculați creșterea naturală a populației pentru regiunea voastră, ținând cont de natalitate, mortalitate, imigrație și emigrație.  
2) Colectați date privind schimbările populației în regiunea voastră în anii anteriori.  
3) Construiți graficul modificărilor și determinați cărui tip de dinamic al populației el corespunde cel mai mult. Încearcați să explicați dependența obținută a numărului de timp din punct de vedere al cauzelor socio-economice.

# § 41. Dezvoltarea concepțiilor evoluționiste

## Prima teorie evoluționistă a fost formulată în secolul al XIX-lea

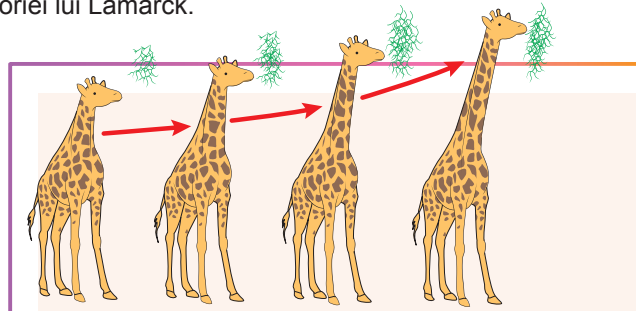
Din cele mai vechi timpuri oamenii au încercat să explice diversitatea observată a vieții. În secolul al XVIII-lea practic toți savanții au urmat închipuirile creaționiste, adică erau convinși, că viața pe Pământ a fost creată de către forțe superioare. Dar și acești savanți s-au împărțit în două tabere. Unii dintre ei credeau, că toate organismele vii sunt create astfel, cum ele sunt și în prezent, și din momentul creării nu s-au schimbat. Al doilea grup, mai progresiv, presupunea, că speciile cu timpul se schimbau și speciile actuale sunt descendenții celor mai vechi. Printre ei sunt demni de-i remarcat pe **Erasmus Darwin** (bunicul lui Charles Darwin), **Johann Wolfgang von Goethe** și **Denis Diderot**. Însă în acele timpuri încă nu era elaborată o teorie, care ar fi explicat cauzele și mecanismele acestor schimbări. Prima teorie, care a încercat să explice originea speciilor de organisme vii, a fost teoria evoluționistă a lui **Jean-Baptiste de Lamarck**.

Lamarck presupunea, că tuturor organismelor vii le este caracteristică „tendința internă spre perfecționare” – dorința de a deveni mai buni și mai complecși. Omul, după părerea lui Lamarck, a avut cel mai mare succes în această chestiune dificilă. Conform teoriei lui, organismul viu poate să-și antreneze vreun organ, și apoi să transmită acest caracter urmașilor săi într-o formă îmbunătățită. Astfel, dacă voi în fiecare zi o să vă ocupați în sala de sport, copiii voștri vor fi mai puternici – aproximativ în așa mod se gândea Lamarck. Strămoșul girafei timp de multe generații a întins gâtul său pentru a ajunge la frunzele de pe ramurile de copaci. Ca rezultat, gâtul se antrena și devenea tot mai lung cu fiecare generație, ce a dus la apariția girafelor moderne (fig. 41.1). Aici trebuie de remarcat faptul, că la teoria lui Lamarck a apărut o serie de întrebări. De exemplu, cum cu ajutorul ei poate fi explicată apariția carapacei la broasca țestoasă? Lamarck a dat un răspuns îndrăzneț: broasca țestoasă și-a crescut carapacea datorită voinței sale. De ce, dacă toate organismele tind să devină mai complexe, există încă bacterii? Lamarck a răspuns: viața apare în mod continuu din materie nevie, bacteriile moderne au apărut recent și nu a avut timp să se dezvolte în ceva mai complex.

Mai jos sunt date principiile de bază ale teoriei lui Lamarck.

1. T tuturor organismelor vii le este caracteristică „tendința spre perfecționare”.
2. Dacă organul se antrenează – el se dezvoltă, dacă nu se antrenează – cu timpul dispare.
3. Caracteristicile dobândite pot fi transmise urmașilor.
4. Organismele vii apar în mod continuu din materie nevie.

Teoria lui Lamarck a avut un caracter pur teoretic și a folosit multe concepte supranaturale, așa ca „tendința spre perfecționare” la drojdiile sau „putere de voință” la broasca țestoasă. Mai târziu, această teorie a fost respinsă<sup>1</sup>, dar are o mare importanță istorică ca prima teorie evoluționistă.



**Fig. 41.1. Formarea gâtului lung la girafă după Lamarck**

Strămoșul girafei se întindea după frunze datorită „tendinței spre perfecționare” și gâtul treptat devenea mai lung.

1 Trebuie de remarcat, că conform cercetării moderne, unele caractere dobândite, cum ar fi imunitatea antivirală la bacterii pot fi moștenite. Dar aceasta este mai mult excepție, decât regulă.



## Jean-Baptiste de Lamarck

S-a născut în anul 1744 în orașul francez Bazentin. După serviciul militar, a studiat la Școala Superioară Medicală din Paris. Dar preocuparea cu botanică, curând a câștigat, și Lamarck nu a devenit medic. Deja în 1778 el a publicat lucrarea „Flora Franței”, care l-a făcut pe savant renumit botanist mondial. Mai târziu Lamarck și-a schimbat direcția cercetărilor sale, interesându-se de zoologie. El și aici a avut succes: anume Lamarck a introdus în limbajul științific, termenul „nevertebrate”, le-au împărțit în 10 clase, a descris multe specii noi. La începutul secolului al XIX-lea, Lamarck a propus termenul, scris pe coperta manualului nostru – „Biologie” – pentru a descrie științele despre viață. Principala lucrare a lui Lamarck a fost cartea publicată în 1809 – „Filosofia Zoologiei”, în care el a descris opiniile sale cu privire la dezvoltarea lumii vii, cum se schimbau cu timpul animalele și plantele și cum ele au ajuns la aspectul modern. Acest lucru înseamnă, că Lamarck a fost creatorul primei teorii evoluționiste! Însă nimeni din contemporanii lui nu a acceptat aceste idei. Toți s-au întors de la cercetător, și el a rămas singur. Numai fiica Cornelia a fost devotată tatălui până la sfârșit. Lamarck a pierdut vederea și a murit în sărăcie în 1829. Cornelia nu avea bani pentru a cumpăra măcar un sicriu. El a fost îngropat împreună cu pribegii, care au murit în aceea zi în Paris. Așa că astăzi nu se știe exact unde este înmormântat unul dintre cei mai celebri savanți ai lumii. Numai în 1909 la aniversarea a 100 ani de la publicarea „Filosofiei Zoologiei” a fost ridicat un monument lui Lamarck. Pe basorelief este imaginat savantul bătrân orb, iar alături stă fiica lui. Sub basorelief sunt gravate cuvintele Corneliei: „Descendenții se vor mândri cu tine, tată. Ei se vor răzbuna pentru tine”. Așa și s-a întâmplat.

## Teoria selecției naturale afirmă, că supraviețuiesc numai cei mai adaptați

Este greu de imaginat o teorie, care ar fi influențat nu numai asupra dezvoltării științei, ci și asupra civilizației umane, atât de mult ca **teoria selecției naturale a lui Charles Darwin**<sup>1</sup>. Geniul lui Darwin constă în faptul, că în loc de concluzii abstracte (ca, de exemplu, puterea de voință a broaștei țestoase), el s-a hotărât la o necuviință fără precedent în acele zile – să descrie fenomenele pe baza faptelor observate și pe baza experimentelor imaginare! Trebuie de remarcat, că Darwin nu știa nimic despre genetică și mecanismele de ereditate, dar a folosit singurul fapt al transmiterii ereditare a caracterelor. Metoda de raționament a lui Darwin este următoarea:

**Ipoteza № 1.** Dacă le-am promite organismelor să se reproducă nelimitat, numărul acestora va crește în progresie geometrică, demonstrând tipul exponențial de creștere (mai detaliat aceasta este descrisă în § 40). Este suficient să menționăm problema lui Fibonacci despre iepuri<sup>2</sup>. Anume prin creșterea nelimitată Darwin a explicat în cartea sa „Originea speciilor prin selecție naturală” șirul lui Fibonacci.

**Faptul evident № 1.** În natură creșterea nelimitată, exponențială nu poate avea loc pentru o lungă perioadă de timp. Dimpotrivă, populațiile, de obicei, au un număr fix, care

1 De fapt pentru prima dată a dezvoltat teoria selecției naturale Alfred Wallace, care a trimis-o ca un articol scurt lui Charles Darwin pentru recenzie. Sa dovedit, că teoria propusă coincide cu cea, asupra căreia a lucrat peste 20 de ani Darwin. Cu toate acestea, dezvoltarea unei teorii temeinice, căutarea și explicația dovezilor, susținerea ei în discuțiile științifice a fost efectuat de Darwin, ce și este motiv de a considera această teorie drept creația lui proprie.

2 Fibonacci pisal: „Czlowiek posiadził parę królików w zagonie obniesionym ze wszystkich stron ścianą. Ile par królików w Fibonacci scria: „Un om a pus o pereche de iepuri într-un spațiu total închis de un zid. Câte perechi de iepuri se vor obține într-un an de la această pereche, dacă se știe că în fiecare luna, fiecare pereche dă naștere unei noi perechi de iepuri” Puteți să vă convingeți, că numărul de perechi în fiecare din cele douăsprezece următoarele luni va fi 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144 ... Aceasta nu este progresie geometrică, dar o astfel de secvență de numere transmite spiritul creșterii explozive a populației.

poate să varieze (cu excepția, desigur, a populațiilor, al căror număr variază haotic, și în ele după perioade de izbucnire încep perioade de reducere accelerată a populației).

**Concluzia № 1.** În populațiile reale nu poate fi atinsă supraviețuirea tuturor descendenților (o consecință din faptul №1). Mulți dintre ei mor, din anumite motive, înainte de vârsta reproductivă fără a lăsa urmași. Se pune întrebarea: cine moare, cine supraviețuiește și de ce aceasta depinde?

**Fapt evident № 2.** În populațiile de organisme vii se manifestă variabilitatea. Organismele vii diferă după mărime, culoare, formă părților corpului, particularitățile de comportament și alte trăsături.

**Fapt evident № 3.** Unele caractere, pentru care se manifestă variabilitatea, se moștenesc. De exemplu, de la părinți blonzi se poate naște numai copil blond, iar la de părinți cu părul întunecat – cel mai probabil, copil cu păr întunecat. Adică variabilitatea are caracter ereditar.

**Fapt mai puțin evident № 4.** Indivizii, care au diferite caractere, au diferite șanse de a lăsa urmași, și anume: șansele de a lăsa urmași la indivizii cu caracterul A sunt mai mari decât șansele indivizilor cu caracterul B.

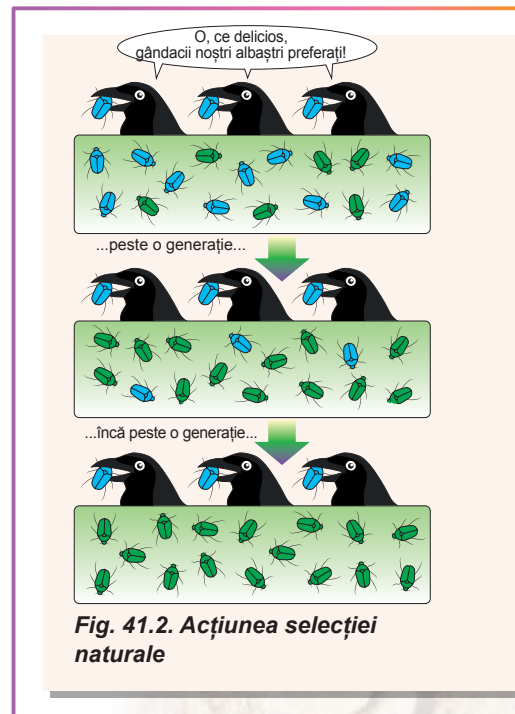
Combinăția tuturor relațiilor dintre organisme și mediul Darwin le-a numit **luptă pentru existență**. Acesta înseamnă, că organismele luptă cu organisme de aceeași specie (ca puii de lup pentru o bucata de carne), cu organisme de la alte specii (ca iepurii, care fug de lupi) și cu mediul (ca urșii, care supraviețuiesc iarna rece). Va „câștiga” lupta pentru existență acel organism, care, în condiții existente, este cel mai bine adaptat și lasă mai mulți urmași.

**Concluzia № 2.** Dacă caracterul are în populație mai multe manifestări alternative (faptul № 2), ele se moștenesc (faptul № 3), iar prezența unuia din ei le oferă o șansă mai mare de a lăsa urmași (faptul № 4), atunci partea indivizilor cu acest caracter va crește, iar partea indivizilor cu manifestarea alternativă a caracterului se va reduce. Acest proces se numește **selecție naturală**.

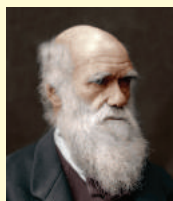
Să examinăm cum funcționează selecția naturală (fig. 41.2). Să presupunem, că există o populație de gândaci de o specie, care au astfel caracter că culoarea elitrelor are manifestări alternative: elitre verzi și albastre. Totodată culoarea elitrelor se moștenește. Fie că există încă o forță externă, cum ar fi păsările, care mănâncă gândaci. Ele mai ușor găsesc în iarba verde gândacii albaștri, prin urmare gândacii albaștri au mai multe șanse să fie mâncați și puține șanse să lase urmași și să le transmită genele sale. Așadar, partea gândacilor albaștri se va reduce în fiecare generație. Cu timpul, deoarece numărul gândacilor în populație nu este nelimitat (așa și este!), caracterul „elitrele albastre” poate fi complet pierdut și toți gândacii din populație vor fi verzi.

Astfel, selecția naturală se bazează pe trei piloni.

1. Variabilitatea: sunt necesare manifestările alternative ale caracterului.
2. Ereditatea: transmiterea manifestărilor alternative ale caracterului de la părinți la urmași.







## Charles Darwin

S-a născut în 1809 în orașul englez Shrewsbury. A studiat la Universitățile din Edinburgh și Cambridge la facultățile de medicină și teologice. În 1831 a mers într-o călătorie de cinci ani în jurul lumii pe nava de cercetare „Beagle”, în calitate de naturalist. Charles a lucrat cu sârguință și a adunat o colecție bogată de minerale, fosile, specii de plante și animale. Totul ce a fost văzut în călătorie de către cercetător a fost descris și analizat. Aceste materiale au și fost punctul inițial în crearea celebrei teorii a evoluției prin selecția naturală. Toți anii de după expediție Darwin se ocupă de analiza materialelor, găsește materiale noi, și iată că în 1859 este publicată lucrarea lui principală „Originea speciilor prin selecție naturală sau păstrarea raselor favorizate în lupta pentru existență”. Apariția acestei cărți a împărțit istoria biologiei în „până la publicare” și „după publicare”. Crearea teoriei evoluției a lui Charles Darwin a fost evenimentul cel mai proeminent în biologia secolului al XIX-lea. Aceasta a fost a doua, după teoria evoluționistă a lui Lamarck, și ea astfel nu a fost percepută de toți biologii în mod pozitiv. Un val de atacuri asupra savantului s-a intensificat după publicarea unei alte lucrări geniale „Originea omului și selecția sexuală”. Savantul a murit în 1882 la Londra. A fost înmormântat la Catedrala Westminster lângă mormintele lui Newton, Faraday, Dickens, Keats, Shelley și alți britanici proeminenți. Unul dintre fondatorii sociologiei, nepotul lui Darwin, Francis Galton a afirmat, că unchiul său Charles era un urmaș al prințesei de la Kiev, Regina Anna Yaroslavna a Franței.

3. Diferite șanse de a lăsa urmași fertili (capabili de a se reproduce) la indivizi cu manifestări alternative a caracterului. Cu cât mai mare este șansa, cu atât va fi mai mare numărul de copii al unui anumit caracter, care vor fi transmise la urmașii fertili, adică va fi mai mare așa-numitul **succes reproductiv**.

Este important de remarcat faptul, că selecția naturală de parcă se „hrănește” cu variabilitate și singur o distruge în rezultatul luptei pentru existență!

Și acum cel mai important lucru: dacă selecția naturală va acționa un timp îndelungat, ea va schimba populația „până la nerecunoscut”, ce va duce la apariția unor specii noi.

Trebuie de recunoscut meritul lui Darwin: secvența propusă de raționamente logice nu a avut nevoie de „forțe superioare”, aceasta a fost o teorie pe deplin științifică. Mai mult decât atât, a fost prima teorie, care a descris un proces asimetric în timp. Teorii similare în fizică, care descriu procesele neechilibrate, ce necesită luarea în considerație a timpului, au apărut mult mai târziu<sup>1</sup>.

Trebuie de menționat faptul, că în starea inițială teoria lui Darwin a dat peste anumite dificultăți. În primul rând, în timpurile lui Darwin nu era cunoscută vârsta exactă a Pământului: se credea, că ea este de câteva zeci sau cel mai mult – de câteva sute de mii de ani, și totodată se părea că acest timp nu este suficient pentru apariția unor specii noi prin selecție naturală. În al doilea rând, nu erau cunoscute mecanismele eredității. Lucrarea lui Mendel (1865) a fost publicată doar peste câțiva ani după publicarea cercetării lui Darwin (1859) și a fost puțin cunoscută în comunitatea științifică până în anul 1900. În al treilea rând, Darwin absolut nu știa originea variabilității. Acesta a fost un punct foarte slab al teoriei lui! El pur și simplu susținea că variabilitatea există și permanent apare de undeva (pentru că, în caz contrar, selecția naturală pur și simplu ar fi nimic-o!). În al patrulea rând, Darwin nu știa, dacă teoria sa poate explica originea unor astfel de organe complexe ca ochiul sau creierul. Desigur, cu culoarea gândacilor totul este mult mai simplu! Dar, în ciuda tuturor acestor neajunsuri, teoria lui Darwin poate fi considerată una dintre cele mai mari descoperiri din istoria științei!

1 Pe deplin aceasta va fi făcut de chimistul belgian și laureatul al Premiului Nobel Iliia Prigogine, numai aproape peste 90 de ani!

## Teoria sintetică a evoluției a combinat darwinismul și genetica

Din timpurile lui Charles Darwin teoria selecției naturale s-a schimbat considerabil. Concepția noastră despre ereditate și viață în general este mult mai cuprinzătoare, permițându-ne să depășim aceste dificultăți, cu care în mijlocul secolului al XIX-lea s-a confruntat Charles Darwin. Combinarea geneticii, ecologiei și teoriei selecției naturale a dat naștere unei noi teorii – **teoriei sintetice a evoluției**, care poate multe să explice și să prezică. Să examinăm pe scurt principalele teze ale acestei teorii, elaborate la mijlocul secolului al XX-lea de către Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, Julian Huxley și alți biologi celebri.

1. Materialul pentru evoluție servește variabilitatea ereditară – mutațiile și recombinările întâmplătoare ale informației genetice.
2. Cea mai mică unitate a evoluției este populația, iar evenimentul evolutiv elementar este schimbarea frecvenței de întâlnire a alelelor în populație.
3. Selecția naturală este un caracter adaptiv: el duce la selectarea mutațiilor utile pentru supraviețuire și reproducere și înlătură cele dăunătoare.
4. În afară de selecția naturală, un rol important îl joacă alte procese, cum ar fi **flu-cuația populațională și deriva genetică**, care vor fi discutate mai jos.
5. Speciile noi se formează prin izolarea reproductivă a populațiilor inițiale.
6. Toate formele vitale celulare au evoluat de la ultimul strămoș comun universal – LUCA<sup>1</sup>. Se poate ilustra arborele vieții, unde frunzele reflectă organismele, care există astăzi, iar ramurile – istoria lor evolutivă. Ramurile se vor un, împreunându-se în cele din urmă până la unicul organism de la baza arborelui – LUCA.
7. Mutațiile se împart nu numai în utile și dăunătoare, dar cele mai multe din ele sunt neutre.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Conform faptului № 1 din raționamentul lui Darwin, propus în paragraf, reiese concluzia № 1, deoarece  
**A** dacă ar fi supraviețuit toți, dimensiunile populației ar fi crescut în continuu  
**B** în populațiile reale permanent există o mortalitate  
**C** numărul fix de indivizi este determinat de încetarea reproducerii  
**D** în natură este adesea observată creștere exponențială continuă  
**E** cu cât mai mare este numărul populației, cu atât mai mică este în ea supraviețuirea
- 2 Luând în considerație concepția lui Lamarck despre bacterii și organismele unicelulare, se poate afirma, că nu toate organismele au devenit perfecte ca oame-nii, fiindcă  
**A** ele na au avut această tendință internă  
**B** lor nu le-a ajuns timp  
**C** ele slab și-au antrenat organele sale  
**D** nu toate caracterele dobândite sunt moștenite  
**E** există o variabilitate considerabilă
- 3 Succesul reproductiv e cu atât mai mare, cu cât  
**A** numărul de urmași ai organismului este mai mic  
**B** numărul de urmași ai organismului este mai mare

1 LUCA – *last universal common ancestor* (ultimul strămoș comun universal), cel mai apropiat strămoș comun al tuturor organismelor vii care trăiesc acum pe Pământ. A trăit, după presupuneri, acum 3,5–3,8 miliarde de ani.

- C organismul mai rar se împerechează
- D organismul mai des se împerechează
- E descendenții acestui organism sunt mai puțin fertili

- 4 Cel mai simplu eveniment evolutiv în teoria sintetică a evoluției este
- A creșterea în Africa a numărului de oameni, care suferă de anemie falciformă
  - B apariția unei noi specii de țânțari malarici
  - C apariția mutației în celulele pielii și apariția de alunițe
  - D nașterea unui nou organism
  - E dispariția unor grupuri de bacterii din cauza utilizării pe scară largă a antibioticelor
- 5 Încetarea transmiterii genelor de la o populație la alta cauzează
- A dispariția specii
  - B declanșarea selecției naturale
  - C intensificarea luptei pentru existență
  - D formarea speciei noi
  - E creșterea variabilității

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce cu cât mai intensiv decurge selecția naturală, cu atât mai puține variante de variabilitate rămân în populație?
- 7 Ce tip de luptă pentru existență este descris în exemplul cu gândacii? De ce „câștiga” gândacii verzi?
- 8 Care sunt cauzele fenomenului din faptul № 4, ale raționamentului lui Darwin, conform căruia indivizii cu caracterele A și B au șanse inegale de a produce urmași și de a le transmite lor caractere?
- 9 Ce este comun în teoriile evoluționiste ale lui Darwin și Lamarck?
- 10 Propuneți un experiment și observații personale, care permit să fie respinsă teoria evoluției Lamarck.
- 11 Care sunt cauzele creării teoriei sintetice a evoluției?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 12 Charles Darwin pe timpurile sale nu a putut nega „coșmarul lui Jenkin”, de aceea savantul a trebuit să facă modificări în teoria sa. Respinge „coșmarul lui Jenkin”.
- 13 Pentru multe organisme este caracteristică selecția sexuală: masculul care a câștigat sparringul cu alții, este mai iscusit în cântec sau construirea adăpostului, ajunge la succes reproductiv și se înmulțește, iar cel care pierde – nu. Care este sensul evolutiv al selecției sexuale? Nu este oare acest tip contrar selecției naturale?

### Află singur și comunică altora

- 14 Explicați apariția gâtului lung la girafe din punct de vedere al selecției naturale.
- 15 Care observații biologice ale lui Charles Darwin l-au adus pe el la crearea teoriei evoluționiste?
- 16 Ce dovezi are neolamarckismul actual? Nu sunt oare ele contrare teoriei sintetice a evoluției?

## § 42. Factorii evoluției

### Selecția naturală este cauza dezvoltării adaptațiilor

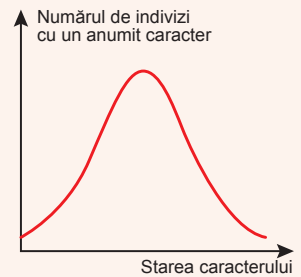
În paragraful precedent ne-am familiarizați cu așa noțiune, ca selecția naturală – un proces, care asigură supraviețuirea celor mai adaptați indivizi și transmiterea descendenților caracterelor sale. În teoria sintetică a evoluției selecția naturală este considerată drept singura cauză a adaptării, precum și una dintre principalele forțe motrice ale evoluției. Prin **adaptare** se subînțelege capacitatea organismului de a supraviețui în mediul înconjurător, formată în urma evoluției.

### Selecția naturală cauzează schimbări evolutive numai în prezența variabilității ereditare

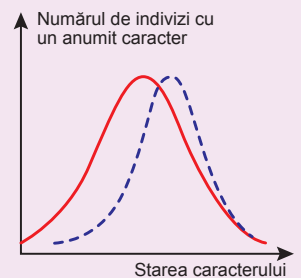
Selecția naturală poate să se manifeste în mod diferit în diferite situații. Biologii evoluționiști disting diferite forme de selecție naturală. Să examinăm, cum selecția naturală poate acționa asupra răspândirii în populație a unui astfel de caracter cantitativ, ca masa corpului. După cum știți deja din § 36, distribuția caracterelor indivizilor din populație, în general, arată ca în figura 42.1.

În primul rând, să ne oprim la un component foarte important – **variabilitate ereditară**, care este extrem de necesară pentru evoluție. Să presupunem că avem o populație omogenă, toți indivizii sunt homozigoti după gena responsabilă pentru determinarea masei corpului, adică au genotipul aa. Însă distribuția fenotipurilor în populație va fi similară cu cea prezentată în figura 42.1. Deosebirea în masa corpului la acești indivizi sunt determinate nu de variabilitatea ereditară, ci de cea modificativă: cineva are o masă mai mare, cineva – mai mică. Fie că apoi la un moment dat vine un răpitor și mănâncă toți indivizii cu masă mai mică decât cea medie (ei, de exemplu, nu se pot proteja bine). În acest mod are loc procesul de selecție. Distribuția fenotipurilor în acest grup se va schimba, deplasându-se înspre indivizii „mai grei” (fig. 42.2).

O astfel de modificare a distribuției fenotipurilor în populație este asemănătoare cu acțiunea așa-numitei selecții direcționale. Să vedem acum cum se va schimba distribuția fenotipurilor în următoarea generație, dacă le vom permite indivizilor mai grei, care au rămas, să se încrucișeze între ei. Se dovedește, că distribuția nu se va schimba și va avea exact aceeași formă, care a fost la populația maternă până la selecție! Doar toți indivizii sunt homozigoti, deci forma de distribuție este determinată numai de variabilitatea neereditară. Nu contează cât de mult va dura selecția, fiecare generație nouă în stare inițială va avea distribuția fenotipurilor în formă de clopot cu aceeași masă medie: cineva întotdeauna va crește cu „mare”, iar cineva „mai mic”. Prin urmare, fără prezența variabilității ereditare este imposibil de inițializat procesul evolutiv.

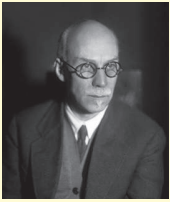


**Fig. 42.1. Distribuția întâlnirii caracterelor diferitor variante ale caracterului**



**Fig. 42.2. Schimbarea distribuției fenotipurilor după mănncarea de către răpitorii indivizilor „mici”**





## Ivan Schmalhausen

S-a născut în 1884 la Kiev. A absolvit Universitatea din Kiev. A lucrat la universitățile din Kiev și din Moscova, Institutul de Zoologie al Academiei de Științe a Ucrainei, Institutul de morfologie evolutivă și Institutul de Zoologie al Academiei de Științe a Uniunii Sovietice. Schmalhausen este unul dintre creatorii teoriei sintetice a evoluției, autorul învățăturii despre formele de selecție a naturii. Savantul a studiat procesele de creștere a vertebratelor, ieșirea organismelor pe uscat, a acordat o multă atenție la aplicarea ciberneticii în biologie. În august 1948 la Moscova a avut loc sesiunea tragică a Academiei de Științe Agricole din Uniunea Sovietică, în timpul căreia genetica au fost învinovățiți în susținerea statelor capitaliste. Ca rezultat, Ivan Schmalhausen a fost eliberat din lucru. Apoi, în anul 1955, el a semnat „Scrisoarea a trei sute” – o scrisoare de la un grup de savanți cu privire la starea biologiei în URSS și asupra savaților celebri. Această scrisoare a ajutat științei biologice să se elibereze de ideologia comunistă. A murit Ivan Schmalhausen în 1963. Astăzi numele lui îl poartă Institutul de Zoologie al Academiei Naționale de Științe din Ucraina.

### Selecția stabilizatoare „îngustează” distribuția caracterului

Mai departe o să presupunem, că caracterul nostru este genetic fix. Să examinăm cea mai simplă schemă de moștenire – moștenirea monogenică cu dominanță incompletă. După cum ne amintim, în acest caz, există trei variante de genotipuri și trei variante de fenotipuri:

- indivizii cu genotip AA au o masă mai mare,
- indivizii cu genotip aa – mai mică,
- indivizii cu genotip Aa – valoarea intermediară a masei corpului.

O să considerăm, că variabilitatea modificativă diminuează limitele dintre grupurile fenotipice, de aceea în populație se manifestă o distribuție în formă de clopot.

Acum, pe exemplul acestei populații să examinăm acțiunea diferitor forme de selecție.

Să presupunem, că indivizii, care au valori extreme ale caracterului, au și șanse

mai mici de a lăsa urmași, decât indivizii cu valori intermediare. Adică în populație are loc selecția împotriva valorilor extreme ale caracterului. Această selecție se numește **stabilizatoare**. Astfel, în limitele unei generații forma de distribuție a caracterului va fi mai îngustă (fig. 42.3). Dar se va transmite oare această modificare a formei de distribuție a fenotipurilor din generație în generație? Să presupunem că indivizii cu genotipul AA (cu masă mai mare) și cu genotipul aa (cu masă mai mică) au mai puține șanse să supraviețuiască până la vârsta reproductivă și să lase urmași. Indivizii cu genotipul Aa supraviețuiesc și lasă urmași. Chiar și în cazul morții tuturor homozișoților, în generația următoare ele, după legile lui Mendel<sup>1</sup>, se vor naște din nou, dar nu vor supraviețui până la vârsta reproductivă. Astfel se manifestă în acest caz selecția stabilizatoare: cu toate că forma de distribuție a caracterului în limitele unei generații devine mai îngustă, ea nu se schimbă din generație în generație<sup>2</sup>.

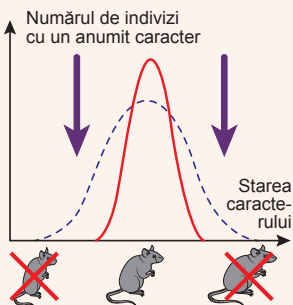


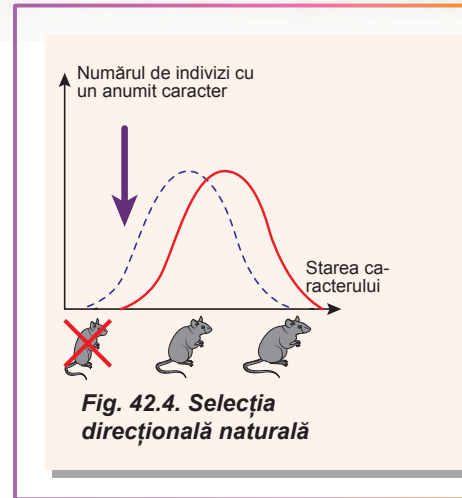
Fig. 42.3.  
Selecția naturală stabilizatoare

1 Încrușarea heterozigoților Aa va cauza segregarea după genotip 1AA : 2Aa : 1aa.

2 Totuși, există situații, în care distribuția după caracter în populație va deveni mai îngustă. Un exemplu tipic este alelismul multiplu cu dominanță incompletă. În acest caz selecția stabilizatoare poate „curăța” populația de unele alele.

## Selecția direcțională deplasează distribuția caracterului

Să presupunem o altă situație: fie că gradul de supraviețuire a indivizilor, care au una din valorile extreme ale caracterului, este mai mare decât la alți indivizi. În acest caz, distribuția este aplecată într-o parte. Această selecție se numește **direcțională** (fig. 42.4). Noi deja am examinat acțiunea selecției direcționale pe exemplul populației homozigote. Atunci distribuția fenotipurilor nu se transmitea din generație în generație. Să vedem cum se va comporta populația cu genotipurile  $AA$ ,  $Aa$  și  $aa$ . Se examinăm aceeași situație: răpitorul mănâncă, în special, indivizii cu masa redusă. Este clar, că în acest caz cel mai mult suferă indivizii cu genotipul  $aa$  și ei au mai puține șanse să lase urmași. Deci, în următoarele generații frecvența alelelor se va reduce, iar distribuția fenotipurilor își va schimba forma sa.

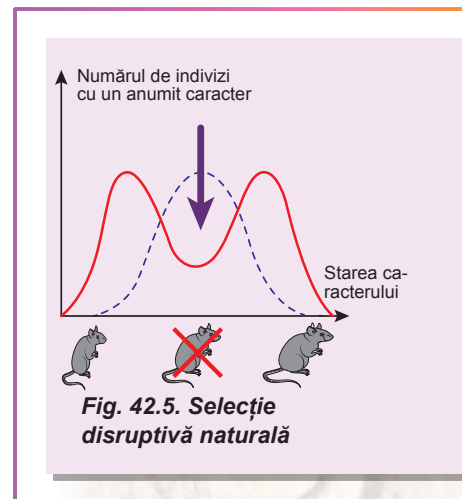


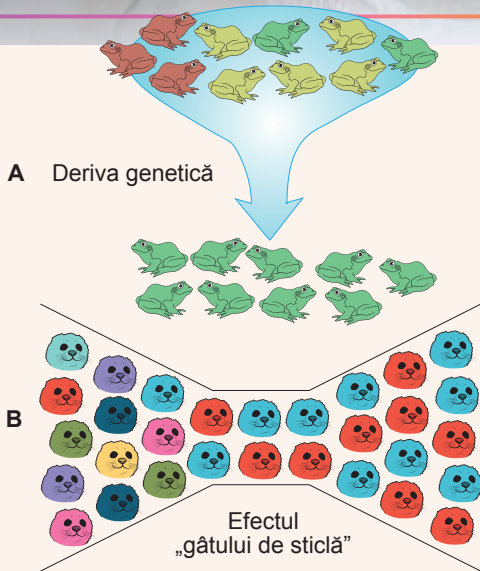
## Selecția disruptivă „rupe” distribuția în două părți

Ultimul tip de selecție naturală este **selecția disruptivă** (fig. 42.5). În acest caz o probabilitate mai mică de a lăsa urmași au indivizii cu valori intermediare ale caracterului, iar persoanele, care au valori extreme, obțin prioritate. Totodată după acțiunea acestei selecții în populație se va observa distribuția, cu „două cocoșe” a fenotipurilor. Să vedem, ce se va întâmpla cu moștenirea. Evident că „sub atac” vor nimeri, în primul rând, heterozigoții, iar homozigoții vor primi mai multe șanse de a lăsa urmași. Dar încrucișarea homozigoților  $AA$  și  $aa$  va duce la nașterea heterozigoților  $Aa$ . Deci în rezultatul selecției ei nu se vor pierde! Distribuția fenotipurilor în generația următoare din nou va avea formă de clopot. Cu toate acestea, aici există o mică deosebire de selecția stabilizatoare: dacă heterozigoții (care în acest caz sunt urmașii de la încrucișarea homozigoților) nu vor supraviețui până la vârsta reproductivă din cauza acțiunii selecției disruptive, atunci se va dovedi că schimbul de gene între indivizii cu genotipul  $AA$  și indivizii cu genotipul  $aa$  este egal cu zero! Se poate considera că fiecare grup de homozigoți are propriul său genofond. Cu timpul, o astfel de selecție, în combinație cu mutageneza poate duce la împărțirea populației inițiale în două specii!

## Deriva genetică în mod întâmplător reduce diversitatea de fenotipuri

Darwin credea, că selecția naturală este singurul mecanism al schimbărilor evolutive. În prezent drept schimbări evolutive, conform teoriei sintetice a evoluției, sun subînțelese, în primul rând, prin schimbarea frecvenței alelelor în populație. Selecția naturală determină modificările adaptive direcționale, care duc la o creștere a adaptării generale a organismelor la condițiile mediului. Dar, împreună cu selecția naturală, există, de asemenea, și schimbări întâmplătoare, nedirecționale (cu alte cuvinte, fluctuații) ale frecvenței alelelor în populație, care se numește **derivă genetică**.



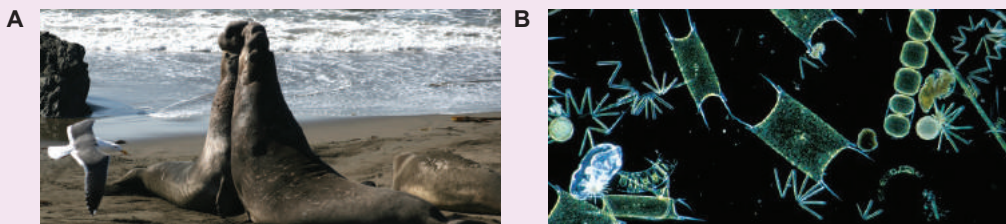


**Fig. 42.6. Deriva genetică (A) și efectul „gâtului de sticlă” (B)**

Să presupunem, că în lac a fost o populație mare de broaște, care au avut o varietate de culori ale corpului. Apoi a început o perioadă de secetă, în rezultatul căreia o parte din broaște au murit, și au reușit să supraviețuiască doar unele, care s-au ascuns în bălți mici. După sezonul ploios, lacul s-a umplut cu apă, și populația de broaște s-a restabilit. Dar, după cum s-a dovedit, diversitatea de culori ale pielii în populație a scăzut în mod semnificativ! Acest lucru nu s-a datorat faptului, că broaștele de o anumită culoare mai bine sunt adaptate la secetă, și cu o coincidență: toate broaștele care au supraviețuit au fost verzi (fig. 42,6, A). În lacul vecin puteau să supraviețuiască broaște brune, iar în al treilea – galbene. Broaștele, care au supraviețuit, au transmis urmașilor săi acele alele, care le-au avut. Un astfel de efect este numit **efectul „gâtului de sticlă”** (fig. 42.6, B). După cum putem vedea, deriva genetică provoacă reducerea diversității fie genotipică, fie fenotipică a populației. Variabilitatea este „mâncată” de deriva genetică și selecția naturală.

Există numeroase exemple de populații, care au suferit „gâtul de sticlă”. Cel mai convingător exemplu este populația nordică a elefantului de mare (fig. 42.7, A). În timpul nimicirii necruțătoare în secolului al XVIII-lea, populația lor s-a redus la aproximativ 20 de indivizi. După aceasta au fost luate măsuri pentru a proteja elefanții de mare, iar acum populația lor constituie peste 200 de mii de indivizi. Cu toate acestea, diversitatea genetică din cauza derivei genetice este foarte mică. Acest lucru provoacă îngrijorări serioase cu privire la existența speciei în viitor, deoarece diversitatea genetică este baza supraviețuirii în condițiile schimbătoare ale mediului.

Unele organisme vii sunt supuse în mod constant derivei genetice. Un exemplu uluitor este planctonul marin, care este mâncat permanent de organisme marine mari (fig. 42.7, B). Totodată biomasa planctonului este relativ mică: deși se înmulțește rapid, el este tot atât de rapid mâncat de filtratori.



**Fig. 42.7. Masculii elefanților de mare, care luptă (A), fitoplanctonul (B)**

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 În populația genetic omogenă, homozigotă selecția naturală  
A duce la crearea populațiilor noi  
B modifică frecvența alelelor  
C nimicește organismele genetic diverse  
D mărește numărul de variații E nu acționează
- 2 În populațiile cotarului de mesteacăn la mijlocul secolului al XIX-lea din cauza întunecării scoarței de mesteacăn a crescut partea indivizilor de culoare închisă rară. Acesta este rezultatul unui astfel tip de selecție naturală ca  
A modificativă B disruptivă C direcțională  
D stabilizatoare E darwinistă
- 3 La formarea concomitentă a două specii diferite poate duce tipul de selecție naturală  
A ereditară B stabilizatoare C direcțională  
D disruptivă E modificativă
- 4 În fiecare an efectul „gâtului de sticlă” îl suferă  
A musculița de oțet B omul C elefantul D stejarul E bastonașul intestinal
- 5 Derivă genetică se manifestă în cea mai mare măsură în populațiile  
A cu un număr mic de indivizi B cu un număr mare de indivizi  
C care cresc în mod continuu D reproductiv neizolate  
E plantelor

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Argumentați necesitatea variabilității ereditare pentru evoluție.
- 7 Oare toate tipurile de selecție naturală pot duce la formarea speciei noi?
- 8 Poate oare încetarea selecției la o anumită etapă să provoace incapacitatea modelului populației de a scăpa complet de heterozigoți?
- 9 De ce deriva genetică reduce diversitatea fenotipică a populației?
- 10 Fluturii pe insulele oceanice pot avea aripi de dimensiuni mici și mari, dar nu există fluturi cu o dimensiune medie a aripilor. De acțiunea cărei forme de selecție naturală este cauzat acest fenomen?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 În ce constă principiul (efectul) fondatorului și la evoluția căror organisme el a jucat un rol important?
- 12 Care alte mecanisme sunt posibile pentru deriva genetică, în afară de efectul „gâtului de sticlă”?

### Află singur și comunică altora

- 13 De ce reducerea diversității genetice a speciilor cauzează dispariția ei?
- 14 Este oare omul supus acțiunii unui tip de selecție naturală?
- 15 Cum funcționează selecția naturală la nivelul de molecule și celule?



## § 43. Mecanismele speciației

### Concepția speciei biologice este una din cele mai dificile probleme biologice

În fiecare zi ne întâlnim cu noțiunea de specie. Noi încercăm să distingem speciile de păsări în curtea școlii, florile într-o pajiște, peștii în acvariu. Fiecare specie are propriile sale trăsături biologice caracteristice, în mod diferit pot să-i ajute omului. Cred că sunteți de acord, că este important de deosebit ciupercile comestibile de cele otrăvitoare. Însă nu sunt întotdeauna clare limitele dintre specii. Anterior, pentru a determina diferite specii erau utilizate diferite criterii: teritoriul de viață comun (geografic), aceleași adaptări la condițiile mediului (ecologic), asemănarea compoziției chimice și metabolismului (biochimic), particularitățile anatomice și aspectul intern (morfologic). Dar concepția de specie, bazată pe acești criterii, nu întotdeauna este satisfăcătoare. De exemplu, oamenii, pe lângă diferență în culoarea pielii, în forma ochilor, în forma craniului, fac parte din aceeași specie – omul înțelept (*Homo sapiens*)<sup>1</sup>. Dar unele specii de pitulice sunt atât de similare, încât să le deosebească poate doar un specialist (fig. 43.1). Însă noi putem cu încredere să spunem, că aceste păsări aparțin unor specii diferite. Deci, cum ar trebui să fie criteriul, ca să poată da posibilitatea de a distinge speciile? În acest paragraf vom da cea mai deplină și convenabilă pentru utilizare în biologie definiție a **speciei biologice**.

**Specia biologică** este o populație sau grup de populații, ale căror membri se pot încruși liber între ei și pot produce urmași fertili, dar nu sunt apti să se încrucișeze și să producă urmași fertili cu membrii altor grupuri similare.

Aplicând această definiție la om, noi determinăm, că toți oamenii sunt membri ai aceleiași specii, deoarece căsătoriile inter-rasiale sunt posibile și de la aceste căsătorii se nasc copii sănătoși. Iar pitulicea mică nu poate să se încrucișeze cu pitulicea fluierătoare, astfel aceste păsări aparțin unor specii biologice diferite.

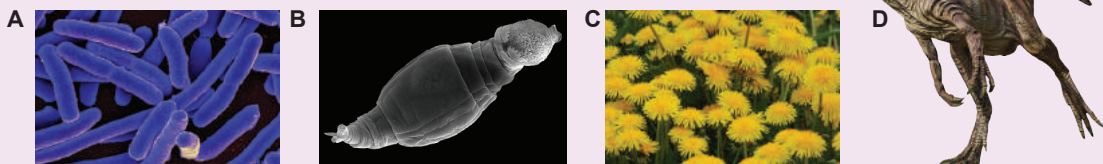
Noțiunea de specie biologică este convenabilă în utilizare în biologia evoluționistă, dar nu poate fi aplicată întotdeauna. De exemplu, ea nu poate fi aplicată pentru organismele, care se reproduc pe cale sexuată (adică pentru toate bacteriile (fig. 43.2, A), pentru majoritatea organismelor unicelulare și multe pluricelulare) sau care se dezvoltă



Fig. 43.1.

A. Toți oamenii, care trăiesc în prezent, fac parte din aceeași specie – Omul înțelept (*Homo sapiens*). În ciuda asemănării exterioare, Pitulicea fluierătoare (B) și pitulicea mică (C) sunt două specii diferite.

1 Chiar la o singură subspecie – *Homo sapiens*.



**Fig. 43.2. Exemple de organisme, pentru care noțiunea de „specie” este limitată**

**A.** Bacteriile nu se reproduc pe cale sexuală, de aceea pentru ele noțiunea de specie nu poate fi aplicată. **B.** La majoritatea rotiferelor – organismelor acvatice microscopice comune peste tot – nu există masculi, iar femelele se dezvoltă din ouă nefecundate. La ele nu există încrucișare. **C.** La pădăie lipsește polenizarea. În inflorescențele de pădăie lipsesc florile staminale. **D.** Alozaurul este un prădător mare din Jurassic. Paleontologii disting trei-patru specii de Alozauri pe baza structurii scheletelor fosile. Dar noi nu putem verifica, dacă acestea au fost diferite specii biologice sau rase ale aceleiași specii.

din ouă nefecundate<sup>1</sup>. Acestea sunt, de exemplu, rotiferulele microscopice sau pădăia (fig. 43.2, B, C). În aceste cazuri încrucișarea lipsește, astfel noțiunea de specie de mai sus aici este inacceptabilă.

Nu poate fi utilizată, de asemenea, această definiție pentru descrierea animalelor dispărute: noi nu putem determina dacă aceste specii de dinozauri se încrucișau în natură. Problema constă în faptul, că aceste specii sunt descrise numai pe baza structurii scheletului, iar ele puteau să reprezinte doar diferiți indivizi ai unei specii variate (fig. 43.2, D).

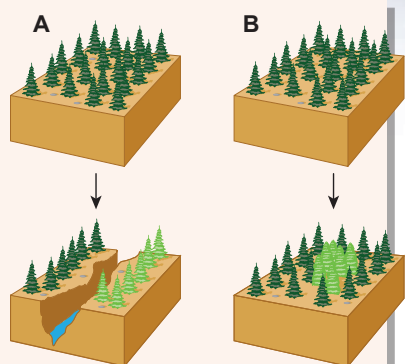
## Speciile noi apar ca urmare a diferitelor procese biologice

Charles Darwin, lucrarea sa epocală, în care a dezvăluit concepția de selecție naturală, a numit-o „Originea speciilor prin selecție naturală”. Savantul afirma că principala sarcină a teoriei evoluționiste este explicarea originii speciilor noi. Deși în acele timpuri concepția de specie încă nu a fost dezvoltată, Darwin și adepții săi destul de clar au formulat modurile de bază ale **speciației**. Cele mai frecvente dintre ele este speciația **geografică** și **ecologică** (fig. 43.3).

Speciația geografică se desfășoară în cazul împărțirii teritoriului de existență a populației cel puțin în două părți, care sunt separate printr-un anumit obstacol geografic. Respectiv între cele două populații noi apare izolare reproductivă. De exemplu, dacă se usucă canalul, care unește lacurile, prezentate în figura 40.2, va avea loc formarea de noi specii de pești datorită speciației geografice. Un exemplu convingător al acestui proces este divizarea de către Marele Canion al teritoriului de existență (arealului) speciei predecesorilor veveriței antilope. Ca rezultat, pe ambele părți ale canionului au apărut două specii diferite de veverițe.

Pentru speciația ecologică este necesară izolarea reproductivă fără apariția unor obstacole fizice. Acest lucru este posibil în cazul, în care din anumite motive diferiți indivizii se încrucișează în timp diferit sau trăiesc și se hrănesc în diferite părți ale unui

1 Reamintim, că partenogeneza este dezvoltarea organismului adult din oul nefecundat – de asemenea, este considerată drept reproducere sexuală, deoarece decurge meioza și formarea gameților



**Fig. 43.3. Tipurile de speciație**

- A. Geografică.
- B. Ecologică.

singur areal. O altă posibilitate ale acestei forme de speciație este poliploidizarea. Astfel, de exemplu, au apărut diferite specii de cartofi și crizanteme, care se deosebesc după un număr diferit de cromozomi ai cariotipului. Din când în când apar specii noi de la încrucișările cu succes ale speciilor de predecesori. Astfel a apărut prunul în urma polenizării încrucișate a porumbarului și corcodușelor.

### Apariția barierelor reproductive este un factor important al speciației

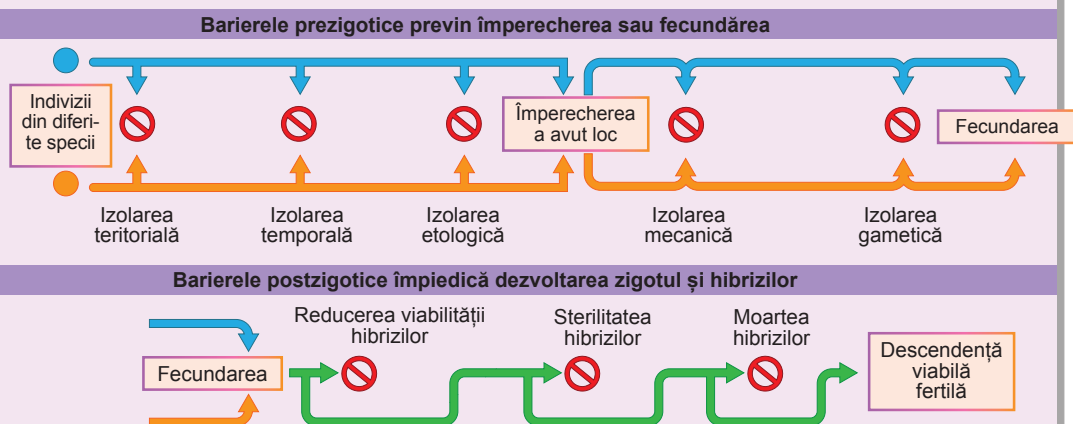
Cu toate acestea, noi încă nu am examinat mecanismele speciației. Teoria sintetică a evoluției afirmă, că dacă populația inițială de-o împărțit în altele două, de le expus acțiunii selecției naturale și derivei genetice, atunci cu timpul ele acumulează un număr suficient de diferențe, pentru ca reprezentanții lor să nu mai poată să se încrucișeze între ele. Astfel între populații apare o **barieră reproductivă**. Apariția barierelor reproductive este mecanismul de bază al speciației. Prin barieră reproductivă

se subînțelege orice obstacol, care împiedică formarea urmașilor fertili. Să examinăm principalele tipuri ale acestor bariere (fig. 43.4).

La început să examinăm **barierile prezigotice** – cauzele, care împiedică fecundarea și formarea zigotului.

Prima barieră este **izolarea spațială**: indivizii nu pot să se încrucișeze, deoarece trăiesc în diferite locuri. Exemplu deja cunoscut pentru noi – peștii, care trăiesc în diferite lacuri, ce nu sunt unite între ele.

Următoarea barieră este **izolarea temporală**, când perioadele de reproducere a organismelor nu coincid. De exemplu, plantele pur simplu pot să înflorească în diferit timp, făcând imposibilă polenizarea încrucișată între ele.



**Fig. 43.4. Acțiunea barierelor reproductive**

Foarte importantă este **izolarea etologică** – deosebirile semnalelor și ritualelor nupțiale, în rezultatul cărora formarea perechilor și împerecherea nu se pot întâmpla. Astfel, diferențele morfologice ale pitulicilor sunt neînsemnate, dar cântecul lor diferă într-o măsură foarte mare. Femelele din fiecare specie o să reacționeze numai la cântecul masculilor din specia sa, ci nu la cântecul altor pitulici. La fel femelele cicadelor își găsesc masculii săi. La licurici masculii găsesc femele după secvența semnalelor luminescente, care sunt asemănătoare codului Morse, caracteristic pentru fiecare specie. Și chiar dacă indivizii au efectuat ritualul nupțial, împerecherea cu succes poate să nu aibă loc.

Motivul poate fi **izolare mecanică** – particularitățile anatomice, care împiedică împerecherea partenerilor. Astfel, organe genitale la insecte sunt acoperite cu cuticulă, sunt destul de rigide și puțin elastice, de aceea, pentru ca împerecherea să aibă loc, dimensiunea și forma lor trebuie să se potrivească ca cheia și lăcata. Din această cauză multe specii de gândaci și hemiptere diferă numai după forma organelor genitale externe, ce previne încrucișării interspecifice.

Ultimul obstacol, care împiedică formării zigotului – contopirea gameților. **Izolarea gametică** se manifestă prin faptul, că gameții diferitor specii sunt incapabile să se contopească între ele. Acest mecanism de izolare este important pentru animalele, la care fecundarea este externă, de exemplu, pentru pești. Este cunoscut faptul, că unele specii de pești elimină icrele și lichidul seminal împreună, dar încrucișarea interspecifică nu se produce, deoarece spermatozoizii și ovulele sunt incompatibile: au diferite seturi de molecule superficiale responsabile pentru recunoașterea și contopirea gameților.

Cu toate acestea, și după formarea zigotului apar obstacole pentru încrucișarea interspecifică – **bariere postzigotice**.

În primul rând, hibridii pot fi neviabili. Deseori hibridii interspecifici mor la etapele inițiale ale dezvoltării embrionare, astfel cum aceasta are loc la încrucișarea speciilor de broaște leopard nordice și sudice în America de Nord.

În al doilea rând, chiar și **hibridii viabili pot fi sterili**. De obicei, sterilitatea hibridilor se datorează faptului, că ei au un set specific de cromozomi, care reprezintă un amestec de cariotipelor ambilor părinți, de aceea meioza nu decurge. Acest fenomen se manifestă, de exemplu, la încrucișarea iepei și măgarului. La iapă în setul diploid de cromozom sunt 64 de cromozomi, iar la măgar – 62 cromozomi. Hibridul măgarului și iepei – catârul – are un număr impar de cromozomi – 63, care nu poate să formeze perechi în timpul meiozei. Un alt exemplu, pe care noi l-am discutat mai devreme sunt soiurile diploide și tetraploide de pepene verde. La încrucișare ele dau plante triploid sterile.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Criteriul reproductiv al speciei NU poate fi aplicat la specia

- A** Șoarecele de casă      **B** Omul înțelept      **C** Hidra de apă dulce  
**D** Mărul      **E** Tiranozaurul

2

Speciației geografice îi corespunde următorul exemplu:

- A** apariția unei noi specii de grâu cu un număr îndoit de cromozomi  
**B** apariția diferitor specii de cinteze pe insule de la un strămoș continental comun  
**C** schimbarea culorii blănii la iepure iarna pentru camuflaj  
**D** nașterea catârului de la încrucișarea iepei cu măgar  
**E** creșterea cozii la șopârle după pierderea ei



- 3** O specie a muștelor de fructe se înmulțește în principal, pe păducel, iar altă specie – pe măr. A apărut tipul (1) și subtipul (2) barierei de reproducere  
A 1 – prezigotic; 2 – izolarea spațială  
B 1 – postzigotic; 2 – izolarea temporală  
C 1 – postzigotic; 2 – izolarea etologică  
D 1 – postzigotic; 2 – izolarea mecanică  
E 1 – prezigotic; 2 – izolarea gametică
- 4** Calul și măgarul sunt specii diferite fiindcă  
A ele nu se încrucișează  
B ele nu dau la încrucișare urmași  
C urmașii lor sunt sterili  
D hibridii lor mor la etapele inițiale de dezvoltare  
E gameții lor nu sunt apti să se contopească
- 5** În cazul existenței barierei reproductive are loc  
A formarea speciilor noi  
B crește frecvența împerecherilor între indivizi  
C reducerea numărului de indivizi de aceeași specie  
D reducerea numărului de specii  
E reproducerea asexuată în populații

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Comparați speciația geografică și ecologică după o serie de criterii.
- 7** Cum va avea loc speciația geografică cu apariția nu a două, ci a trei sau patru specii de la o specie inițială?
- 8** Pentru efectuarea încrucișării artificiale la animale savanții pot transmite gameții unui organism în căile genitale ale altuia. În ce condiții în urma unor astfel de experimente se pot forma specii noi?
- 9** Care particularități ale activității vitale sunt caracteristice pentru organism, pentru ca la el să poată fi aplicată concepția speciei biologice?
- 10** De ce pentru plante nu este caracteristică izolarea etologică?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care alte tipuri de speciație sunt cunoscute biologilor? Comparați-le.
- 12** Caracterizați cauzele posibile ale sterilității hibridilor interspecifici.
- 13** Biologul Khaceatur Șapoșnikov a reușit în câteva luni să obțină câteva specii noi de afide. Cum el a efectuat experimentul și de ce formele noi pot fi considerate drept specii biologice?

### Află singur și comunică altora

- 14** Descrie alte criterii, care pot fi utilizate pentru a deosebi un organism de o specie, de organismul de altă specie.
- 15** Care sunt abordările la noțiunea „specie”? De ce sunt formulate atât de multe definiții ale speciei?

## § 44. Dovezile evoluției

### Paleontologia este știința despre istoria străveche a vieții

**Paleontologia** este știința, care studiază organismele fosile, care au populat planeta noastră în trecut. Sarcina principală a paleontologiei este reconstrucția aspectului extern, precum și comportamentului, fiziologiei și ecologiei organismelor fosile.

Istoria Pământului constituie aproximativ 4,54 mld de ani. Anume atunci în urma condensării prafului cosmic, care înconjura Soarele, s-a format planeta Pământ. Se crede, că primele organisme vii au apărut pe Pământ aproximativ cu 3,8 mld de ani în urmă în epoca, care se numește **eonul Arhaic**. De-a lungul a miliarde de ani, viața a fost reprezentată de organisme enucleate unicelulare. Iar primele descoperiri sigure ale organismelor pluricelulare sunt date cu aproximativ 1,2 mld de ani în urmă și aparțin perioadei deja următorului eon – Proterozoicului<sup>1</sup>.

Aproximativ 540 de milioane de ani în urmă a început o nouă epocă a vieții pe Pământ – **eonul Fanerozoic**, sau epoca vieții „evidente”. Fanerozoicul este împărțit în trei ere: **Paleozoică**, **Mezozoică** și **Cenozoică**. În era Paleozoică apar și se dezvoltă animalele vertebrate, apar primele plante terestre, în urma lor pe uscat „ies” insectele și amfibienii. Sfârșitul Paleozoicului este marcat de apariția gimnospermelor și reptilelor, precum și cu cea mai mare dispariție de organisme vii în toată istoria Pământului. Mezozoicul este perioada de înflorire a reptilelor, apariția unei mari diversități de dinozauri, pterozauri, ihtiozauri, plesiozauri etc<sup>2</sup>. Au apărut plante cu flori, păsări și mamifere. Urătoarea eră – Cenozoică – a fost marcată de dezvoltarea mamiferelor și a păsărilor. Trebuie de reținut faptul, că Cenozoicul continuă și noi trăim în el. Succesiunea epocilor și perioadelor poate fi reprezentată printr-o **scară geocronologică** (tab. 44.1).

**Tabelul 44.1. Scara geocronologică și principalele etape ale dezvoltării vieții pe Pământ**

Eonul	Era	Intervalul de timp (ani)	Evenimentele principale
Fanerozoic	Cenozoic	66 mil. – timpul nostru	Dezvoltarea mamiferelor și păsărilor, apariția omului
	Mezozoic	252–66 mil.	Apariția păsărilor, mamiferelor și plantelor cu flori
	Paleozoic	540–252 mil.	Apariția și dezvoltarea grupelor actuale de animale și plante, ieșirea vieții pe uscat
Proterozoic		2,5 mld. – 540 mil.	Apariția primelor alge pluricelulare și animalelor
Arhaic		4–2,5 mld.	Apariția primelor organisme vii, fotosintezei oxigenice și eucariotelor

1 Aici se spune despre resturile de alge roșii, resturile de animale pluricelulare apar mai târziu.

2 Reamintim, că, contrar părerii populare, toate aceste grupuri au origini destul de diferite și nu aparțin la supraordinul dinozaurienii.

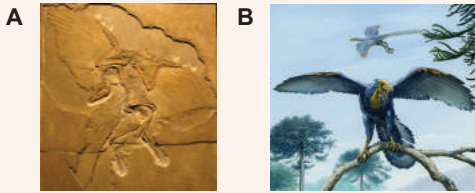


Fig. 44.1.

A. Amprenta Arheopterixulul.

B. Reconstrucția aspectului extern al Arheopterixulul.

## Dovezile paleontologice ale evoluției

Una dintre cele mai bune dovezi paleontologice ale evoluției este existența așa-numitelor **forme de trecere** – organisme, care combină trăsăturile de structură caracteristice mai multor grupuri taxonomice. Această combinație de caracteristici apare în procesul de trecere treptată de la un plan de structură la altul. De obicei, formele de trecere conțin caractere structurale mai primitive decât descendenții lor, dar, totodată, și caractere mai avansate decât strămoșii lor. Charles Darwin a presupus existența acestor organisme, dar la momentul creării teoriei selecției naturale

formele de trecere nu erau cunoscute. Dar, deja în 1863, în Bavaria a fost găsit scheletul Arheopterixulul - reptilei mici, care a trăit în perioada Jurasică (fig. 44.1). Arheopterixulul combină caracterele ale reptilelor (dinții, structura coastelor și pelvisului tipică pentru reptile), dar totodată a avut și o serie de trăsături caracteristice păsărilor (pene, aripi). A apărut o presupunere, că Arheopterixulul este o formă de trecere de la reptile la păsări, și a devenit clar că păsările au provenit de la un grup de reptile progresive înrudite cu Arheopterixulul.

În prezent, sunt cunoscute multe forme de trecere. Și uneori formele de trecere pot fi aliniate în **serie filogenetică** – o succesiune de specii, care se înlocuiesc una pe alta în evoluția anumitului grup de ființe vii. În formă de astfel de serii poate fi reprezentată evoluția cailor, elefanților, balenelor și altor grupuri. Deci, se consideră, că cetaceele provin de la paricopitate terestre mici, care mai întâi au trecut la un mod de viață semi-acvatic, iar apoi la viața complet acvatică. În timpul acestei treceri membrele anterioare se transformă în înotătoare, iar cele posterioare – s-au micșorat, dinții au devenit identici, copitele și blana au dispărut (fig. 44.2).

## Între embrionii diferitelor grupe de organisme sunt asemănări

Studiind dezvoltarea embrionilor de diferite animale, au constatat, că între embrionii și indivizii adulți din diferite grupe de organisme sunt asemănări. Astfel, în timpul dezvoltării embrionului uman la a 4–6 săptămâni de sarcină la embrion în regiunea capului se formează 5 perechi de arcuri branhiiale din țesut moale embrionar (fig. 44.3). Ulterior aceste elemente formează elemente ale părții inferioare a capului și a gâtului. După cum știți, arcurile branhiiale sunt caracteristice peștilor, la care ele formează baza branhiilor. Ele sunt și la mormolocii amfibienilor. Descoperirea surprinzătoare a fost prezența branhiilor la embrionii reptilelor și păsărilor, precum și la toate mamiferele. Un alt exemplu

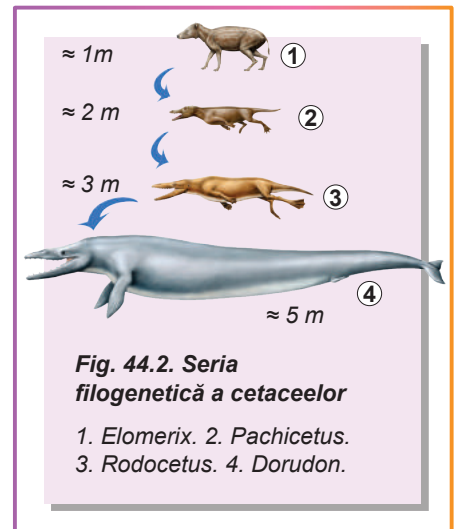
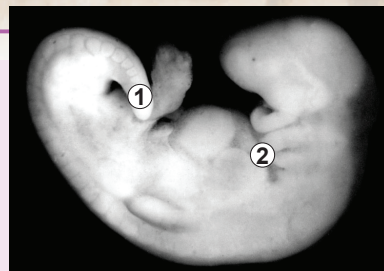


Fig. 44.2. Seria filogenetică a cetaceelor

1. Elomerix.
2. Pachicetus.
3. Rodocetus.
4. Dorudon.

1 Acum majoritatea savanților consideră că Arheopterixulul nu a fost strămoșul păsărilor moderne, ci, cel mai probabil, este reprezentant al grupului înrudit de păsări saurure, care a dispărut, dar se dezvoltă paralel cu păsările orniture actuale. Totodată ei consideră, că toate păsările actuale sunt urmașii direcți ai dinozaurilor.

асемănător este prezența cozii: embrionul uman și primatele fără coadă la anumite etape de dezvoltare au coada, care curând dispare. Multe alte exemple dau posibilitatea să se afirme, că aceasta nu este o întâmplare, ci regulă. Astfel de descoperiri confirmă evoluția succesivă a ființelor vii: odată cu creșterea complexității structurii organismului adult, trăsăturile de asemănare cu formele precedente se „ascundeau” tot mai adânc și mai adânc în dezvoltarea embrionară. Cu toate acestea, putem afirma, că toate vertebratele terestre au provenit de la strămoși acvatici cu branhii, maimuțele fără coadă – de la strămoși cu coadă, iar la embrionii cetaceelor sunt toate cele patru membre ale paricopitatelor fosile.



**Fig. 44.3. Embrionul uman la a cincea săptămână de sarcină**

1. Coadă. 2. Arcurile branhiale.

### La diferite grupuri de organisme în structura corpului sunt caractere identice

Georges Cuvier în sec. XVIII – la începutul sec. al XIX-lea a început să compare structura organismelor din diferite grupuri. Și rezultatul a fost într-o mare măsură similar celui din embriologie: la diferite grupe de organisme în structura corpului au fost observate aceleași caractere. Scheletele membrilor pentadactile la diferite vertebrate tetrapode sunt similare între ele după conținutul de oase și poziția lor relativă (fig. 44.4). Similaritatea, desigur, nu este completă; de exemplu, la cal în membre a rămas un deget lung, iar restul patru s-au micșorat sau au dispărut; la balene în membrele anterioare au apărut falange adăugătoare, iar de la membrele posterioare au rămas câteva osișoare. Aceste modificări, sunt legate de modul de viață: caii trebuie să fugă rapid pe o suprafață dură și netedă, iar balenele – să înoate rapid. Astfel de diferențe ale caracterelor, moștenite de la un strămoș comun, se numesc **divergență**. Dar planul general de structură a organelor și părților corpului au rămas aceleași, ce mărturisește despre originea comună a acestor grupuri de organisme.

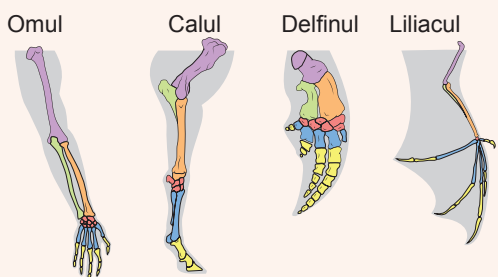
Pe lângă aceasta, la multe organisme au rămas elementele organelor simplificate, caracteristice pentru strămoșii lor. Degetele calului, pelvisul și membrele posterioare ale balenei sunt exemple de **organe rudimentare**. La om între intestinul subțire și gros se află cecul și prelungirea lui – apendicele, care la alte mamifere sunt bine dezvoltate și populate de bacterii, ce participă la digerarea hranei vegetale.

### Georges Cuvier

S-a născut în 1769 în orașul francez Montbéliard. A absolvit Universitatea din Stuttgart. Georges Cuvier a creat bazele și a fost întemeietorul a două științe biologice – anatomiei comparate și paleontologiei. Prin intermediul studiilor sale anatomice comparative el a determinat dimensiunea și aspectul extern al multor animale după resturile lor fosile. Pe parcursul vieții Cuvier descrie aproximativ 150 de specii de reptile și mamifere fosile. A introdus termenul de „pterodactil” pentru grupul de reptile cu aripi dispărute. El nu era adept al ideii evoluției și afirma, că speciile sunt invariabile și au apărut de câteva ori după catastrofe majore. Aceste închipuiri greșite ale savantului nu l-au împiedicat să facă concluzii și descoperiri progresive. Cercetătorul se numea pe el un naturalist obișnuit, atunci când el era membru al Academiei Franceze de Științe, Cavaler al Legiunii de Onoare, deținea posturi publice mari. Georges Cuvier a murit la 63 de ani în Paris. Numele lui este introdus în lista celor mai mari oameni de știință din Franța, care este situat la primul etaj al Turnului Eiffel.







**Fig. 44.4. Asemănarea în structura scheletului membrilor pentadactile ale vertebratelor**

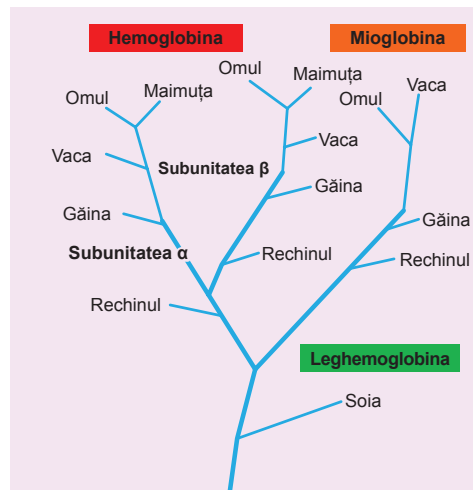
Odată cu trecerea strămoșilor omului la hrană animală necesitatea în bacterii aproape a dispărut. Prin urmare, dimensiunea apendicelui s-a micșorat semnificativ, deși acest organ participă la funcționarea sistemului imunitar în primii ani de viață a copilului<sup>1</sup>. O situație similară este și cu membrana nictitantă în ochiul omului – un rudiment al pleoapei a treia, și vertebrele coccigiene – un rudiment al porțiunii caudale a coloanei vertebrale.

## **Evoluția organismelor este asociată cu evoluția genomurilor**

Procesul de evoluție a organismelor vii este direct legat de evoluția genomului lor. ADN-ul suferă diferite mutații schimbându-se în continuu. Desigur, cu 50 de milioane de ani în urmă strămoșul comun al cetaceelor și paricopitelor a avut gena **mioglobinei** – proteinei mușchilor, care este asemănătoare cu hemoglobina și participă la fixarea oxigenului în mușchi. Cu timpul această fiară a dat naștere la două linii evolutive, care în mod independent s-au dezvoltat mai mult de 50 de milioane de ani. În acest timp genele mioglobinei la paricopitate și cetacee au acumulat mutații în mod independent. Ca urmare, acum balena și vaca au secvențe diferite în gena mioglobinei. Totodată în aceste secvențe este încă mult comun, pentru ca să se poată presupune, că aceste două gene au apărut de la un strămoș comun.

Noi putem constata, că structura genei mioglobinei este similară cu structura genei unei alte proteine fixatoare de oxigen – hemoglobinei. Într-adevăr, aceste gene au o origine comună și încep de la gena **globinei**, care a fost la strămoșii noștri îndepărtați, la începutul evoluției animalelor pluricelulare. Ca urmare a duplicației această genă s-a dublat, și a început evoluția sa independentă: una dintre gene a dus la apariția mioglobinei, alta – a hemoglobinei (fig. 44.5).

Dar în afara limitelor regnului animal există dovezi de evenimente evolutive mai vechi în istoria globinei. S-a dovedit, că la leguminoase este leghemoglobina – o proteina fixatoare de oxigen, care se află în nodozitățile rădăcinii și le oferă o culoare roșie. Leghemoglobina este necesară pentru protecția bacteriilor de nodozități de oxigen, deoarece el împiedică procesului de fixare a azotului (mai detaliat despre acest proces se spune în § 52). Deci, leghemoglobina, de asemenea, are o origine comună cu mioglobina și hemoglobina.



**Fig. 44.5. Evoluția globinei**

1 Anume din această cauză apartenența apendicelui la organele rudimentare nu este absolut corectă.

# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Primele organisme, care au apărut pe Pământ, erau asemănătoare cu  
A omul      B reptilele      C moluștele      D amibe  
E bacteriile
- 2 Prezența arcurilor branhiale în timpul dezvoltării embrionare este caracteristică pentru astfel de organisme ca:  
A omul și crabul      B porumbelul și bibanul      C broasca țestoasă și caracatița  
D râma și crocodilul      E cărbușul și șobolanul
- 3 Structura diferită a mâinii la mamifere este rezultatul  
A apariției formelor de trecere      B apariției organelor rudimentare  
C divergenței      D similarității în dezvoltarea embrionară  
E duplicării genei mâinii
- 4 Conform analizei subunităților genelor hemoglobinei cel mai recent strămoș comun au:  
A rechinul și soia      B rechinul și găina      C găina și vaca  
D vaca și omul      E omul și maimuță

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5 Caracterizați modul, în care s-a modificat complexitatea organismelor pe parcursul dezvoltării istorice a vieții pe Pământ.
- 6 Care sunt dovezile paleontologice, embriologice și morfologice, că cetaceele au provenit de la paricopitate?
- 7 De ce în timpul dezvoltării embrionare a omului nu apar aripi ca la insecte sau cochilie ca la moluște?
- 8 La oameni ultimii dinți din rând se numesc dinți de minte. Ei sunt organe rudimentare. Explică, ce în timpul evoluției omului a dus la lipsa necesității acestor dinți?
- 9 Cum pe baza structurii genelor poate fi determinată rudenia evolutivă a speciilor?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10 Adesea este susținută părerea, că majoritatea speciilor dispărute rămân necunoscute paleontologiei. De ce paleontologia este știință atât de „ineficientă”? Ce condiții sunt necesare pentru ca resturile să fie păstrate timp de mii de ani?
- 11 Unele organisme în dezvoltarea postembrionară repetă dezvoltarea embrionară sau dezvoltarea larvei speciilor de strămoși. Care trăsături de structură ale corpului uman, au apărut, posibil, în acest fel? Ce importanță pentru evoluție are o astfel de „repetare”?
- 12 Dovedește, că prezența faunei unice în Australia și insulele vecine este o mărturie a evoluției.

## Află singur și comunică altora

- 13 Păsările și insectele au aripi de structură complet diferită. Cum prezența organelor și părților corpului atât de diferite după structură servesc drept dovadă a evoluției?
- 14 Este oare posibil să se observe evoluția în condiții experimentale? Dați exemple de astfel de experimente.

## § 45. Evoluția omului



Fig. 45.1. *Purgatorius*

### Primele primat au fost asemănătoare șoarecilor

Evoluția primatelor, care a dus la apariția oamenilor actuali, a început în perioada Cretacicului târziu, în urmă cu aproximativ 70 milioane de ani. Primele primat, așa ca **purgatorius** erau animale mici, care după aspectul extern semănau cu șoarecii (fig. 45.1). Dar chiar și atunci ele erau înzestrate cu particularități de structură și de comportament, care au determinat evoluția ulterioară a primatelor. Spre deosebire de alte mamifere din acele timpuri, ei duceau, în cea mai mare parte, un mod de viață arboricol, combinat cu salturi de pe o ramură pe alta. Totodată primele primat erau active în timpul zilei și în căutarea hranei se orientau mai mult datorită vederii, decât mirosului. Aname din această cauză primatele au o vedere cromatică bună (spre deosebire de majoritatea mamiferelor), bine determină distanța dintre obiecte (important în timpul salturilor de pe o ramură pe alta) și mâna prehensibilă, cu care se pot apuca de ramuri în timpul aterizării. De asemenea, trebuie remarcat faptul, că în regimul alimentar al primatelor timpurii predominau fructe – hrană destul de calorică, trebuia de mâncat nu atât de mult, ca să se sature. Astfel, pentru alimentație ele pierdeau nu atât de mult timp, spre deosebire de vacă, care este nevoită să mănânce iarbă toată ziua. Timpul eliberat a contribuit la dezvoltarea comportamentului social.

### Originea maimuțelor antropoide este legată de viața pe terenuri deschise

Acum aproximativ 25 mil. de ani au apărut primele maimuțe – **proconsulii**, care au trăit în Africa în pădurile tropicale ploioase (fig. 45.2). Dar, aproximativ cu 12 mil. de ani în urmă a avut loc o schimbare climatică de nivel mondial: clima a devenit uscată, iar pădurile tropicale nemărginite au fost înlocuite de savane ierboase. O parte din maimuțele antropoide au continuat să trăiască în resturile de păduri ecuatoriale – printre urmașii lor sunt cimpanzeii și gorilele actuale. Iar un alt grup de maimuțe antropoide s-au adaptat la viața în savane. Totodată ele au trecut la deplasare pe două picioare – un astfel de mers a fost convenabil pentru primat, deoarece ele acum trăiau pe terenuri libere.

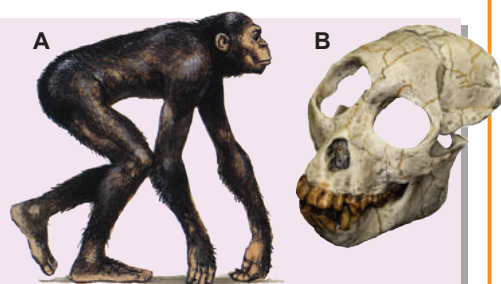


Fig. 45.2.

A. *Proconsulul* – un strămoș al oamenilor și maimuțelor actuale.

B. *Craniul proconsulului fosil.*

### Australopitecii combină caractere ale maimuțelor și oamenilor

Australopitecii au apărut în Africa aproximativ 7 mil. de ani în urmă. Ei erau o formă de trecere, fiindcă combinau trăsături de structură ale maimuțelor și oamenilor (fig. 45.3). Structura craniului lor a fost mai mult asemănătoare cu a maimuțelor, în timp ce restul scheletului este mai progresiv și adaptat pentru mișcarea bipedă. De fapt, primii australopitecii nu au fost pe deplin ființe bipede: ei puteau să se deplaseze și pe două și pe patru pi-

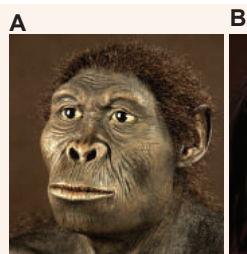
cioare, precum și să se cațare pe copaci. Acum aproximativ 4 mil. de ani au apărut **australopitecii gracili**. Ei erau deja complet bipezi, dar după structura craniului și volumul creierului erau mai apropiați de maimuțe decât de oamenii moderni. Aproximativ 2,6 mil. de ani în urmă australopitecii gracili au dat naștere la două linii evolutive – **australopitecilor robuști** și **oamenilor (Homo)**. Australopitecii robuști reprezentau o cale alternativă a evoluției maimuțelor antropoide – specializate în alimentare cu hrană vegetală grosier. În acest scop la ei s-au dezvoltat fălci mari și mușchi masticatori puternici. Dar evoluția lor s-a întrerupt și aproximativ 1 mil. de ani în urmă australopitecii robuști au dispărut.

**Fig. 45.3.**  
**Australopitecul**



### Primii reprezentanți ai genului *Homo* sunt urmașii australopitecilor

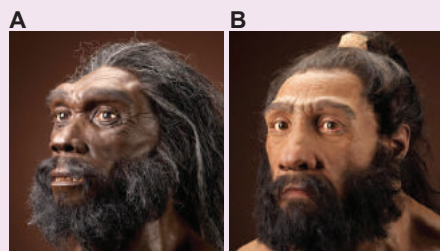
Primii *Homo* au apărut pentru prima dată în Africa în urmă cu 2,6 milioane de ani și au fost urmașii australopitecilor gracili. Primul reprezentant al genului este considerat **omul îndemânat** (fig. 45.4, A). El a avut un volum mai mare al creierului și activ producea unelte de muncă. În ulterior la om a început să manifeste creșterea volumului creierului, precum și modificarea formei mâinii, cauzată de muncă. Aproximativ 1,7 milioane de ani în urmă apare **omul muncitor**. Uneltele de muncă devin din ce în ce mai complexe, oamenii încep să folosească focul și să construiască adăposturi. Aceste abilități permit oamenilor să părăsească Africa și să înceapă răspândirea pe continentul Eurasiatic. Între timp zona tropicală a fost populată de **omul ridicat** (fig. 45.4, B).



**Fig. 45.4.**  
A. Omul îndemânat.  
B. Omul ridicat.

### Reprezentății ulterioari ai genului *Homo* trăiesc în prezent

Aproximativ cu 400 mii de ani în urmă oamenii au ajuns în zona de climă temperată. Primul a fost **omul de Heidelberg** (fig. 45.5, A). Aceasta a fost o specie progresivă a omului vechi, care din nou s-a întors în Africa și l-a înlocuit pe omul ridicat în zonele tropicale. Acolo el a dat naștere speciei actuale omul înțelept – *Homo sapiens*. Între timp pe teritoriul Europei de la omul de Heidelberg a provenit **neanderthalianul** (fig. 45.5, B),



**Fig. 45.5.**  
A. Omul de Heidelberg.  
B. Neanderthalianul.





**Fig. 45.6. Rasa europoidă este caracterizată printr-o diversitate fenotipică mare**

iar în Asia – **denisovanul**<sup>1</sup> Neanderthalienii pot fi considerați drept populație indigenă a Europei, fiindcă anume acolo ei au apărut. Volumul creierului neanderthalianului este același ca volumul creierului omului actual. La neanderthalieni, de asemenea, sunt exprimate arcadele sprâncenelor și este prezentă statura puternică. Însă omul înțelept s-a răspândit din Africa și a înlocuit toate celelalte specii de oameni, populând mai târziu întreaga planetă. După cum s-a dovedit, după descifrarea genomurilor, omul înțelept nu numai înlocuia neanderthalienii<sup>2</sup> și deisovenii, dar și se încrucișa cu ei.

Astfel, datele analizei genetice a oamenilor actuali arată, că la europeni și asiatici sunt aproximativ 2,5% de gene neanderthaliene, iar la populația insulelor din Pacific sunt impurități de gene denisovene. Deoarece oamenii moderni transportă gene ale altor reprezentanți decedați ai genului Homo.

De asemenea, printre unii oameni vechi sunt ramuri oarbe: specii, la care evoluția este întreruptă. Cea mai interesantă dintre aceste ramuri este **omul din Flores**. Acești oameni au trăit pe insula Flores din Indonezia aproximativ cu 18 mii de ani în urmă, adică în același timp cu omul actual. Statura lor era de 1 m, iar dimensiunea creierului de 400 grame – mai puțin decât la cimpanzei. Însă acești oameni puteau produce unelte de piatră. Se crede, că strămoșii omului din Flores (cel mai probabil omul ridicat) au nimerit pe insula Flores acum aproximativ 1 milion de ani. De atunci istoria oamenilor din Flores este istoria de regresie și de degradare. Este uluitor faptul, că în ciuda reducerii dimensiunii creierului și o regresiei capacităților intelectuale, ei au reușit să salveze o parte din cultură, precum și tehnologia producerii uneltelor de muncă.

## **Rasele oamenilor actuali fac parte din aceeași specie – Homo sapiens**

Omul actual este nu numai cea mai numeroasă specie de oameni, care au existat vreodată, dar, de asemenea, destul de variată. Din punct de vedere istoric grupurile de oameni, care trăiesc în anumite zone geografice și au fost izolate pe parcursul de zeci de mii de ani, s-au format rase – grupuri de populații, indivizii cărora se caracterizează prin similaritatea trăsăturilor ereditare, care se manifestă la exterior în fenotip. În prezent, oamenii de știință disting de la trei până la șapte specii de sine stătătoare.

- 1 Mulți savanți moderni consideră că omul din Heidelberg, neanderthalienii, denisovanul și omul actual sunt subspecii ale *Homo sapiens*.
- 2 Există motive să credem, că în dispariția neanderthalienilor un rol important l-au jucat erupțiile vulcanice: erupțiile aproape sincrone în Apenini și în Caucaz au provocat în Europa o iarnă vulcanică. În momentul, când oamenii actuali au sosit în Europa, neanderthalienii deja aproape nu erau

**Rasa europoidă.** Se caracterizează printr-o față înținsă cu nasul proeminent înainte. Culoarea pielii variază de la alb la negru. Pielea albă permite o absorbție mai bună a radiațiilor ultraviolete necesare pentru sinteza de vitaminei D în condiții de iluminare scăzută. Parul este de obicei drept, ochii largi, buzele subțiri. Parul și culoarea ochilor variază foarte mult (fig. 45.6). Arealul inițial: Europa, Asia de Sud-Vest și Asia Mică, Africa de Nord, peninsula Indostan.

**Rasa amerindiană.** Este prezentată cu populația nativă a Americii, care a nimerit încolo din Eurasia prin strâmtoarea Bering. Trăsăturile caracteristice: fața înaltă cu maxilarul inferior lat; ochii destul de mari; fața ceva mai puțin plată decât la mongoizi, dar mai mult plată decât la alte rase; creșterea bărbii și mustețelor este slabă (fig. 45.7, A). Deseori este combinată cu rasa mongoloidă în rasa asiato-americană.

**Rasa mongoloidă.** Pentru membrii rasei mongoloide este caracteristică fața lată, plată, cu pomeții obrazilor proeminenți, ochii oblici mici (fig. 45.7, B). Părul este negru, drept și rigid, la bărbați creșterea părului pe față și corp este neînsemnată. Centrul de origine este Asia.

**Rasa negroidă.** Este unica rasă, care nu a suferit o influență genetică din partea neanderthalienilor. Dintre toate celelalte rase are cea mai mare diversitate genetică – aproximativ 90% din diversitatea genetică a omenirii moderne. Sunt caracteristice pielea întunecată, părul foarte creț, nasul lat, buzele groase (fig. 45.8, A). Centrul de origine este Africa.

**Rasa australoidă.** Este prezentată de populația indigenă din Australia. Se caracterizează prin craniu masiv cu arcadele sprâncenelor pronunțate, maxilarele și dinții mari, pielea întunecată, nasul larg, precum și o creștere intensivă a bărbii și mustețelor (fig. 45.8, B).

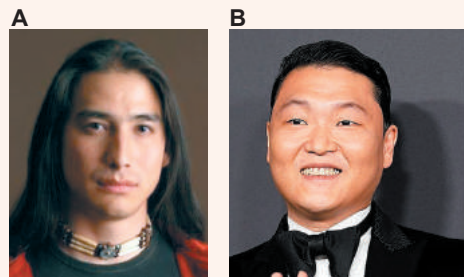


Fig. 45.7. Reprezentanții raselor amerindiene (A) și mongoide (B)



Fig. 45.8. Reprezentanta rasei negroide (A) și reprezentantul rasei australoide (B)

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Apariția vederii cromatice avansate în primul rând este asociată cu
 

A modul arboricol de viață	B necesitatea de a sări de pe o ramură pe alta
C modul nocturn de viață	D căutarea vizuală a hranei
E comportamentul social activ	
- 2 Astfel de trăsături, ca pielea întunecată, ochii mari, nasul îngust și parul drept sunt caracteristice pentru rasa
 

A europoidă	B mongoloidă	C negroidă	D australoidă	E amerindiană
-------------	--------------	------------	---------------	---------------

- 3** Numiți succesiunea corectă a strămoșilor omului, începând cu cel mai străvechi:  
**A** purgatorius, neanderthalianul, omul de Heidelberg  
**B** omul îndemânatic, omul ridicat, proconsulul  
**C** australopitecul gracil, proconsulul, omul ridicat  
**D** proconsulul, omul îndemânatic, australopitecul  
**E** omul muncitor, denisovanul, omul înțelept
- 4** Trecerea de la maimuțele antropoide la genul Omul s-a produs în urma  
**A** trecerii la deplasarea în poziție verticală  
**B** reducerii suprafeței pădurilor tropicale  
**C** formării capacității de a produce unelte  
**D** răspândirii australopitecilor prin Eurasia  
**E** încrucișării între specii
- 5** Strămoșul principal al rasei europoide printre reprezentanții genului Omul este  
**A** australopitecul  
**B** omul ridicat  
**C** omul înțelept  
**D** denisovanul  
**E** neanderthalianul

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care particularități ale anatomiei și fiziologiei sale omul le datorează primelor primate?
- 7** Care strămoși ai oamenilor actuali au trăit pe teritoriul Europei? De câte ori oamenii au „populat” Europa?
- 8** Cum pe parcursul evoluției omului s-a schimbat structura corpului și comportamentul social?
- 9** Descrieți principalele cauze ale formării diferitelor rase umane la om.
- 10** De ce în condițiile climei din Africa la reprezentanții rasei negroide s-a format părul creț?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce trecerea la deplasarea în poziție verticală în condițiile de extindere a savanei a contribuit la supraviețuirea australopitecilor?
- 12** Compară ipotezele diferite ale apariției mersului biped la strămoșii omului. Este oare posibilă combinarea acestor ipoteze?
- 13** Diferiți antropologi disting un număr diferit de rase umane. Care este motivul pentru această ambiguitate? Are oare sens noțiunea de rasă în lumea modernă?

### Află singur și comunică altora

- 14** Descrieți căile de populare a lumii de către omul înțelept. Când și care regiuni au fost populate?
- 15** Cum s-a schimbat structura scheletului maimuțelor în rezultatul trecerii la mers biped?
- 16** Descrieți arborele evolutiv modern al omului. De ce pe el sunt atât de multe ramuri oarbe?

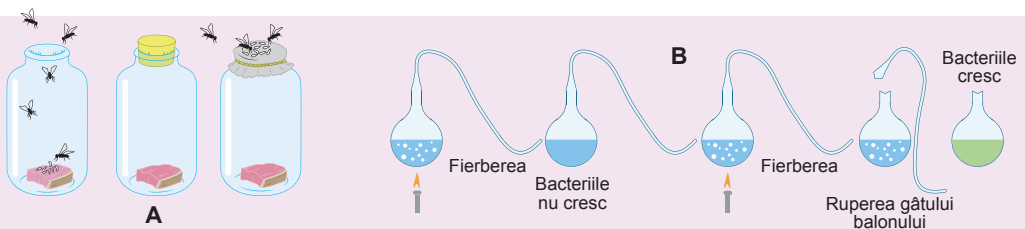
## § 46. Originea vieții

### Creționismul este concepția despre creația divină a vieții

Așa s-a întâmplat, că timp de multe secole cea mai răspândită versiune a originii vieții pe Pământ a fost considerat actul de creație înfăptuit de o forță supranaturală. Deși mecanismele de creare și particularitățile forțelor supranaturale se deosebesc în diferite religii și mitologii, toate aceste învățături explică originea vieții printr-o activitate a unor forțe din altă lume. Acest punct de vedere se numește **creționism**<sup>1</sup>. Punctul de vedere creționist este neștiințific, deoarece acesta nu poate fi confirmat sau infirmat de fapte sau experimente. În el doar se poate de crezut sau nu de crezut.

### Închipuirile științifice ale originii vieții pe Pământ au început să se formeze în antichitate

Problema originii vieții a fost recunoscută de către oamenii de știință destul de târziu. Din timpurile antice până la mijlocul secolului al XIX-lea comunitatea științifică accepta ipoteza generării spontane a vieții din materia nevie. **Aristotel** credea că șoarecii provin din haine murdare, iar muștele – din carne stricată. Mecanismul acestui fenomen nu era cunoscut, dar nimeni nu a încercat să nege faptul, că generarea spontană a vieții decurge continuu. Una dintre sarcinile principale ale alchimiei medievale (împreună cu căutarea pietrei filozofale) a fost crearea homunculusului – ființei asemănătoare omului, care poate fi obținută prin amestecarea anumitor ingrediente chimice. Cu toate acestea, erau mulți oponenți ai teoriei generării spontane. Unul dintre ei era celebrul medic italian **Francesco Redi**, care încă la mijlocul secolului al XVII-lea a arătat, că larvele de muște nu se dezvoltă din carne stricată, ci sunt formate din ouăle depuse de alte muște. El a pus o bucată de carne într-un vas care a fost astupat de o pânză subțire (pentru a bloca accesul muștelor la ea), și în această carne nu s-au „generat spontan” larvele de muște (fig. 46.1, A). Dar teoria generării



**Fig. 46.1. Dovezile oponenților teoriei generării spontane**

**A.** Experimentul lui Francesco Redi. **B.** Experimentul lui Louis Pasteur. Dacă se va fierbe bulionul într-un balon cu „gât de lebădă”, el nu se va strica. Balonul rămâne deschis și gâtul nu împiedică „forței vitale” să pătrundă în interior, dar toate bacteriile se sedimentează în genunchiul tubului în formă de S. Dacă rupem gâtul, atunci nimic nu mai împiedică pătrunderii bacteriilor să pătrundă în interior și bulionul se strică.

1 Din lat. *creatio* – creare.





**Fig. 46.2. Peisajul Pământului timpuriu în perioada bombardamentului meteoritic**

spontane a rezistat, – au fost descoperite microorganismele, care sunt considerate destul de simple pentru a apărea materia nevie. La începutul secolului al XIX-lea datorită activității chimistului german **Karl von Reichenbach** ideea generării spontane s-a transformat în **vitalism** – învățătura despre „forță vitală” care plutește prin Univers și interacționează cu materia neînsuflețită, transformând-o într-una vie<sup>1</sup>. După cum ne amintim, Jean-Baptiste Lamarck în teoria sa evoluționistă a urmat ideile vitalismului și a utilizat postulatul apariției continue a organismelor simple. Ultima lovitură teoria vitalismului a primit-o în 1862 de la microbiologul francez **Louis Pasteur**. Datorită experimentelor cu bulionul în baloanele cu „gâtul de lebădă” a fost demonstrat în mod clar, că și microorganismele se dezvoltă din alte microorganisme (fig. 46.1, B). Astfel a fost dovedit definitiv postulatul „Totul ce-i viu se dezvoltă din viu”.

Din cauza evenimentelor descrise problema originii vieții pe Pământ a apărut din nou. Trebuie de remarcat, ce ea a fost o complicată pentru știință, deoarece originea vieții a început să fie înțeleasă ca un eveniment unic, iar știința lucra cu evenimente, care se repetă și pot fi reproduse<sup>2</sup>. Numai în secolul XX știința a început să lucreze cu evenimente unice. De atunci și știința biologică a început să propună ipoteze despre mecanismele posibilele ale originii vieții. Pionieri în această direcție au fost biochimistul **Aleksandr Oparin** și geneticianul **John Haldane**. Dar înainte de a trece la examinarea mecanismelor posibile ale originii vieții, să ne familiarizăm cu condițiile existenței vieții preistorice pe Pământ.

## **Condițiile climaterice ale Pământului străvechi se deosebeau de cele actuale**

Conform conceptelor moderne, Pământul s-a format acum 4,54 miliarde de ani dintr-un nor de gaz și praf, care a înconjurat soarele. Pe parcursul formării Pământului elementele grele (Fierul și Nichelul) se cufundau în adâncul mantiei lichide, formând nucleul, iar cele ușoare (Carbonul și Siliciul) se ridicau, formând scoarța. Din cauza activității vulcanice intense avea loc degazarea rocilor: în atmosferă erau eliminate apa, metanul, amoniacul, hidrogenul sulfurat și dioxidul de carbon. O cantitate mare de particule solide în atmosferă și o diferență semnificativă de temperaturi între diferite

- 1 Însuși Karl von Reichenbach a numit această forță ipotetică fota lui Odin, în cinstea principalului zeu din mitologia germano-scandinavă.
- 2 Geneticianul proeminent Nikolai Timofeev-Resovskii în mod neîntemeiat a propus ca întrebarea originii vieții să fie scoasă în afara științei. Când era întrebat despre acest lucru, el, de obicei, a răspunde: „Eu atunci eram foarte mic și de aceea nu-mi amintesc nimic. Întrebați-l mai bine pe academicianul Oparin”.

regiuni, provocau furtuni și descărcări electrice puternice însoțite de ploi acide. De asemenea timp de multe milioane de ani, Pământul a fost supus bombardamentului meteoritic intens (fig. 46.2). Suprafața lui era acoperită cu cratere și mai semăna cu suprafața Lunii. În astfel de condiții severe se desfășurau procesele chimice, care au dus la apariția vieții.

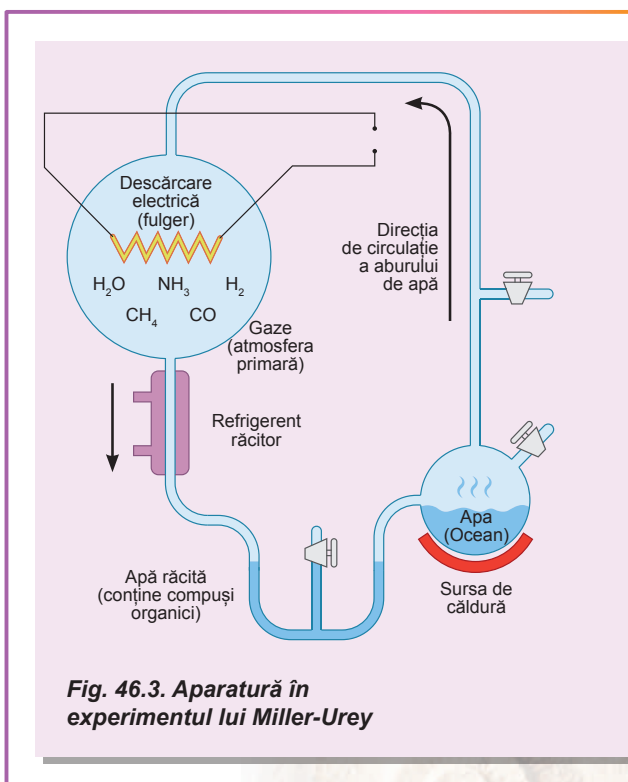
## Abiogeneza este o încercare modernă de a explica originea vieții

Primele teorii, care încercau să explice științific originea vieții pe Pământ, s-au redus până la demonstrarea posibilității oportunități de sinteză a moleculelor biologice simple (aminoacizilor, glucidelor și nucleotidelor) din substanțe anorganice, în condițiile Pământului tânăr. Astfel de teorii au fost numite **teorii ale abiogenezei**. Prima din ele a fost **teoria lui Oparin-Haldane**. În 1924 Aleksandr Oparin a presupus existența pe Pământul străvechi al **bulionului primar** – cocteilului din cei mai simpli compuși organici, formați din cei anorganici sub acțiunea descărcărilor electrice și radiațiilor ultraviolete. Conform acestei teorii astfel de compuși s-au acumulat cu timpul în hidrosfera primară, interacționau între ei, ceea ce a dus la formarea unor prime molecule complexe – polimeri, iar apoi și a organismelor vii. Acest proces se mai numește **sinteză prebiotică**, adică formarea moleculelor biologice până la formarea organismelor vii. În 1953 Stanley Miller, studentul Universității din Chicago, condus de profesorul **Harold Urey** a construit un dispozitiv (fig. 46.3), care imita condițiile Pământului timpuriu, și a arătat, că în ele este posibilă formarea aminoacizilor și glucidelor din cei mai simpli compuși anorganici.

Din timpurile lui Oparin teoria abiogenezei a suferit modificări semnificative. Acum se crede, că sinteza prebiotică pe Pământul tânăr era legată, cel mai probabil, nu de bazinele superficiale<sup>1</sup>, ci de adâncurile oceanului, unde ea se desfășura în condiții, apropiate de cele ale surselor subacvatice actuale – „fumătorilor negri” (despre ei s-a menționat în § 19).

Savantul german Günter Wächtershäuser, autorul teoriei metabolismului sulfurii de fier, a presupus, că în astfel de izvoare hidrotermale, care au existat miliarde de ani în urmă pe fundul oceanului, ar putea să decurgă nu numai formarea primelor proteine și a acizilor nucleici, dar și asamblarea lor în structuri complexe, care au fost drept precursori ai primelor celule.

Astăzi savanții continuă să studieze originea vieții, propun noi modele și mecanisme. Însă centrul interesului s-a mutat de la întrebarea sintezei primei biomolecule la întrebarea asamblării lor în „protocelule” și apariția metabolismului.



**Fig. 46.3. Aparatură în experimentul lui Miller-Urey**

1 Oparin le-a numit bălți darwiniste.



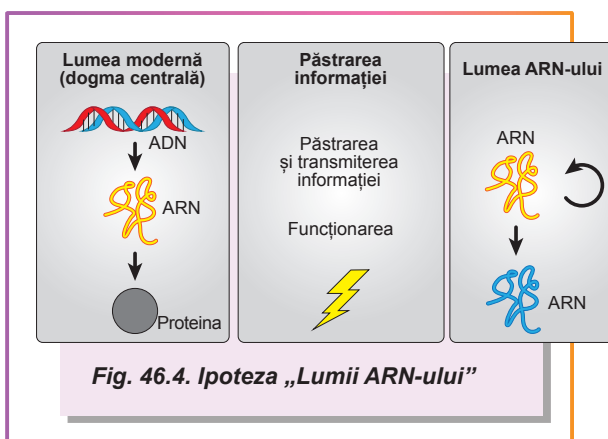
## Walter Gilbert

S-a născut în 1932 în Boston (Statele Unite ale Americii). Studiile le-a făcut la universitățile din Harvard și Cambridge. El a elaborat metoda de secvențiere a ADN-ului, pentru care în 1980 a primit Premiul Nobel pentru chimie. A formulat ipoteza „Lumii ARN-ului” despre scenariul posibil al originii vieții, când prima apare ereditatea în formă de molecule de ARN, care sunt capabile la autoreplicare. În 2016 împreună cu laureații Premiului Nobel, a semnat o scrisoare către guvernele tuturor statelor și ONU pentru a opri lupta împotriva organismelor genetic modificate. După terminarea lucrului la Universitatea Harvard, în 2001, a început și continuă cariera artistică în domeniul fotografiei digitale.

## Lumea ARN-ului este o ipoteză, care consideră ARN-ul drept răspuns la întrebarea problemei originii vieții

Problema originii vieții este direct legată de întrebarea cu privire la originea primelor celule.

După cum vă amintiți, dogma centrală a biologiei moleculare stabilește relația reciprocă între ADN, ARN și proteine. Acest sistem este destul de complex: ADN-ul se reproduce prin utilizarea proteinelor, tot cu ajutorul proteinelor formează ARN-ul. ARN-ul cu ajutorul proteinelor și altor ARN asigură biosinteza proteinelor. Noi de acum știm, că ARN-ul poate uneori servi drept matrice pentru sinteza altor molecule de ARN sau chiar de ADN, dar toate aceste procese sunt efectuate cu participarea directă a proteinelor. Prin urmare, este dificil de presupus ce în această schemă a apărut înainte: ADN-ul și ARN-ul se pot reproduce și funcționa numai în prezența proteinelor, iar proteinele nu pot fi formate fără acizii nucleici. Se pare că un astfel de sistem ar trebui să apară imediat, întreg, cu toate componentele: ADN, ARN și proteine. Astfel de sisteme sunt numite **complexe nesimplificabile** – în sistem nu poate fi un precursor mai simplu apt să funcționeze. Această situație s-a schimbat după descoperirea de către savanții americani **Thomas Cech** și **Sidney Altman** a moleculelor catalitice de ARN – **ribozimi**. S-a constatat, că ARN-ul poate fi nu numai un purtător de informație genetică, ci și, prin cataliză chimică, realizator al ei. Se presupune că ribozimii, care existau pe Pământul străvechi, puteau asigura propria sa replicare fără ajutorul proteinelor. Astfel de ribozimi puteau concura pentru nucleotide, adică participau la selecția naturală. În cele din urmă, a avut loc separarea funcțiilor: păstrarea informației genetice a revenit ADN-ului, iar cataliza – proteinelor. Această ipoteză se numește „**lumea ARN-ului**” (fig. 46.4) și pentru prima dată a fost propusă de microbiologul american **Carl Woese** în 1968, iar definitiv a formulat-o fizicianul american **Walter Gilbert** în anul 1986<sup>1</sup>.



1 Acum a apărut problema originii lumii ARN-ului. Se consideră, că ei i-a fost precedată lumea hidrocarburilor specifice, care puteau servi drept carcasă pentru sinteza primei molecule de ARN.

# Să cugetăm

## Găsiți un singur răspuns corect

- 1 A putut dovedi definitiv, că ființele vii apar numai de la ființe vii  
A Aristotel      B Francesco Redi      C Jean-Baptiste Lamarck  
D Louis Pasteur      E Stanley Miller
- 2 Apariția vieții pe Pământ conform teoriei lui Oparin-Haldane a început odată cu  
A formarea primelor organisme      B formarea razelor UV și fulgerelor  
C sinteza polimerilor      D formarea compușilor organici din anorganici  
E formarea Pământului
- 3 Miller și Urey a aplicat o astfel de metodă de cercetare biologică ca  
A experimentală      B de modelare      C de descriere  
D de comparație      E de monitorizare
- 4 ARN a devenit legătură unificatoare între ADN și proteine, deoarece ea poate  
A conține informație ereditară      B cataliza reacțiile biochimice  
C conține informație ereditară și catalizează reacțiile biochimice  
D să se transforme în ADN      E să se replice
- 5 În teoria lui Oparin-Haldane drept „forță vitală” a lui Reichenbach pot fi numite  
A radiațiile UV și fulgerile      B proteinele      C ARN-ul  
D substanțele anorganice      D bulionul primar

## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce negarea generării spontane, obținută de Francesco Redi, a căpătat un caracter nesigur după descoperirea organismelor unicelulare?
- 7 Caracterizați compoziția, aspectul și mirosul atmosferei primare a Pământului.
- 8 Care este sensul sintezei prebiotice? Este oare posibil de-o efectuat aplicativ în laborator în timpul nostru?
- 9 Cum se manifestă selecția naturală la nivelul ribozomilor, care au capacitatea la autoreplicare?
- 10 Ce a apărut mai înainte – ADN-ul, ARN-ul sau proteinele și de ce?

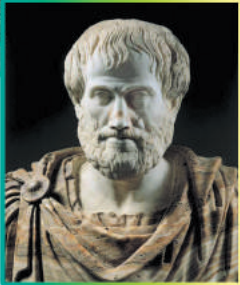
## Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 11 Care sunt funcțiile efectuate de ribozomi în metabolismul organismelor actuale? De ce pe parcursul evoluției nu toți din ei au fost înlocuiți de proteine?
- 12 De ce este cauzat faptul, că viața a apărut în apă, dar nu pe uscat sau în atmosferă?

## Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 13 Ce este specific în „fumătorii negri”, că ei au devenit un loc perfect pentru apariția vieții?
- 14 De ce viața nu a rămas în lumea ARN-ului, ci s-a transformat în lumea ADN-proteică?
- 15 Teoria panspermiei este o versiune alternativă a originii vieții pe Pământ. Care sunt argumentele acestei teorii și ce ea nu poate explica? Poate oare ea să fie considerată științifică?





*By „life”, we mean a thing that can nourish itself and grow and decay.*

**Aristotle**





Carl Linnaeus

# CAPITOLUL 7

## *Diversitatea biologică*

## § 47. Sistematica biologică

### Speciile biologice sunt combinate în unități taxonomice

Procesele evolutive, discutate în paragrafele precedente, au creat o mare varietate de organisme vii, care populează Pământul. Savanții au făcut multe încercări de a sistematiza organismele vii, stabilind anumite specii, și apoi combinându-le pe ele în **taxoni** superiori – unități sistematice. Pentru comoditatea descrierii a fost elaborată o ierarhie a unităților taxonomice. Din punct de vedere istoric s-au format două sisteme ierarhice – botanică și zoologică, care s-au dezvoltat paralel. Aceasta rezultă din faptul, că dezvoltarea acestor sisteme a început atunci, când botanica și zoologia au fost discipline independente și separate, care au apărut înainte de momentul, când biologia a devenit știință integră. În tabelul 47.1 este prezentată comparația ierarhiei taxonilor în botanică și zoologie pe exemplul Florii soarelui și Croitorului florei-soarelui (fig. 47.1).

Tabelul 47.1. Comparația ierarhiei a unităților taxonomice la plante și animale

Regnul	Plantele	Regnul	Animalele
<b>Încrângătura</b>	Angiospermele (Plantele cu flori)	<b>Filumul</b>	Artropodele
<b>Clasa</b>	Dicotiledonatele	<b>Clasa</b>	Insectele
<b>Ordinul</b>	Asterales	<b>Ordinul</b>	Coleopterele (Gândacii)
<b>Familia</b>	Asteraceae	<b>Familia</b>	Cerambycidae
<b>Genul</b>	Floarea soarelui ( <i>Helianthus</i> )	<b>Genul</b>	Croitorul ( <i>Agapanthia</i> ) dahl
<b>Specia</b>	Floarea soarelui ( <i>Helianthus annuus</i> )	<b>Specia</b>	Croitorul florei-soarelui ( <i>Agapanthia dahli</i> )

La început toată diversitatea biologică a organismelor a fost împărțită în două regnuri – Plantele și Animalele, mai târziu la ele s-a adăugat regnul Ciupercile. După descoperirea microorganismelor de către Leeuwenhoek diversitatea organismelor cunoscute de oameni de știință a crescut în mod semnificativ, dar primii cercetători se stăruiau să nu încalce clasificarea

stabilită și organismele nou descoperite erau atribuite unuia dintre regnurile deja existente în dependență de mobilitatea și capacitatea lor de fotosinteză. Dezvoltarea în continuare a microscopiei a făcut posibilă determinarea diferenței semnificative în structura celulară a microorganismelor, iar cel mai important – a fost să separe toată diversitatea biologică în două grupe – procariote și eucariote – pe baza unei trăsături esențiale: prezența sau lipsa nucleului în celulă. Dar, înainte de a trece la examinarea închipuirilor moderne despre diversitatea biologică, să acordăm atenția unei întrebări foarte importante, și de aceea, nu atât de des puse în discuție.

### Clasificarea artificială împarte organismele după caracterele luate în mod întâmplător

Dar care este scopul sistematicii? Organismele pot fi sistematizate după diferite principii, sau, cu alte cuvinte, utilizând diferite criterii. Noi putem împărți organismele în comestibile și necomestibile, precum și în lele, care

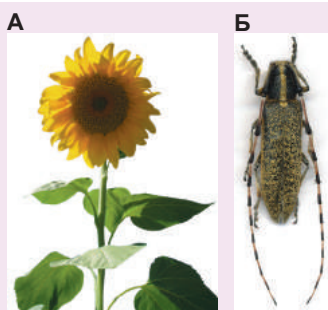


Fig. 47.1.

A. Floarea soarelui.

B. Croitorul florei-soarelui.

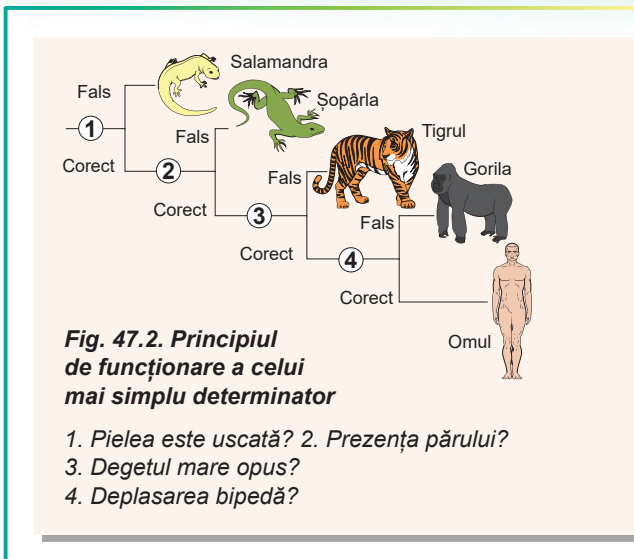


pot fi mâncate, dar nu complet, sau cele care pot fi consumate, dar necesită un tratament special. Criterii pentru sistematică sunt multe, și, prin urmare, este o mulțime de tipuri de clasificări. Astfel de clasificări, care se bazează pe caractere în mod arbitrar, se numesc **artificiale**. Deci, care este scopul clasificării, întocmite de biologii-taxonomiști pentru activitatea lor?

Imaginați-vă un biolog ucrainean, care a venit pentru prima dată în Brazilia, lumea vie a căreia o cunoaște nu prea bine<sup>1</sup>. Găsind vreo insectă, el poate să afle despre modul ei de viață. El poate să găsească descrierea acestei insecte, făcută de cercetătorii anteriori, dar pentru aceasta el trebuie să **determine**, la care specie biologică ea aparține. Căutarea insectei după „imagine” nu este comodă – prea diferiți sunt reprezentanții acestei clase. Deci, el trebuie să utilizeze literatură specială: **determinator**, care conține un algoritm eficient pentru determinarea speciilor pe baza aprecierilor duble – **principiul dihotomic**<sup>2</sup>.

Acest principiu funcționează foarte simplu: la început se propune o anumită afirmație despre particularitățile speciei – **teza**. Această afirmație se poate referi la aspectul extern al corpului (numărul de peri de pe al doilea segment al tarsului insectei sau formei anterelor la plante), așa și proprietățile lui biochimice sau fiziologice (culoarea corpului de fructificație la ciuperci, capacitatea bacteriilor de a se dezvolta în mediu cu o compoziție chimică specifică). Dacă caracterele organismului corespund tezei propuse, cercetătorul o acceptă și trece la următoarea teză. Însă dacă descrierea nu se potrivește cu teza, cercetătorul trebuie să treacă la **antiteză**, ceea ce nu corespunde tezei. Antiteza, de obicei, nu este opusă tezei. Ea este doar o altă descriere, care prezintă un nou lanț de teze și antiteze<sup>3</sup>. În fig. 47.2 este prezentat principiul unui astfel tip de determinator.

Un astfel de algoritm formează o schemă dihotomică, care, de asemenea, este o clasificare. Scopul acestei clasificări constă în construirea unui algoritm pentru determinarea anumitei specii de organisme vii. Ea este foarte comodă și poate fi folosită la diferite niveluri de organizare a materiei vii. Puteți cu ușurință găsi schema dihotomică în determinatorul păsărilor Kazahstanului, determinatorul coleopternelor din America de Sud, determinatorul ciupercilor de sol, precum și în determinatorul bacteriilor lui Bergey, care este canonic și retipărit în mod repetat.



**Fig. 47.2. Principiul de funcționare a celui mai simplu determinator**

1. Pielea este uscată?
2. Prezența părului?
3. Degetul mare opus?
4. Deplasarea bipedă?

1 Ce nu este surprinzător! Oamenii de știință consideră, că acolo trăiește 25% din biodiversitatea planetei.

2 Din gr. *dicho* – în două și *tomo* – diviziune, adică la fiecare etapă sunt două aprecieri.

3 Destul de des apare situația, când la una din etapele de determinare apare o situație, când descrierea organismului nu se potrivește nici în teză, nici în antiteză. Aceasta poate fi cauzat de trei motive. Cel mai frecvent – în timpul determinării a fost emisă o greșeală, și, prin urmare, trebuie să se revină la etapele anterioare de determinare și de început din nou. Al doilea motiv poate fi explicat prin faptul, că determinatorul, de care dispuței, nu este destul de detaliat și specia căutată în el lipsește. Și, în sfârșit, cel mai rar și cel mai incredibil motiv este, că ați descoperit o specie nouă!





## Carl Linne

S-a născut în 1707 în sudul Suediei, în satul Rashult. Studiile le-a făcut la Universitatea Uppsala. Este cunoscut în toată lumea în primul rând ca „tatăl taxonomiei”. Linne a propus o clasificare artificială a naturii, care, după opinia lui, este formată din trei regnuri: minerale, plante și animale. Principala lucrare științifică a lui Linne – „Sistema naturii” – a format baza sistematiei biologice moderne. Forma propusă de el, după care denumirea speciilor se dă cu ajutorul a două cuvinte – denumirii genului și epitetului specific – este aplicată și astăzi. Cercetătorul a introdus în limbajul științific aproape o mie de termeni pentru descrierea structurii organismelor. O altă realizare a lui Linne a fost faptul, că el a apreciat locul sistematic al omului în regnul Animal, ce până la el nimeni nu a făcut. Carl Linne încă în timpul vieții a dobândit faima și recunoașterea mondială. Pentru aceasta regele Suediei i-a acordat lui Linne titlul de aristocrat, ce a fost un eveniment extraordinar. Până la sfârșitul vieții cercetătorul a lucrat la Universitatea Uppsala. A murit în 1778 și a fost înmormântat în Catedrala Uppsala, ca cetățean de onoare al orașului.

La această metodă de clasificare sunt două proprietăți importante: în primul rând, așa cum s-a menționat deja, un astfel de algoritm creează o schemă dihotomică, un **arbore** ramificat; în al doilea rând, este clar, că cele două organisme, care se află pe ramurile vecine ale copacului, au **mai multe trăsături comune**, decât organismele situate mai îndepărtat pe această schemă. Putem presupune, că organismele, la care se manifestă printr-un număr mai mare de trăsături comune, sunt mai strâns înrudite. Astfel, putem face o presupunere îndrăzneață, că această schemă reprezintă relațiile evolutive dintre organisme. Totuși această presupunere deseori este greșită.

Pentru aceasta, de asemenea, există o serie de motive. În primul rând, pentru alcătuirea determinantului sunt folosite doar câteva, cele mai convenabile caractere ale organismului. Nici un cercetător nu va folosi analiza secvenței de aminoacizi a enzimelor sau o analiză a structurii cristalinului pentru a distinge buburuza cu două puncte de buburuza cu șapte puncte (fig. 47.3). În al doilea rând, în determinatoare nu este luată în considerație stabilitatea evolutivă a caracterelor. Unele caractere în timpul evoluției variază foarte puțin, astfel încât prezența unor astfel de caractere la anumite grupe de organisme poate indica originea lor comună. Alte caractere sunt mai puțin stabile și pot apărea și dispărea în cursul evoluției de mai multe ori. Astfel, un caracter foarte comod pentru determinare – culoarea aripilor insectei sau petalelor florilor – se schimbă în mod

repetat pe parcursul evoluției unui anumit grup. Totodată setul de oase craniene este mai stabil și mai puțin variabil, deci nu este convenabil pentru analiză. Cele mai conservative caractere, de obicei, sunt secvențe ale proteinelor și de ARN, care nu sunt luate în considerație la alcătuirea acestor determinatori. Și în cele din urmă, într-o anumită clasificare sunt incluse numai specii actuale, ce reprezintă doar un strat subțire al diversității imense a vieții.

### Arborii filogenetici demonstrează relațiile evolutive dintre specii

Dar ideea de a construi o astfel de clasificare naturală, care să reflecte relațiile evolutive dintre organisme pare incredibil de atractivă, deoarece un

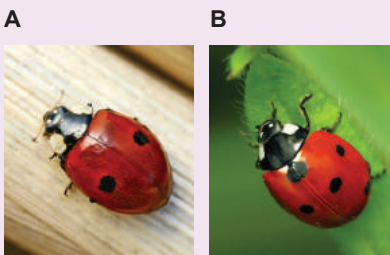


Fig. 47.3. Diferite specii de buburuze

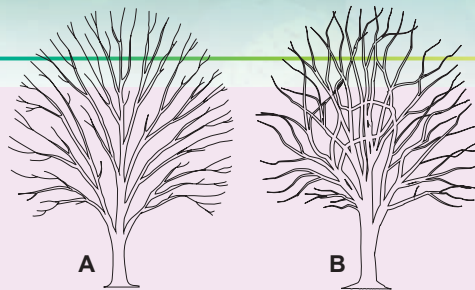
- A. Buburuza cu două puncte.
- B. Buburuza cu șapte puncte.

astfel de sistem ar fi foarte util pentru cercetători. Analizând acești arbori pot fi dezvăluite mecanismele modificărilor evolutive, care conduc dezvoltarea vieții pe Pământ. Arborele, care arată relațiile evolutive dintre organisme, se numește **filogenetic**. Sarcina principală a sistematicii și taxonomiei moderne este **alcătuirea arborilor filogenetici**. Este oare posibil să fie alcătuit un arbore filogenetic? Practic nu.

Motivul este același: noi nu avem informație completă despre diversitatea organismelor vii, care au trăit cândva pe Pământ. Ceea ce ne dă nouă cronică paleontologică este doar o picătură mică într-un ocean al diversității generat de evoluție. Dar și închipuirile despre animalele preistorice, pe care le avem, sunt extrem de fragmentare. Astfel, majoritatea mamiferelor din era Mezozoică (varietatea cărora nici de cum nu era mai mică decât diversitatea dinozaurilor) este cunoscută nouă după dinți și fragmentele de maxilare. De stabilit clar legăturile evolutive între ele și animalele actuale este absolut imposibil, pentru că o parte semnificativă a informației despre ele este pierdută, precum și majoritatea formelor intermediare nu sunt cunoscute.

O altă cauză, mai fundamentală, este faptul, că prezentarea evoluției în forma unui arbore pentru multe grupe de organisme (procariote, și, probabil, unele protozoare) principale este imposibilă.

La majoritatea organismelor informația este transmisă pe verticală, adică de la părinți la copii, de la copii la nepoți, și așa mai departe. La procariote și protozoare este posibil transferul orizontal al informației ereditare, când organisme, care nu sunt descendenți, obțin informație ereditară de la alt organism. Ca urmare, noi caractere erau dobândite nu numai ca urmare a mutațiilor și moștenirii lor, dar, de asemenea, prin combinarea caracterelor diferitor organisme neînrudite. În acest caz arborele evolutiv se transforma în rețea evolutivă (fig. 47.4). Totuși biologii încearcă să construiască arborele maximal apropiat de cel filogenetic. Cum ei fac aceasta veți afla în următorul paragraf.



**Fig. 47.4. Arborii filogenetici schematici**

**A.** Arborele transferului vertical de gene.

**B.** Arborele cu transferul vertical și orizontal de gene.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Denumirea taxonilor de același nivel, după care plantele și animalele se deosebesc, este  
**A** regnul – clasa                      **B** clasa – ordinul                      **C** ordinul – încrângătura  
**D** încrângătura – filumul              **E** genul – specia
- 2 Evenimentul, care a dus la împărțirea organismelor în nucleare și enucleate, a fost  
**A** descoperirea microorganismelor                      **B** acumularea cunoștințelor genetice  
**C** perfecționarea microscopului                      **D** crearea teoriei celulare  
**E** experimentele lui Pasteur, legate de regenerarea spontană

- 3** Într-un determinant al gândacilor este o expresie „picioare cu plăci tegumentare”. Acesta este un exemplu de  
**A** teză                      **B** antiteză                      **C** principiul dihotomic  
**D** caracter fiziologic al organismului                      **E** afirmație dublă
- 4** Toate organismele, care zboară, pot fi combinate într-un singur taxon, de aceea se poate afirma că  
**A** ele sunt înrudite între ele                      **B** ele au multe trăsături comune  
**C** ele provin unul de la altul  
**D** ele formează o singură ramură a arborelui filogenetic  
**E** toate acestea reprezintă populații diferite ale unei specii
- 5** Arborele filogenetic demonstrează  
**A** cât de asemănătoare sunt speciile între ele  
**B** cât de similară este compoziția lor chimică  
**C** de la care specii provin alte specii  
**D** secvența speciilor de predecesori ai acestei specii  
**E** clasificarea artificială a organismelor vii

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care este diferența clasificării dihotomice de arborele filogenetic?
- 7** Pentru ce biologii clasifică diferite organisme?
- 8** Care dintre caractere – culoarea aripilor la insecte sau structura craniului – este mai convenabil de le utilizat pentru a construi arborele filogenetic?
- 9** De ce majoritatea organismelor dispărute nu pot fi incluse în arborii filogenetici?
- 10** Cum prezența transferului orizontal de gene face mai dificilă alcătuirea arborelui filogenetic?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care unități taxonomice sunt mai mari, iar care – cele mai mici? ? De ce este imposibil de mărit sau de redus nivelul lor?
- 12** Care este diferența dintre cladogramă și arbore filogenetic?

### Află singur și comunică altora

- 13** În ce moduri poate fi realizat transferul orizontal de gene? Este oare el posibil între eucariotele pluricelulare?
- 14** Cu care dificultăți se confruntă sistematica modernă a virusurilor?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15** Alcătuirea schemelor de clasificare dihotomică.
- 1) Încercați să alcătuiți schema dihotomică de clasificare pentru diferite obiecte: organisme vertebrate, rude, organisme, care trăiesc în școală, modele de automobile, jocuri de calculator etc.
  - 2) Demonstrați schema colegilor de clasă și propuneți-le să clasifice după ea vreun biect.
  - 3) Care sunt neajunsurile schemei voastre? Ce ar trebui de făcut, pentru a o îmbunătăți?

## § 48. Principalele grupe ale organismelor vii

### Toate organismele aparțin celor trei domenii ale vieții

După structura celulelor toate organismele vii pot fi împărțite în **procariote**, care nu au nucleu celular, și **eucariote**, sau organisme nucleare. Celulele eucariote au o structură mult mai dificilă decât celulele procariote, de aceea se consideră, că eucariotele sunt descendenții unor procariote străvechi. Însă de stabilit rudenia între procariote și eucariote nu a fost atât de ușor. Pentru aceasta a fost efectuată analiza secvențelor ARN-ului ribozomal. Aceste molecule de ARN sunt în toate organismele vii, de la bacilul intestinal până la om, și relativ lent se schimbă în timpul evoluției. De aceea ele într-un mod perfect se potrivesc pentru reproducerea evenimentelor evolutive străvechi.

Analiza ARN-ului ribozomal a făcut posibilă repartizarea întregii diversități biologice în trei grupuri, care sunt numite **domenii**: Bacteriile, Arheele și Eucariotele (fig. 48.1).

Privind arborele evolutiv în imagine, puteți imediat observa două trăsături interesante. În primul rând, diversitatea procariotelor reprezintă două ramuri clar delimitate, care au fost nu prea corect numite Bacterii și Arhee. În al doilea rând ramura Arheelor începe de la o ramură comună cu Eucariotele. Deci la Eucariote și Arhee a fost un strămoș comun, care nu aparține bacteriilor. Aceasta, de asemenea, este confirmat de faptul, că genomul arheelor are mai mult comun cu genomul nuclear al eucariotelor, decât cu genomul bacteriilor. Astfel, strămoșul eucariotelor a fost mai mult asemănător arheelor actuale, decât bacteriilor actuale.

### Bacteriile și Arheele nu au nucleu

Analiza ADN-ului arată, că diversitatea de procariote este reprezentată de două grupuri – bacterii și arhee. Aceste ramuri ale evoluției s-au despărțit la începutul formării vieții pe Pământ. Acum bacteriile sunt cele mai răspândite organisme de pe planetă: ele locuiesc în oceane, sol, spațiile din scoarța terestră, organismele vii; sporii lor sunt răspândiți prin atmosferă și acoperă toată suprafața pământului.



#### Strămoș comun

**Fig. 48.1. Arborele evoluționist, care prezintă trei domenii ale vieții**

1. Domeniul Bacteriile (Bacteria).
2. Domeniul Arheele (Archaea).
3. Domeniul Eucariotele (Eukarya).

### Carl Woese

S-a născut în 1928 la New York (SUA). A absolvit Universitatea de la Yale. A descoperit un grup nou de organisme – Arheele. El a propus o nouă taxonomie a naturii, împărțind-o în trei domenii: Bacteriile, Arheele și Eucariotele. A formulat o ipoteză a originii vieții, care apoi Walter Gilbert a dezvoltat-o în ipoteza „Lumii ARN-ului”. Ideile lui Woese au o bază experimentală și teoretică serioasă, de aceea în prezent doar un mic grup de cercetători conservatori acceptă opiniile vechi referitoare la taxonomia naturii. Woese a lucrat ca profesor la Universitatea din Illinois. Savantul a murit la sfârșitul anului 2012.







**Fig. 48.2. Bacteriile și Arheele**

**A.** *Cyanobacteria anabena*. Intră în componenta fitoplanctonului, efectuează fotosinteza cu eliminarea oxigenului. Unele specii intră în simbioză cu plantele. **B.** *Vibriionul holerici*. Are aspectul unui bastonaș curbat cu un flagel. De obicei, trăiește în ape poluate, dar poate parazita în intestinul subțire, provocând holeră. **C.** *Bacteria lactică*. Este folosită de om pentru a produce produse lactate. **D.** *Archaea methanosartsyna*, care efectuează metanogeneza – o variantă specială de respirație anaerobă cu producerea de metan. Populează locurile anaerobe de viață: apele adânci de canalizare, solurile mlăștinoase, intestinul mamiferelor.

Bacteriile au o însemnătate vitală pentru funcționarea normală a biosferei: numai ele efectuează fixarea azotului – un proces, care transformă azotul atmosferic în compuși accesibili pentru alte organisme. *Cyanobacteria* contribuie semnificativ la producerea oxigenului (fig. 48.2 A). Bacteriile simbiotice, care populează intestinul nostru, produc vitamine și asigură digestia normală. Însă unele bacterii cauzează boli (fig. 48.2, B). Astfel, prima pandemie (epidemie, care a cuprins întreaga planetă) de ciumă a avut loc în secolul al VI<sup>1</sup> și a nimicit aproape 100 de milioane de oameni. Multe bacterii omul s-a învățat să le utilizeze pentru propriile sale scopuri: pentru producția de produse lactate (fig. 48.2, C), a brânzei, a unor băuturi alcoolice, a legumelor murate etc., despre care veți afla în § 60. Arheele, de asemenea, sunt destul de comune în biosferă<sup>2</sup>. Printre ele sunt multe organisme, care preferă condiții extreme – temperaturi ridicate și salinitate înaltă. Ele pot fi găsite în apele gheizerelor și în izvoarele vulcanice, în lacuri sărate, care se usucă. Multe arhee evită contactul cu oxigenul și sunt nevoite să trăiască în „buzunarele” anaerobe ale biosferei, cum ar fi apele freatice și tractul gastrointestinal al animalelor (fig. 48.2, D).

## Originea eucariotelor explică teoria endosimbiotică

Așa cum am menționat la începutul paragrafului, primele eucariotele au evoluat de la arheele străvechi. Însă, după cum vă amintiți, în afară de ADN-ul nuclear, majoritatea eucariotelor au și ADN citoplasmatic, care se conținute în mitocondrii și plastide. Secvențele acestui ADN sunt mai mult asemănătoare cu ADN-ul bacterian: în cazul mitocondriilor – alfa-proteobacteriilor<sup>3</sup>, în cazul cloroplastelor verzi – cianobacteriilor.

Să examinăm un scenariu ipotetic de origine a mitocondriilor în cadrul teoriei endosimbiotice. Un strămoș procariot al eucariotelor (o arhee străveche) a intrat în relații strânse cu o bacterie străveche, în rezultatul cărora bacteria a fost absorbită de către strămoșul

1 În Europa ea a fost numită Ciuma lui Iustinian.

2 Mai înainte se considera, că arheele sunt relativ puține în biosferă, dar studiile recente arată că arheele reprezintă o parte semnificativă a planctonului oceanic și populează dens fundul mării, solul și intestinalele animalelor.

3 La ele aparține endosimbiontul plantelor, fixatorul de azot rizobium, precum și parazitul intracelular al animalelor *Rickettsia*, care provoacă tifosul epidemic.

nostru îndepărtat<sup>1</sup>. Prezența bacteriilor simbiotice în interiorul arheelor a dat un avantaj evolutiv neașteptat. Bacteriile erau responsabile pentru o serie de procese biochimice, principalul din care este respirația celulară. Membrana bacteriei simbiotice cu componentele lanțului transportor de electroni și ATP sintaze încorporate s-a transformat în membrana mitocondrială internă, iar membrana vacuolară, în care trăia bacteria – în membrana externă. În memoria despre originea s-a bacteriană mitocondriile majorității organismelor conțin ADN inelar și ribozomi, asemănători cu cele ale bacteriilor. Prezența mitocondriilor a permis gazdei să transfere simbiotului sarcina de controlul asupra respirației, iar singur este preocupat de construirea arhitecturii complexe a celulei, tipică eucariotelor. Unele eucariote au intrat mai târziu într-o relație simbiotică cu cianobacteriile, dobândind cloroplaste și capacitatea de fotosinteză. Toate plantele actuale reprezintă descendenții lor.

## Virusurile nu sunt organisme acelulare

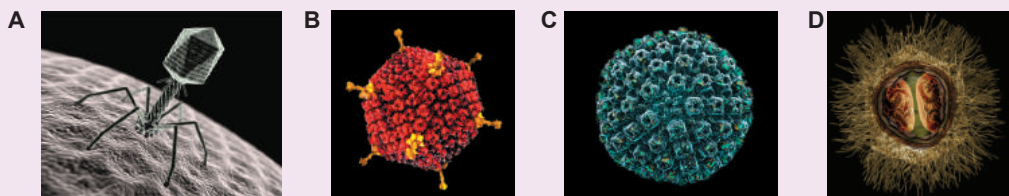
În cele din urmă, trebuie să menționăm virusii. Virusurile nu au structură celulară și nu sunt organisme vii. Virusurile sunt paraziți intracelulari ai organismelor vii – bacterii, Archaea și eucariote. Virus – un acid nucleic (ADN sau ARN) este acoperit cu membrana de proteine, iar uneori – chiar cu membrana lipidelor. Varietatea ARN conținând virusuri au fost prezentate în § 23.

Figura 48.3 prezintă câteva exemple de DNA conținând virusuri.

**Bacteriofagul T4.** Acest virus (*fig. 48.3 A*) parazit e în bacterii. Ea are o structură foarte complexă, cap, coadă și piroane. După atașarea bacteriilor la suprafața funcțiilor bacteriofagul T4 ca o seringă, străpunge membrana celulară și injectează ADN-ul în celulă. ADN-ul este apoi copiat de celule, urmat de proteine virale sintetizate și formarea noilor particule virale care ies din celulă.

**Adenovirusul** – un virus ADN uman (*fig. 48.3, B*), care provoacă infecții respiratorii acute (ARI), adică boli respiratorii umane însoțite de tuse, secreții nazale, dureri de cap și febră.

**Virusul herpetic.** Diverse virusuri herpetice (*fig. 48,3, C*) afectează diferite animale vertebrate – de la pești până la oameni. Majoritatea populației planetei este infectată de



**Fig. 48.3. DNA conținând virusuri**

**A. Bacteriofag T4.** Virusul care infectează bacteriile. **B. Adenovirus.** Cauze ARI – infecții virale respiratorii acute. **C. herpesvirus.** În cazul în care reducerea imunității locale, cum ar fi hipotermia, virusul se manifestă și dezvoltă infecție cu herpes. **D. Mimivirus.** Un gigant printre virusii. Ajunge la un diametru de 500 nm (pentru comparație, diametrul adenovirus de 70 nm).

1 Caracterul acestor relații este dificil de-l reconstituit în mod unic. Anterior se considera, că strămoșul eucariotelor a fost un prădător și, la fel ca amiba modernă, capta bacteriile mici, care erau în apropiere. Însă este posibil, că bacteria nu a fost atât de slabă, ci invers – parazita pe strămoșul eucariotelor.

virusul herpetic. De obicei el se află în nucleul celular și nicicum nu se manifestă. Dar infecția herpetică se dezvoltă, dacă imunitatea locală se reduce, ceea ce adesea este cauzat de hipotermie.

**Mimivirusul** este cel mai mare virus, el provoacă infecții la amibă (fig. 48.3, D). Are, de asemenea, cel mai mare și cel mai complex genom viral. Unii cercetători cred că mimivirusurile puteau să provină de la unele organisme celulare ancestrale<sup>1</sup>.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Secvența corectă a apariției celor trei domenii ale organismelor vii este următoarea:  
**A** bacteriile – eucariotele – arheele      **B** arheele – bacteriile – eucariotele  
**C** bacteriile – eucariotele – arheele      **D** bacteriile – arheele – eucariotele  
**E** arheele – eucariotele – bacteriile
- 2 Membrana internă a mitocondriilor provine din  
**A** membrana externă a celulei arheelor      **B** membrana vacuolei arheelor  
**C** membrana externă a celulei bacteriene  
**D** membrana vacuolei celulei bacteriene      **E** membrana vacuolei eucariotelor
- 3 Strămoșul cloroplastelor a fost cea mai apropiată rudă a  
**A** euglenei verzi      **B** bacilul intestinal      **C** cianobacteriei  
**D** bacteriei de putrefacție      **E** metanobacteriei
- 4 Parazit al bacteriilor este  
**A** virusul herpetic      **B** bastonașul intestinal      **C** vibriionul holeric  
**D** methanosarcina      **E** bacteriofagul T4

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 5 Denumirea „arhee” provine de la cuvântul grecesc αρχαῖος, care înseamnă „vechi”. De ce o astfel de denumire nu este potrivită pentru acest grup de procarote din punctul de vedere al originii lor?
- 6 Ce schimbări ar trebui să se producă în metabolism și în informația ereditară a celulei-gazdă, pentru ca bacteria capturată să devină un organit endosimbiotic?
- 7 În ce ordine în timpul evoluției au apărut primii reprezentanți ai regnurilor Plantele, Animalele și Ciupercile?
- 8 Descrieți ciclul vital al virusului.
- 9 Descrieți principalele deosebiri între virusuri și bacterii.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10 Evident, că plastidele și mitocondriile bimembranare au provenit de la bacterii-endosimbiotice. Care este originea nucleului bimembranar a celulelor eucariote?
- 11 De ce virusurile nu sunt considerate drept organisme vii?
- 12 Arheele s-au păstrat, în principal, în locuri cu condiții extreme. Care este cauza acestui fapt?

1 S-a dovedit că la acest virus există chiar și un virus-parazit – virofaq-satelit! Virofaqul trăiește, utilizând proteinele mimivirusului pentru propria reproducere. Aceasta este un exemplu de supraparazitism printre virusuri.

## Află singur și comunică altora

**13** Care particularități de organizare a genomului arheelor le înrudesce cu bacteriile și le deosebesc de bacterii?

**14** Descrieți principalele ipoteze ale originii virușilor. Care din ele sunt acceptate de majoritatea savanților?

## Lucrarea practică № 4

### Compararea structurii și procesului de reproducere a formelor celulare de viață și a virușilor

**Scopul:** de examinat asemănările și diferențele în structura și reproducerea virușilor, procariotelor și eucariotelor.

#### Mersul lucrării:

##### Comparația structurii

1. Desenați structura schematică a particulei virale, celulei bacteriei și celulei eucariotelor și numiți componentele lor.
2. Completați tabelul comparativ al trăsăturilor structurii diferitor forme de viață și ale virușilor.

Criterii de comparație	Virusurile	Procariotele	Eucariotele
Dimensiunea corpului			
Structura celulară			
Pluricelularitatea			
Prezența organelor și sistemelor de organe			
Structura învelișului			
Organitele membranare			
Organitele fără membrană			
Nucleul			
Purtătorul informației ereditare			
Diversitatea acizilor nucleici			
Numărul de cromozomi			
Dimensiunea genomului			

##### Compararea procesului de reproducere

**3.** Repartizați trăsăturile procesului de reproducere în trei categorii – virusuri, procariote și eucariote (unele trăsături pot să se refere la mai multe categorii):

- reproducerea numai în interiorul celulei;
- celulele se divid fiecare 20–30 de minute;
- diviziunea în părți;
- sporii;
- gameții;
- reproducerea prin părțile corpului;
- prezența schimbului cu informație ereditară;
- necesitatea copierii acizilor nucleici;
- este destul un singur individ;
- formarea mai multor descendenți împreună;
- reproducere permanentă în condiții favorabile;
- producerea în condiții favorabile numai în anumite perioade de timp;
- alternarea generațiilor, care se înmulțesc pe cale asexuată și sexuată.



## § 49. Biodiversitatea eucariotelor

### Arborele filogenetic al eucariotelor conține cinci supergrupuri

După cum vă amintiți, sistemul clasic de clasificare a eucariotelor, creat pe baza structurii celulare, este alcătuit din trei regnuri: Plantele, Animalele și Ciupercile. Mai târziu, membrii cei mai primitivi ai acestor regnuri au fost separați și uniți într-un regn – Protozoarele. Însă datele obținute în rezultatul analizei secvențelor de ADN, precum și studiului mai aprofundat al structurii celulare a protozoarelor, i-a impus pe savanți să revizioneze într-o mare măsură relațiile evolutive între organismele eucariote. Arborele evolutiv al eucariotelor actual este prezentat în figura 49.1. Toate eucariotelor actuale sunt împărțite în cinci grupe mari, numite supergrupuri.

**Supergrupul Archaeplastida** sunt organisme, strămoșul îndepărtat al cărora a intrat într-o simbioză cu cianobacteriile, obținând cloroplaste cu două membrane. La ele aparțin algele roșii și verzi, precum și plantele superioare.

**Supergrupul Excavata** este un supergrup destul de divers. El include diverse organisme unicelulare cu flageli: paraziții omului, astfel ca lamblia și tripanozomele, precum și organisme neparazite, ca euglena verde.

**Supergrupul SAR** este un supergrup de eucariote foarte divers. El include algele brune pluricelulare, care formează păduri subacvatice dese, algele diatomee planctonice, care formează cochilii de siliciu, parazitul omului – plasmodiul malaric, și organisme unicelulare mai complexe și variate – paramecii. De asemenea, la acest supergrup aparțin radiolariile și foraminiferele – organisme unicelulare, care formează o crustă dură. Ele trăiesc în plancton sau pe fundul mării.

**Supergrupul Amoebozoa** este un supergrup, care include diverse amibe (și amiba proteu comună de asemenea) și mixomicete mai complexe.

**Supergrupul Opisthokonta** este un supergrup, la care aparține omul. Reprezentanții lui au inițial doar un singur flagel la stadiile lor flagelate. La el aparțin și regnurile Animalele și Ciupercile.

Mai departe vom examina reprezentanții celor trei regnuri clasice – plantele, ciupercile și animalele.

### Regnul Plantele este regnul verde al eucariotelor

Reprezentanții regnului Plantele joacă un rol esențial în funcționarea biosferei. Ele sunt autotrofi dominanți – organisme, care sintetizează substanțele organice din cele anorganice. Anume plantele în prezent produc majoritatea oxigenului în biosferă<sup>1</sup>. Plantele acoperă suprafața pământului, evitând eroziunea soluri-

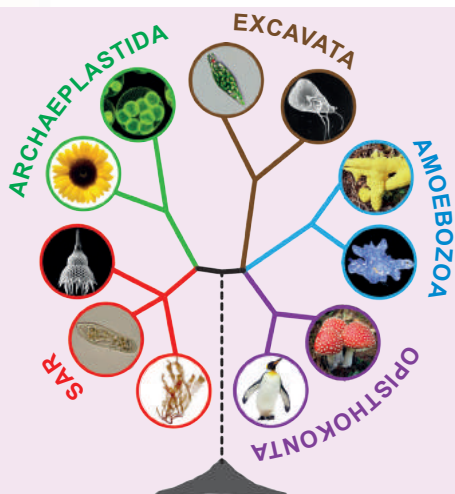


Fig. 49.1. Arborele evolutiv actual al eucariotelor

1 Rolul cianobacteriilor în acest proces este mai puțin semnificativ.



**Fig 49.2. Reprezentanții regnului Plantele**

**A.** Torțelul este o plantă parazit. Pe parcursul evoluției ea a pierdut nu numai capacitatea de fotosinteză, dar chiar și frunzele și rădăcinile. Însă în timpul înfloririi ea formează inflorescențe sferice.



**B.** *Welwitschia* este o plantă de deșert, care are ul lăstar dintr-o tulpină scurtă și două frunze lungi, cu care absoarbe umezeala din roua de dimineață. În ciuda aspectului destul de ciudat *Welwitschia* este o rudă de molidului și pinului.

**C.** Mușchiul de turbă este un mușchi, care în cantități mari crește pe în mlaștini. Din părțile moarte ale mușchiului se formează turbă.

lor și înlesnind formarea lor. Fără îndoială, lumea noastră are aspectul, pe care noi îl cunoaștem, datorită plantelor (fig. 49.2). În ciuda unei diversități imense a plantelor, ele au un șir de trăsături comune.

1. Toate plantele au cloroplaste, pe care strămoșii lor le-au obținut în urma simbiozei cu cianobacteriile. Unele plante parazitare și-au pierdut capacitatea de fotosinteză, dar la ele s-au păstrat cloroplastele modificate.
2. Toate plantele au un perete celular dur, baza căruia o formează polizaharida celuloza.
3. În ciclul vital al plantelor se manifestă prin alternarea generației sexuate haploide (gametofit), care produce gameți, și a generației asexuate diploide (sporofit), care produce spori. Raportul generațiilor sexuate și asexuate variază la diferite plante: la mușchi predomină gametofitul haploid, iar la plantele cu flori – sporofitul diploid.

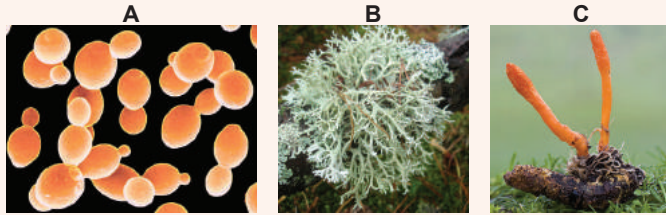
## Regnul Ciupercile este cel, care se hrănește saprotrof

Ciupercile sunt unele dintre cele mai comune și cele mai reușite organisme eucariote. Ele populează solul, bazinele de apă, parazitează alte organisme vii. Multe ciuperci intră în simbioză cu plantele. La majoritatea plantelor terestre există un tip special de simbioză cu ciupercile – micoriza. Iar orhideele, în principiu, nu pot să germineze din semințe fără participarea ciupercilor. Acum este ferm stabilit că ieșirea plantelor pe uscat a devenit posibilă numai datorită simbiozei cu ciupercile. Multe ciuperci sunt paraziți și dăunători ai agriculturii: tăciunele, coarnele gramineelor, mana plantelor. Unele ciuperci pe parcursul evoluției secundar s-au simplificat și au devenit organisme unicelulare – ca, de exemplu, drojdiile (fig. 49.3, A). Alte ciuperci intră într-o relație destul de strânsă cu algele microscopice, formând comunități unice – lichenii (fig. 49.3, B). Deși ciupercile sunt foarte diverse, toate ele au trăsături comune.

1. Celulele au un perete celular dur, baza căruia constituie polizaharida chitina. La unele ciuperci (drojdiile și mucegaiul alb) conținutul de chitină în peretele celular este mic, dar neapărat se conține.

**Fig. 49.3. Reprezentanții regnului Ciupercile**

**A.** Drojdiile. Se știe că strămoșii drojdiilor au fost ciupercile pluricelulare, însă ele destul de mult s-au simplificat în procesul evoluției.



**B.** Lichenul reprezintă o simbioză a ciupercilor și algelor. Organismele în această comunitate sunt foarte strâns legate între ele, nu numai anatomic, ci și biochimic. Se consideră că lichenii au fost primele organisme terestre, care acopereau Pământul cu un miliard de ani în urmă, cu mult înainte de plante.

**C.** Cordicepsul este o ciupercă parazită. De obicei ea parazitează pe larvele insectelor. Ciuperca omoară larva și se hrănește cu țesuturile ei. Mai târziu nemijlocit din corpul insectei cresc corpurile de fructificație ale ciupercilor, care răspândesc spori.

2. Ciupercilor le este caracteristică nutriția saprotrofă: din cauza peretelui celular dur, ele nu pot absorbi particule solide de hrană și sunt nevoite să absoarbă substanțe nutritive solubile prin toată suprafața corpului.
3. Corpul majorității ciupercilor reprezintă o rețea din filamente (hife) – miceliu. Miceliul poate fi împărțit în celule separate sau să reprezinte o celulă mare plurinucleară.

## Regnul Animalele reprezintă heterotrofi pluricelulari

Regnul Animalele este unul din cele mai diverse grupuri de organisme vii. Savanții au descris aproximativ 1,3 mil. de specii de animale, iar după calculele lor, pot să existe de la 10 până la 200 de mil. Animalele locuiesc în cele mai diverse locuri ale planetei. Ele se întâlnesc în Groapa Marianelor din Oceanul Pacific, minele de aur din Africa de Sud la o adâncime de 2,5 km, în straturile superioare ale troposferei. Cei mai persistenți reprezentanți ai animalelor rezistă la temperaturi apropiate de zero absolut și la acțiunea radiațiilor cosmice. Cele mai mici animale pluricelulare cedează după dimensiuni parameciului, iar cel mai mare animal după mărime este ca o submarină (fig. 49.4).

**Fig. 49.4. Reprezentanții regnului Animalele**

**A.** Gândacul ptiliida este una dintre cele mai mici insecte din lume: numai 250  $\mu$  lungime, care este comparabilă cu dimensiunea parameciului. Se consideră, că există un număr mare



de insecte mici, care rămân până în prezent încă aproape necercetate.

**B.** Tardigrada este o ființă microscopică, care trăiește în sol și apă. Tardigradele sunt cele mai rezistente animale de pe Pământ: ele pot supraviețui la uscare completă, congelare și chiar radiații cosmice.

**C.** Balena albastră este cel mai mare animal de pe planetă, posibil, cel mai mare dintre toate, care au existat vreodată. Lungimea ei ajunge la 33 de metri, iar masa poate depăși 130 de tone, ce corespunde masei a 25 de elefanți.

Una din speciile de animale a putut evolua astfel, încât a dobândit un intelect perfect, a devenit capabilă să cunoască Universul, a creat știință și artă, a ridicat construcții grandioase, a ajuns în cosmos și pe Lună!

În general animalele posedă numeroase trăsături comune, care clar le deosebesc de celelalte regnuri ale eucariotelor. S-ă încercăm să enumerăm aceste trăsături.

1. Toate animalele inițial sunt heterotrofe. Totodată la unii viermi lași și crustacee s-a dezvoltat un mod neobișnuit de nutriție. Larva lor hrănindu-se, poate înghiți o algă simbiotă. Această algă se stabilește în țesuturile gazdei, unde trăiește și se reproduce, asigurând animalul cu substanțe organice obținute în urma fotosintezei. O astfel de interacțiune este similară relațiilor între alge și ciuperci în licheni. Viermele primește substanțele organice necesare de la alge și nu mai are nevoie de alimentație suplimentară.
2. Animalele obțin substanțe nutritive din mediul înconjurător, consumându-le în formă de particule solide, și nu absorbind substanțe dizolvate, ca ciupercile. Dar există multe excepții de la această regulă. Viermii panglici, care trăiesc în intestinul subțire al vertebratelor, absoarbe substanțe nutritive prin suprafața corpului, iar tractul digestiv la ei lipsește. Forma adultă a racului-saculina, care parazitează în țesuturile crabului, are aspectul de miceliu și de asemenea, absoarbe sucurile nutritive prin suprafața corpului, adică se hrănesc saprotrof.
3. Celulele animale au la suprafața lor diferite proteine și polizaharide, care efectuează funcția constructoare, participă la combinarea celulelor în țesuturi și transmiterea semnalelor în interiorul celulei. Însă peretele celular dur, ca la plante sau ciuperci, la ele lipsește.
4. Celulele, din care este compus organismul animalelor, sunt diferențiate, adică diferă după structură și funcții. La majoritatea animalelor se disting 4 tipuri de țesuturi: epitelial, conjunctiv, nervos și muscular. Aceste țesuturi, la rândul lor, pot fi împărțite în alte tipuri (de exemplu, la om țesutul muscular se împarte în striat scheletic, striat cardiac și neted).
5. O trăsătură importantă a animalelor este prezența dezvoltării embrionare – unei etape speciale a ciclului vital, pe parcursul căreia se formează organele și țesuturile.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Mușchiul de turbă aparține supergrupului  
A Arhaeplastida B Excavata C SAR D Amoebozoa E Opisthokonta
- 2 Plantele NU efectuează funcția  
A de producere a oxigenului B de sinteză a substanțelor organice din anorganice  
C de scindare a substanțelor organice până la anorganice  
D de oxidare a substanțelor organice până la anorganice  
E de reducere a eroziunii și distrugerii solului
- 3 Nu pentru toate plantele este caracteristică o astfel de trăsătură, ca  
A fotosinteza B prezența cloroplastelor în celulă  
C peretele celular dur din celuloză  
D prezența generațiilor sexuate și asexuate E prezența nucleului în celulă



- 4 Are nutriție saptrofă un astfel de organism ca  
**A** amiba **B** mușchiul **C** viermele panglică **D** balena **E** gândacul
- 5 Printre cele enumerate, organismul unicelular este  
**A** tardigrada **B** drojdia **C** mischiul de turbă **D** lichenul **E** gândacul ptiliidă

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce toate eucariotele au fost împărțite în 5 supergrupuri, și nu în 3–4 regnuri?
- 7 Fără plante este imposibilă viața animalelor și ciupercilor. Justificați sau respingeți această afirmație.
- 8 Cum tipul de nutriție a organismului depinde de structura celulelor lui?
- 9 Este oare suficient un astfel de criteriu ca nutriția autotrofă sau heterotrofă pentru a determina ce reprezintă un anumit organism: plantă sau animal?
- 10 Dați exemple de organisme, care pot exista numai în simbioză cu alte organisme. Explicați ce-i lipsește gazdei și cu ce-i ajută simbiiontul.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 La care animale există alternarea generațiilor sexuate și asexuate? Ce asigură această alternare la animale?
- 12 Care particularități de structură și de funcționare ale euglenei verzi reprezintă motivul de a o considera plantă, iar care – de a o considera animal?

### Află singur și comunică altora

- 13 Există oare dezvoltarea embrionară la plante și ciuperci? Prin ce diferă această etapă a ciclului vital la animale și plante?
- 14 Care este însemnătatea biologică a diferențierii celulare? Este oare posibilă existența unor organisme pluricelulare mari, care sunt formate din celule nediferențiate?

### Proiect pentru o companie prietenoasă

- 15 Comparația plantelor, ciupercilor și animalelor.
- 1) Faceți un tabel comparativ al celor trei regnuri principale ale eucariotelor.
  - 2) Propuneți colegilor de clasă cu ajutorul tabelului vostru să determine, la care regn aparține organismul eucariot (la alegere), ținând cont de structura și particularitățile activității lor vitale.
  - 3) Cu clasificarea căror organisme la colegii voștri de clasă au apărut cele mai mari probleme?



**Ekaterina  
Glazunova**

A absolvit Liceul fizico-matematic din Lviv în 1998. A studiat la Universitatea Națională din Lviv Ivan Franko.

A susținut teza pentru obținerea titlului științific de candidat în științele biologice. Acum lucrează docent la catedra de Pedagogie corecțională al Institutul Regional de Educație Pedagogică Postuniversitară din Lviv.

## Anexa X

### Diversitatea protozoarelor

Odată cu dezvoltarea microscopiei electronice, precum și pe baza studiilor biochimice, citologice și genetice a fost constatat, că la protozoare există diversitatea sa proprie, care se manifestă în diferite scheme de structură a celulei. Protozoarele reprezintă un grup de organisme vii extrem de diverse, diferiți reprezentanți ai cărui posedă trăsături ale regnurilor Animalele, Plantele sau Ciupercile. Prin urmare, problema poziției sistematice a protozoarelor rămâne controversată și în prezent.

Protozoarele, de obicei, sunt organisme unicelulare. Însă există și forme coloniale sau pluricelulare, care nu au țesuturi specializate. Protozoarele sunt răspândite, în special, în medii umede (în bazine dulcicole sau sărate, în sol). O poziție deosebită ocupă formele parazitare, care pot provoca boli ale omului, animalelor sau plantelor. Principalele moduri de reproducere la protozoare sunt înmulțirea asexuată și procesul sexual. Unii au un ciclu vital complex cu alternarea generațiilor și a gazdelor.

Protozoarele, care după organizare sunt similare cu reprezentanții lumii vegetale, au o structură simplificată a celulelor, în comparație cu structura celulelor plantelor. Exemple de astfel de protozoare sunt algele, în special unicelulare (clamidomonada, clorela), coloniale (volvoxul) și pluricelulare filamentoase (ulothrixul) sau talomice (laminaria, porfira, etc.). Plastidele algelor diferă după structura s-a de plastidele altor plante. În special, ele se deosebesc după numărul de membrane la reprezentanții diferiți încrengături: sunt bimembranare la algele verzi și roșii, trimembranare la algele euglenide. La diferiții reprezentanți se deosebește și numărul de tilacoide – componentelor structurale ale cloroplastelor.

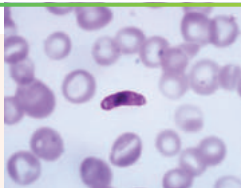
Protozoarele unicelulare, care după trăsături sunt similare cu celule animale, aparțin aceluiași grup. Printre protozoare se distinge taxonul Sarcomastigophora, în care se combină reprezentanți liberi (de exemplu, amiba proteu) și paraziți (de exemplu, amiba dizenterică, lamblia), care se deplasează folosind flageli sau prelungiri temporare citoplasmice – piciorușe false (pseudopodii). În condiții nefavorabile reprezentanții încrengăturii pot forma chisturi. Încrengătura Sporozoarele include numai reprezentanți parazitari, ciclul vital al cărora decurge cu alternarea reproducerii asexuate și procesului sexual, deseori cu participarea mai multor organisme gazdă (de exemplu, plasmodiul malaric) (fig. X.1, A). La om reprezentanții sporozoarelor pot provoca așa boli ca malaria, coccidioza, toxoplasmoza. Grupul sistematic Cnidosporidiile este prezentat de protozoare parazite, care cauzează boli la animale (de exemplu, la pești, viermi oligocheți, insectele himenoptere) (fig. X.1, B). Pentru încrengătura Ciliatele trăsătură caracteristică este prezența cililor ca organitelor de mișcare. Însă sunt și reprezentanți, care au cili numai la anumite etape ale ciclului vital, iar la alte etape sunt imobili (fig. X.1, C). Pentru ciliate este caracteristică prezența a cel puțin două nuclee – celui mare (macronucleus) vegetativ și celui mic (micronucleus) generativ. Nucleul mare asigură reglarea tuturor proceselor vitale ale celulei, nucleul mic – transmite informația ereditară în timpul reproducerii. Se înmulțesc ciliatele prin divizarea în jumătate sau conjugare.

Ciupercile protozoare sunt reprezentate de încrengăturile Oomicetele și Mixomicetele. Reprezentanții ciupercilor protozoare formează un miceliu plurinuclear, între celulele căruia lipsesc septuri. Acest mod de combinare a celulelor se numește sincitiu. În acest caz la celulă poate să lipsească membrana, iar părțile citoplasmei cu nuclee sunt legate prin punți citoplasmice. În compoziția peretelui celular în afară de chitină intră și celuloza (ce este caracteristic pentru celulele vegetale). Modurile de reproducere reprezintă procesul asexuat și sexual. Acestea sunt, de obicei, organisme parazitare, care cauzează boli la plantele superioare și animale. De exemplu, fitofora provoacă fitoforoze („putregaiul cartofului”), care, devastând câmpurile, pot reduce semnificativ recolta de cartofi.

Deci protozoarele combină un grup extrem de divers de organisme. De asemenea, ele sunt obiectul de studiu al savanților, care studiază evoluția. Se consideră, că protozoarele reprezintă elementul de legătură dintre procariote și organismele eucariote moderne, cum ar fi plantele și animalele.

**Fig. X.1. Eucariotele unicelulare**

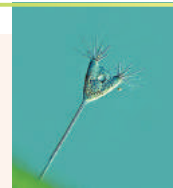
- A. Plasmodiul malaric printre eritrocite.
- B. Cnidosporidia telohanelis.
- C. Parameciul sedentar.



A



B



C



*The more clearly we can focus our attention on the wonders and realities of the universe about us, the less taste we shall have for destruction.*

**Rachel Carson**







Володимир Вернадський

# CAPITOLUL 8

## *Sistemele biologice supraorganismice*





## § 50. Diversitatea ecosistemelor

### Ecologia este știința despre relațiile dintre materia vie și nevie

În acest capitol noi ne vom familiariza cu elementele de bază ale **ecologiei** – științei despre relațiile organismelor vii între ele și despre relațiile lor cu mediul de existență. Termenul „ecologia” a fost propus de **Ernst Haeckel** acum 150 de ani, în 1866. Cuvântul „ecologia” în traducere din greacă înseamnă „știința despre casă”. De fapt, în vorbirea de zi cu zi, această noțiune este des folosită în sensul de „mediu” sau chiar „puritatea mediului ambiant”, cu toate că acest lucru este greșit. Ecologia este o știință, iar mediul este unul dintre obiectele ei de studiu.

Ecologia consideră organismul drept o parte a unui sistem mai complex de relații. Aceasta constă în faptul că nici o ființă vie nu locuiește izolat. Organismele vii concurează între ele pentru resurse și spațiu de viață, cooperează, servesc unul pentru altul drept loc de existență, se hrănesc unul cu altul și se stăruie să nu fie mâncați, adică sunt legate între ele și cu mediul prin mii de „fire” invizibile. Anume aceste legături sunt obiectul de studiu al ecologiei.

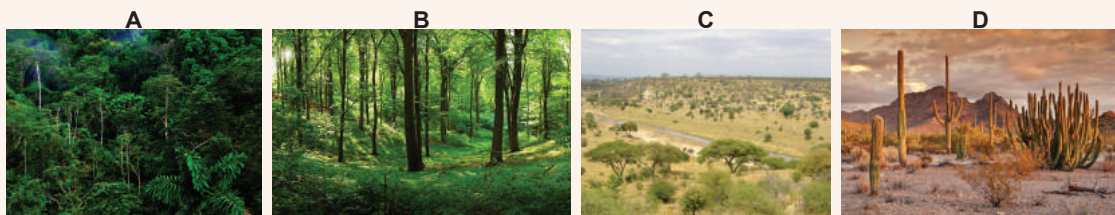
Ecologia ca știință, fără exagerare, are o însemnătate practică extrem de importantă pentru întreaga omenire. De exemplu, ignorarea legităților ecologice elementare a dus la moartea a 15 mil. de oameni în China în perioada 1959–1961. Cauza principală a fost, cât de straniu n-ar părea, distrugerea vrăbiilor obișnuite. Conducerea Chinei a apreciat vrăbiile ca dăunători, pentru că ele mâncau grâul. Consecința acestei acțiuni brutale și nechibzuite a fost nimicirea a miliarde de păsări, înmulțirea necontrolată a dăunătorilor și o foamete extraordinară. Deci a apărut o necesitate de a restabili populația distrusă de vrăbii prin cumpărarea păsărilor vii în Uniunea Sovietică și în Canada. Astfel de catastrofe, deși nu într-o așa o măsură, au avut loc și continuă să aibă loc în mod regulat, atunci când oamenii încearcă să intervină nechibzuit în procesele naturale, subapreciind complexitatea și diversitatea lor.

### Ecosistemul este o noțiune importantă a ecologiei

Conceptul-cheie al ecologiei este noțiunea de ecosistem, introdusă de ecologistul britanic **Arthur Tansley** în 1935. **Ecosistemul** reprezintă o totalitate de organisme vii și mediul lor de existență, care sunt combinate printr-un sistem de relații fizice, chimice și biologice. Ecosistemul este format din două componente: **biotic** – totalitatea organismelor vii (comunităților) și **abiotic** – mediul lor de existență. Exemple de ecosisteme sunt pădurea tropicală și pădurea de mesteacăn, lacul de pădure și reciful de corali, câmpul de grâu și oază în deșert. Componentul biotic al ecosistemelor sunt toate animalele, plantele, ciupercile și microorganismele, care trăiesc pe teritoriile respective, iar componentele abiotice includ solul, apa, pietrele, nisipul, aerul și chiar lumina soarelui.

### Ecosistemele terestre sunt diverse și nu sunt similare între ele

Toate ecosistemele sunt împărțite în două grupuri – acvatice și terestre. Exemple de ecosisteme terestre tipice sunt ecosistemele de păduri tropicale, păduri din zona temperată, taigaua și tundra, precum și deșerturile și comunitățile ierboase.



**Fig. 50.1. Ecosistemele terestre**

**A.** Pădurea tropicală. **B.** Pădurea de foioase din zona temperată. **C.** Savana. **D.** Deșertul.

**Pădurile tropicale** (fig. 50.1, A) sunt situate, în principal, în latitudinile ecuatoriale și se caracterizează printr-o temperatură medie și umiditate ridicată. Din cauza condițiilor climaterice favorabile flora și fauna pădurilor tropicale sunt extrem de diverse: aici trăiesc mai mult de o jumătate din toate speciile de viețuitoare de pe planeta noastră. Ecosistemele pădurilor tropicale se caracterizează printr-o densitate mare de specii. Pădurile tropicale au o însemnătate ecologică foarte mare pentru biosferă, dar suprafața lor scade rapid din cauza exploatării rapace a pădurilor.

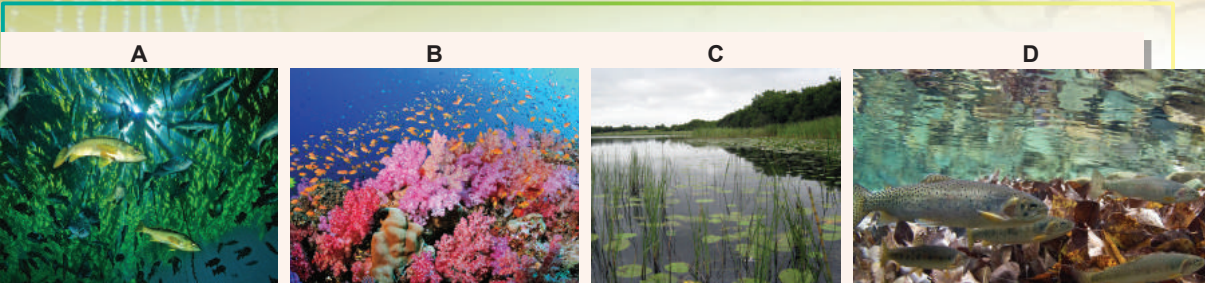
**Pădurile zonelor temperate** reprezintă una din cele mai tipice tipuri de ecosisteme din Ucraina. Baza vegetației lor o constituie arborii de conifere și foioase (fig. 50.1, B). În pădurile din zona temperată de obicei bine se manifestă așa-numita etajare: împreună cu arborii maturi mari aici sunt arbori tineri, etajul de arbuști (tufiș) și etajul de ierburi. Lumea animală și vegetală a pădurilor zonei temperate nu sunt la fel de diverse, ca în pădurile tropicale, dar mai bogate decât în taiga. Exploatarea ilegală a pădurilor fără recuperarea lor ulterioară duce la eroziunea solului și distrugerea stratului lui fertil, la dezechilibrarea regimului acvatic și, astfel, la secete și inundații. Tăierea pădurilor în zonele montane, cum ar fi Carpații, mărește riscul apariției torenților de noroi.

**Comunitățile ierboase.** Împreună cu pădurile zonei temperate pentru Ucraina sunt caracteristice comunitățile ierboase (fig. 50.1, C). Acestea sunt ecosisteme, în care componentul vegetal este ierboșat, în principal, de graminee și de alte plante erbacee. În Ucraina comunități tipice ierboase sunt pășunile și stepele. Comunitățile ierboase sunt un loc de viețuire al unui număr mare de mamifere, păsări, reptile, insecte și alte animale. Comunitățile naturale ierboase au o valoare economică importantă, deoarece reprezintă o sursă de hrană pentru animalele erbivore domestice.

În **deșerturi** vegetația este rarefiată și o parte a anului se află în stare inactivă, dar totuși este prezentă (fig. 50.1, D). Adesea aceasta prezintă arbuști și semiarbuștii desfrunziți (saxaulul, salcâmul, pelinul), uneori ierburi și suculenți<sup>1</sup> (cactușii, aloe). Lumea animală a deșerturilor este foarte specifică și adaptată la viața în condiții de insuficiență de apă, variații extreme de temperaturi și radiație solară puternică. Din mamifere aici sunt, în special, rozătoare și copitate, iar din reptile – șerpi și șopârle, precum și diverse insecte și arahnide.

**Agrocenozele.** În afară de ecosistemele naturale, există diferite ecosisteme artificiale, create și îngrijite de om: câmpuri, straturi, ronde, livezi. Agrocenozele diferă de ecosistemele naturale după indici numeroși. Diversitatea speciilor în agrocenoză este

1 Suculente se numesc plantele, care în țesuturile sale acumulează o cantitate mare de apă.



**Fig. 50.2. Ecosistemele acvatice**

*A. Marea deschisă. B. Reciful de corali. C. Lacul D. Râul de munte.*

mult mai mică decât în ecosistemele naturale, toate speciile „străine” sunt considerate buruieni sau dăunători și sunt distruse. Prin urmare, agroceenozele sunt foarte instabile: fără intervenția omului ele nu-și pot menține stabilitatea și compoziția de specii. Menținerea agroceenozei necesită un aflus constant de substanțe nutritive și de energie din exterior: deoarece oamenii mereu elimină biomasa organismelor vii din ecosisteme, pierderea de substanțe trebuie să fie compensată, de exemplu, prin utilizarea îngrășămintelor. Agroceenozele în prezent ocupă aproximativ 10% din suprafața uscatului și asigură omenirea cu 90% de alimente, producând aproximativ 2,5 mld. de tone de produse agricole pe an.

### **Ecosistemele acvatice sunt nu mai puțin diverse decât cele terestre**

Apa acoperă 70% din suprafața planetei noastre, și ecosistemele acvatice sunt astfel de diverse ca și cele terestre. Ele pot fi împărțite în ecosisteme marine și dulcicole. La rândul său printre cele dulcicole se disting ecosisteme de apă curgătoare și de apă stătătoare.

**Ecosistemele marine.** Mările și oceanele ocupă cea mai mare parte a suprafeței Pământului și conține 97% din toată apa de pe planetă. Pentru comparație: sistemele dulcicole constituie doar 0,009% din toată apa, iar restul de apă se conține în ghețari într-o formă inutilizabilă pentru organismele vii.

Ecosistemele marine (*fig. 50.2, A*) prezintă o importanță deosebită pentru întreaga planetă ca principala sursă de oxigen. În astfel de ecosisteme, ca, de exemplu, pădurile tropicale, plantele produc o cantitate mare de oxigen și consumă mult dioxid de carbon. Dar în procesul de putrezire a resturilor de plante, are loc procesul invers: bacteriile de putrefacție și ciupercile consuma oxigen și elimină dioxid de carbon în atmosferă. Ca rezultat bilanțul total rămâne neschimbat. Spre deosebire de majoritatea ecosistemelor terestre, ecosistemele marine absorb mult mai puțin oxigen decât elimină. Acest lucru se datorează faptului că organismele marine moarte se lasă la fund, unde din cauza temperaturilor scăzute procesele de descompunere decurg foarte lent. Astfel, în organismele moarte, sub formă de substanțe organice se fixează o parte mare de dioxid de carbon, prevenind dezvoltarea efectului de seră și contribuind la producerea oxigenului liber de pe planeta noastră. **Recifele de corali** reprezintă unul din tipurile de ecosisteme marine (*fig. 50.2, B*). Recifele de corali după diversitatea de specii poate fi comparată cu pădurile tropicale. La fel ca ecosistemelor pădurilor tropicale pe uscat, ecosistemelor recifelor de corali le este caracteristică o productivitate înaltă. Aceasta este cauzat de faptul, că, în apropierea recifelelor de corali apa bine se încălzește, asigurând condiții favorabile pentru dezvoltarea organismelor, iar singure recifele formează adăposturi pentru multe animale marine.

**Apele stătătoare dulcicole.** Ecosistemele de apă stătătoare, cum ar fi iazurile și lacurile (fig. 50.2, C) pot varia semnificativ în dependență de adâncime, dimensiune, de prezența perioadelor de uscare sau înghețare totală.

Mare pericol pentru ecosistemele lacustre este poluarea lor cu compușii Fosforului și Nitrogenului, de exemplu, în urma scurgerii apelor cu îngrășăminte de pe câmpuri. Aceasta duce la creșterea concentrației de substanțe minerale din ecosistemul lacului, care se numește **eutrofizare**.

**Ecosistemele râurilor și pârâiașelor.** Principala caracteristică a acestor ecosisteme este prezența apei curgătoare, care asigură pătrunderea mai bună a oxigenului și astfel contribuie la o diversitate mai mare (fig. 50.2, D).

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Drept ecosistem NU poate fi considerat  
A orașul                      B acvariul de cameră                      C Pământul în general  
D mlaștina de pădure                      E iepurii unei păduri
- 2 La componentul biotic al ecosistemelor aparține  
A solul    B apa                      C aerul                      D relieful                      E răpitorul
- 3 Cea mai mare diversitate biologică este caracteristică pentru un așa tip de ecosistem ca  
A reciful de coral                      B mlaștina și lacul stătător                      C râurile și pârâiașele  
D pășunea                      E agrocenoza

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 4 Posibil că voi ați auzit expresia „Pădurile sunt plămâni planetei”. Cât de adevărată ea este?
- 5 Dați câte un exemplu de ecosistem terestru și ecosistem acvatic, caracterizați pe scurt componentele lor biotice și abiotice.
- 6 De ce recifele de corali sunt uneori numite figurativ păduri tropicale marine?
- 7 Comparați agrocenozele și biogeocenozele naturale după următorii indici: diversitatea speciilor, selecția naturală, stabilitatea, circuitul substanțelor etc.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 8 Unele animale din deșerturi niciodată nu beau apă. Ce adaptări le permit să supraviețuiască în astfel de condiții călduroase și uscate?
- 9 Pe lângă ecosistemele marine, există și așa-numitele ecosisteme litorale, situate în zona mareelor. Ce particularități posedă organismele, care trăiesc în astfel de condiții?

### Află singur și comunică altora

- 10 Dați exemple de situații, când încălcările echilibrului ecologic din cauza nimicirii animalelor de către om au dus la urmări negative.
- 11 Ecosistemele surselor geotermale fierbinți sunt foarte interesante. Ce organisme locuiesc în aceste ecosisteme și cum omul poate să folosească proprietățile lor în știință și industrie?



## § 51. Legăturile trofice

### Relațiile „răpitor – pradă” amintesc „cursa de arme“

În paragraful precedent, noi am început să ne familiarizăm cu bazele ecologiei – științei despre relațiile organismelor vii între ele și cu mediul înconjurător. Ființele vii pot interacționa între ele prin diferite moduri, dar cel mai tipic mod este mâncarea unuia de către altul: animalele erbivore mănâncă plante, carnivore mănâncă animalele erbivore sau alte animale răpitoare.

Să examinăm un sistem simplu, în care există o specie, care se hrănește cu altele. Supraviețuirea unui răpitor direct depinde de eficiența, cu care el își vânează victima. Totodată victima pentru a se salva și a-și păstra specia s-a trebuie să poată să nu fie mâncată. Acest „conflict de interese”, duce la un fel de „cursă de înarmare”: răpitorii îmbunătățesc metodele de vânatoare, iar victimele – modurile de protecție. Dacă una din specii va rămâne în urmă în această cursă, ea este amenințată cu dispariția.

Acest lucru este foarte similar cu situația descrisă de Lewis Carroll în „Alice în țara oglinzilor”: „– *La noi, – a explicat Alice, cu greu revenindu-și în fire, – atunci când gonești mult ca cel fript, de obicei nimerești în alt loc. – Ce țară lentă! – a spus Regina. – Iar la noi, după cum vezi, fugi ca cel fript, doar pentru a sta în loc*”. La fel ca Regina Neagră, cu scopul de a supraviețui, și răpitorii, și victimele trebuie să evolueze în mod constant, ca răspuns la adaptările evolutive ale adversarilor. Acest fenomen este uneori numit figurat **principiul Reginei Negre**, iar dezvoltarea paralelă interdependentă a speciilor, care sunt legate într-un singur ecosistem – **coevolucție**.

De fapt, acest principiu se aplică nu numai la animale răpitoare, dar, în general, la toate organismele, care se alimentează unul cu altul, inclusiv și la speciile de erbivore. Foarte expresiv această problemă a descris-o în povestea s-a „Micul prinț” de Antoine de Saint-Exupery: „*De milioane de ani, florile-și făuresc spinii. Cu toate acestea, oile, de milioane de ani, mănâncă florile. Și oare nu e lucru serios, când vrei să înțelegi de ce-și dau ele atâta osteneală să-și făurească niște spinii care nu le folosesc la nimic?*” Acum, pe baza cunoștințelor dobândite, noi putem răspunde Micului prinț că, conform principiului Reginei Negre, plantele și animalele erbivore (fitofage) în ecosistem coevolucionează – plantele elaborează o adaptare pentru protecție împotriva erbivorelor (de exemplu, spinii), iar fitofagii – modurile de ocolire a mecanismelor de apărare ale plantelor.

### Substanțele în ecosistem se transmit prin lanțurile trofice

Am clarificat, că în orice ecosistem există relații complexe efective: organismele unor specii folosesc organismele de alte specii ca sursă de hrană. Iepurii mănâncă iarbă, iar lupii mănâncă iepuri; omizile mănâncă frunze, pițigoii mănâncă omizi, iar ulii mănâncă pițigoii; bibanul se hrănește cu plancton, știuca mănâncă bibanul, iar omul mănâncă știuca. Astfel de succesiuni „cine pe cine mănâncă” în ecosisteme formează așa-numitele **lanțuri trofice**.

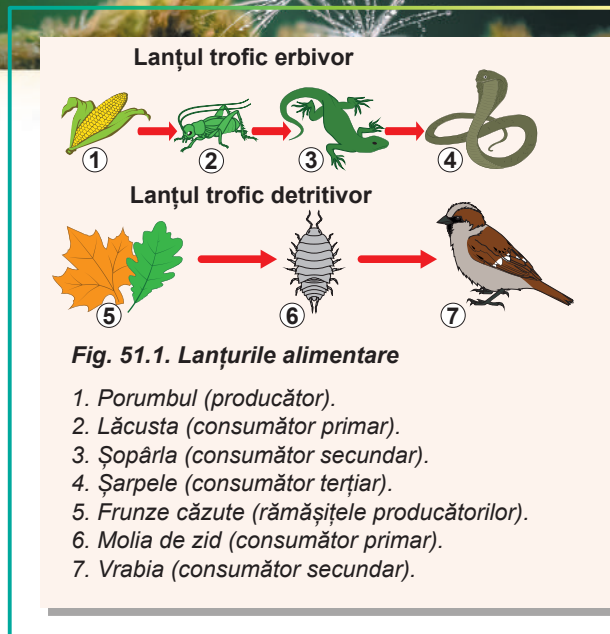
Fiecare participant al lanțului trofic ocupă al său **nivel trofic**. La începutul lanțului trofic se află organisme, care nu mănâncă pe nimeni. Ele, dimpotrivă, formează baza de nutriție pentru întregul ecosistem. Ele sunt organisme autotrofe, care, de obicei, sunt capabile la fotosinteză, adică plantele verzi și algele. Ele aparțin la nivelul trofic al **producătorilor**. Cu ele se hrănesc organismele erbivore, numite **consumători primari**.

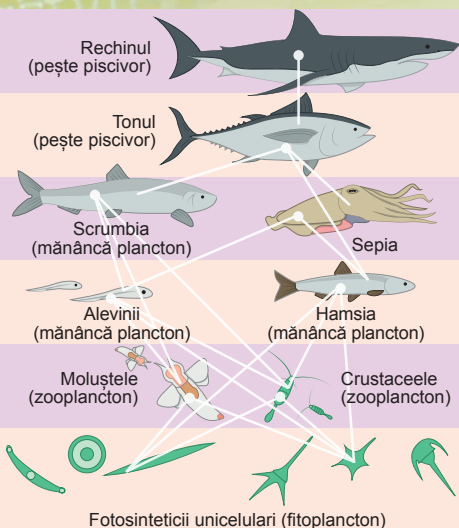
Cu consumătorii primari se hrănesc consumătorii secundari și așa mai departe, până la cei răpitori (consumători de cel mai înalt ordin), cu care nimeni nu se mai hrănește. Cu toate acestea, chiar și consumătorii de cele mai înalte ordine, după moarte pot servi ca hrană pentru așa-numiții **detritofagi** – organismele, care se hrănesc cu materialul organic, ce se descompune. Detritofagii, la rândul său, pot servi drept hrană pentru alte organisme, începând astfel un nou lanț trofic. Pentru a distinge lanțurile trofice, care încep cu organisme vii autotrofe de lanțurile trofice, care încep cu rămășițele organismelor, primele se numesc **lanțuri trofice erbivore**, iar celelalte – **detritivore** (fig. 51.1). Detritofagii nu trebuie confundați cu **reducătorii** – ciupercile saprotrofe și bacteriile, care descompun materia organică moartă până la compuși anorganici simpli, astfel eliminând-o din lanțurile trofice ale ecosistemului.

Încercați acum să alcătuiți câteva exemple de lanțuri trofice. O să vă convingeți, că chiar având o imaginație bogată este aproape imposibil de a alcătui un lanț alimentar, care are mai mult de 5 verigi. Aceasta nu este întâmplător, ci reprezintă una dintre cele mai importante legi ale mediului, care este științific dovedită din punct de vedere a legii de conservare a energiei. Faptul constă în aceea, că în timpul trecerii de la un nivel al lanțului trofic la altul întotdeauna se pierde o parte semnificativă de energie – aproximativ 90%. Aceasta, în primul rând, se datorează faptului, că cea mai mare parte din energia absorbită este consumată pentru necesitățile proprii ale consumatorului, precum și pentru căutarea, absorbția și digestia hranei, și, în cele din urmă, este degajată sub formă de căldură. În al doilea rând, astfel de pierderi se datorează faptului, că transformarea energiei în procesele biochimice nu are eficiența de 100%. În al treilea rând, nu toate organismele unui anumit nivel trofic sunt mâncate: unele mor de moarte naturală, se descompun în compuși anorganici simpli, care sunt eliminate din lanțul trofic. De la producătorii primari de biomasă ai ecosistemului – plantele verzi – la erbivore ajunge doar 10% de energie; la nivelul următor – la răpitori – 10% din 10%, ceea ce constituie doar 1% din cantitatea inițială de energie. Prin urmare, acest lanț nu poate fi extins la infinit: mai devreme sau mai târziu în ecosistem pur și simplu va rămâne o cantitate insuficientă de energie pentru a forma următorul nivel trofic.

## Rețelele trofice apar atunci, când lanțurile trofice se intersectează

În natură aproape niciodată nu există cazuri, când un organism intră în componența a numai unui lanț trofic: fiecare ființă vie este legată prin relații alimentare cu multe alte specii. Iepurii sunt mâncați nu numai de lupi, ci și de vulpi și șoimi; pițigoii mănâncă nu numai insecte, ci și semințe și fructe de plante. Ca urmare totalitatea lanțurilor trofice





**Fig. 51.2. Rețea trofică marină**

formează o structură complexă de relații – **rețea trofică (de nutriție)**. O rețea trofică marină simplificată este prezentată în figura 51.2.

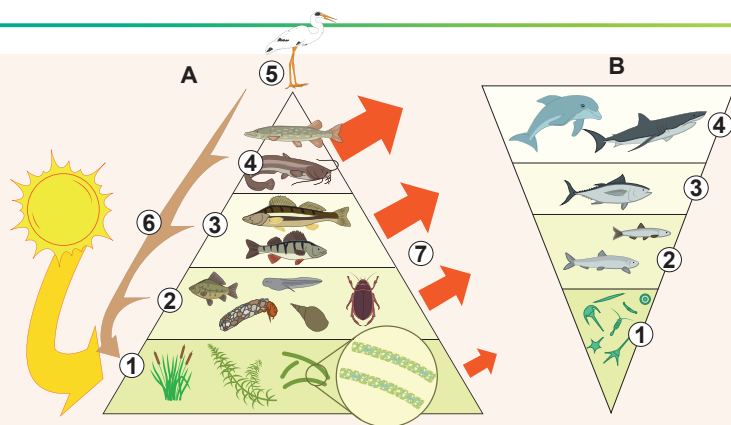
Chiar și în cele mai simple ecosisteme, lanțurile trofice pot fi foarte complicate și încurcate. Toate organismele au diferite preferințe alimentare, în afară de aceasta, multe organisme pot aparține simultan la mai multe niveluri trofice. Aceasta, de exemplu, se referă la organismele omnivore, în special la urs sau om. Mai mult decât atât, organismele pot aparține simultan și la lanțurile trofice erbivore, și la cele detritivore, încă mai mult complicând ansamblul total.

### **Piramidele ecologice demonstrează relațiile cantitative între nivelurile trofice**

Relațiile dintre caracteristicile cantitative ale nivelurilor trofice în ecosisteme este comod de le prezentat grafic, în formă de piramide,

așa cum este prezentat în figura 51.3 A. Baza piramidei ecologice o formează producătorii, deasupra lor se află consumătorii primari, încă mai sus – cei secundari și așa mai departe. Dimensiunea treptei piramidei corespunde valorii indicelui, care îl interesează pe ecolog, de exemplu, numărul de indivizi sau biomasa lor comună.

Să ne reamintim, că în rezultatul transmiterii de la un nivel trofic la altul, o parte semnificativă de energie este pierdută și emisă sub formă de căldură. Se consideră, că la următorul nivel trofic se transmite aproximativ 10% de energie, cu toate că această cifră este destul de aproximativă. Aceasta înseamnă, că dacă de prezentat în formă de piramidă energia totală a fiecărui nivel trofic, atunci fiecare următoarea treaptă va avea o suprafață aproximativ de 10 ori mai mică, decât cea anterioară. De identificat exact energia potențială a tuturor organismelor vii în realitate este imposibil, în schimb poate fi calculat numărul de organisme sau să se aprecieze masa lor totală. Piramidele ecologice, care reprezintă aceste valori, sunt numite **piramida numerică** și **piramida biomasei**.



**Fig. 51.3. Piramidele trofice**

**A. Piramida trofică a iazului.**

**B. Piramida biomasei răsturnată.**

1. Producătorii.
2. Consumătorii primari.
3. Consumătorii secundari.
4. Consumătorii terțiari.
5. Consumătorii cuaternari.
6. Reducătorii.
7. Consumul de energie.

Піраміди чисельні та піраміди біомаси, внаслідок відносної простоти їхньої будови, не завжди зручні для демонстрації реальної ситуації в екосистемі. У першому рядку, кількість організмів на різних рівнях трофічних ланцюгів може змінюватися в значній мірі: спробуйте самі представити чисельну піраміду для екосистеми, в якій китовий баленівник харчується зоопланктоном мікроскопічного розміру! Завжди чисельна піраміда буває перевернута, наприклад, у випадку ланцюгів живлення, що включають паразитів, або коли листя великих рослин слугує їжею для малих травоядних комах. Піраміда біомаси є перевернутою, але в деяких випадках вона може бути прямокутною. Це пов'язано з тим, що в деяких екосистемах, наприклад, у водних екосистемах, де організми великого розміру живуть довго, їм потрібна велика кількість мікропланктону, який швидко розмножується (рис. 51.3, Б). У кожному моменті окремо біомаса планктону в екосистемі може бути меншою, ніж біомаса вищих рівнів трофічних ланцюгів, але висока продуктивність мікропланктону забезпечує стабільність системи.

**Піраміда енергетична**, якщо дійсно врахувати всі компоненти екосистеми, завжди має пірамідалу форму, оскільки енергія на кожному наступному рівні не може з'явитися з нічого, а лише передається з нижчого рівня, причому втрачається у вигляді тепла.

## Сă cugetăm

### Гăsiți un singur răspuns corect

1

În majoritatea lanțurilor trofice omul ocupă locul

- A** producătorului      **B** reducătorului      **C** detritofagului  
**D** de consumator superior      **E** detritului

2

Exemplu de adaptare, care a apărut în urma coevoluției, poate servi

- A** aceeași formă a corpului la delfini și pești  
**B** aceeași adaptări pentru zbor la lilieci și păsări  
**C** capacitatea unor specii de fluturi de a-și crea propriile semnale ultrasonore pentru a confunda lilieci  
**D** gâtul lung la girafă  
**E** blana lungă și coada stufoasă la vulpea polară

3

Піраміда біомаси може бути перевернута, якщо

- A** на великого хижака живуть маленькі паразити  
**B** на велику рослину харчується велика кількість комах  
**C** великі довгоживучі організми харчуються з великою кількістю організмів, які швидко розмножуються  
**D** в екосистемі є детритофаги  
**E** вона представляє ланцюг живлення типу травоядних

4

Сă presupunem, că într-un ecosistem forestier biomasa totală a producătorilor constituie 1000 de tone. Conform regulii piramidei ecologice biomasa totală a consumatorilor secundari în acest ecosistem constituie aproximativ

- A** 100 000 de tone, deoarece consumatorii secundari sunt întotdeauna mai mulți decât producători  
**B** 1000 tone, deoarece biomasa tuturor nivelurilor trofice din ecosistem este aproximativ egală  
**C** 10 tone, deoarece consumatorii secundari sunt aproximativ de 100 de ori mai puțini decât producători  
**D** 100 kg, deoarece, de obicei, la fiecare nivel trofic ulterior se transmite 1% din energie  
**E** 810 tone, deoarece la fiecare următor nivel trofic se transmite, de obicei, 90% din energie



- 5 Lanțurile trofice, care încep cu resturi organice moarte, se numesc
- |            |               |
|------------|---------------|
| A erbivore | B detritivore |
| C trofice  | D răsturnate  |
| E organice |               |

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 Dați exemple de câteva lanțuri trofice ale unui ecosistem terestru și unui ecosistem marin.
- 7 De ce într-un lanț trofic tipic nu pot fi 6 sau 7 verigi?
- 8 Descrieți două exemple de ecosisteme, care vor avea piramide numerice răsturnate.
- 9 În povestea satirică a lui Fazil Iskander „Iepurii și boa” este descris un sistem de relații trofice, unde boa mânca iepuri, preventiv hipnotizându-i. Într-un moment iepurii găsesc o metodă de a scăpa de hipnoză, astfel boa își pierde capacitatea de a vâna. Propuneți două scenarii diferite ale dezvoltării ulterioare într-un astfel de ecosistem.
- 10 Care este diferența fundamentală în tipul de nutriție dintre producători, consumatori și reducători? La care nivel trofic ar trebui să fie atribuiți detritofagii, luând în considerație tipul lor de nutriție?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Piramidele energetice au un șir de avantaje față de piramidele numerice și piramidele biomasei, dar alcătuirea lor este legată de unele eforturi suplimentare. Care date suplimentare sunt necesare pentru a construi piramidele energetice?
- 12 Cum a fost constatat, că între nivelurile lanțului trofic se transmite doar 10% de energie? Se poate oare acest lucru să fie verificat experimental?

### Află singur și comunică altora

- 13 Care sunt utilizările practice ale piramidelor ecologice? Care sunt problemele și dificultățile legate de construirea și aplicarea lor?
- 14 De ce principiul Reginei Negre în lupta dintre gazdă și parazit este mai bine realizat la organismele unisexuate decât la cele, care se reproduc asexuat sau sunt hermafrodite?



#### Konstantin Nadein

A absolvit școala de cultură generală № 26 din Harkiv în 1998. Este câștigătorul olimpiadelor de nivel național la Biologie. A studiat la Universitatea Națională Harkiv V. N. Karazin. A susținut teza pentru obținerea titlului științific de candidat în științe biologice la Institutul Zoologic din Sankt Petersburg. Acum este colaborator științific al departamentului de taxonomie și biogeografie a Institutului German de Entomologie din Munhenberg.

## Anexa XI

### Cum plantele rezistă la acțiunea animalelor erbivore?

În urmă cu aproximativ 450 de milioane de ani, atunci când primele plante terestre au ieșit pe uscat, a început una dintre cele mai interesante și fascinante istorii din viața biosferei planetei Pământ. Este vorba despre relațiile dintre plante și animale, care cu timpul au devenit tot mai intense, mai clare și mai delicate. Ea continuă și astăzi, iar noi la fiecare pas vedem manifestarea ei.

Probabil că, din momentul apariției sale, plantele au început să servească drept hrană pentru animale.

Desigur, plantele nu-și puteau permite să fie pur și simplu mâncate și încercau în orice fel să împiedice acest lucru. Pe parcursul evoluției ele au inventat o mulțime de moduri diferite de a rezista împotriva animalelor erbivore, care mai sunt numite fitofage.

Multe dintre aceste metode sunt bine cunoscute. La ele aparține protecția mecanică externă, care în sensul direct al cuvântului nu-i dă animalului să mănânce planta. Ea se manifestă prin prezența diferitor spini și ace pe tulpină și frunze, ca la cactuși, perișorii urticanți, ca la urzică, sămânța, acoperită cu un înveliș dur aproape ca piatră, ca la nuca de cocos. Iar un astfel de fenomen interesant, ca restrângerea frunzelor la mimoza bine cunoscută pentru toți, permite plantei să reducă suprafața accesibilă pentru animale, sau chiar să arunce o insectă mică!

Multe plante, la prima vedere, nu au nici o metodă evidentă de a lupta cu animalele, de care sunt amenințate. Însă aceasta nu este chiar așa. De exemplu, pinul obișnuit este bine protejat de atacurile din exterior. Pentru încercarea de a-i vătăma tulpina pe orice insectă va fi revărsată rășină toxică și vâscoasă cu aproape fără nici o șansă de salvare. Iar în celulele multor plante sunt cristale mici și foarte ascuțite ale sărurilor de Calciu, care pot provoca senzații dureroase la animalele, care mănâncă planta, și chiar pot deteriora aparatul ei bucal, facilitând pătrunderea substanțelor toxice și a microorganismelor. Pereții celulari ai multor plante lemnoase sunt special îngroșați și conțin multă celuloză și lignină necomestibile, iar în celulele ferigilor și ecvizetaceelor, de asemenea, se conține oxid de siliciu, ceea ce complică foarte mult digestia lor. Chiar și o frunză simplă este adesea protejată destul de bine. Pe lângă spini și ace, suprafața frunzei poate fi acoperită cu diferiți perișori mici și cu un strat gros de ceară, în care funcționează mai greu maxilarele insectelor erbivore mici.

Plantele sunt capabile să producă un număr foarte mare de diferiți compuși chimici, care împiedică mănecarea acestor plante de către diferite animale. O astfel de protecție chimică funcționează destul de eficient și variabil. Unele substanțe oferă plantei sau unei părți a ei un gust neplăcut, altele – reduc valoarea nutritivă, iar există și astfel de substanțe, care sunt toxice și pot provoca moartea animalului sau complica dezvoltarea larvelor ei în interiorul plantei. Pe lângă aceasta, plantele s-au învățat să sperie la distanță animalele cu ajutorul substanțelor speciale – repelenților. Animalele percep aceste substanțe după un miros neplăcut și nu îndrăznesc să atace planta.

Probabil că modul cel mai extraordinar de protecție este de a combate animalele erbivore cu ajutorul altor animale. Atunci când planta este atacată de animalul ierbivor, de exemplu, de o insectă, ea produce substanțe volatile, care atrag răpitorii, care, la rândul său, atacă fitofagul. Astfel, plantelor, de asemenea, le este cunoscut principiul „dușmanul dușmanului meu este al meu prieten”. Cel mai des de aceasta se folosesc unele specii de acacii. Pentru a nu aștepta de fiecare dată prădătorii, ele au inventat o protecție proprie constantă sub formă de furnici. Aceste insecte trăiesc permanent pe plantă (în spații speciale) și pentru „adăpostul” oferit lor protejează planta. Unele au mers și mai departe: în afară de adăpost, încă și hrănesc străjerii săi, dobândind o protecție sigură.

Ciupercile și microorganismele, de asemenea, pot fi apărători buni, și multe plante se folosesc de ele. Celui, care a îndrăznit să încalce integritatea plantei, ea poate să-i facă o surpriză neplăcută în formă de substanțe toxice, care le produc ciupercile, sau boli, provocate de bacterii patogene.

Trebuie remarcat faptul, că apariția și dezvoltarea unor noi metode de împiedicare a mâncării plantei de către animale, de multe ori, se manifestă ca rezultat al așa-numitei evoluții comune – coevoluției. Planta și animalul de parcă împreună inventează metode de protecție și atac, ajungând la un anumit echilibru și compromis. Unele plante au trecut la o rezistență mai mică și le permit animalelor erbivore să le consume, dar numai unele părți ale sale, care se dezvoltă special cu acest scop și, astfel, distrag atenția de la alte părți vital mai importante. O tactică șireată a fost aleasă de multe plante ierboase de stepe, savană și fânețe. Fiind incapabile să reziste la mâncarea de către mamiferele erbivore, ele au ales o cale mai ușoară pentru a compensa pierderile: în saliva animalelor erbivore se găsesc substanțe, care stimulează creșterea plantelor erbacee. Se primește, că cu cât mai mult ele sunt mâncate, cu atât cresc mai mult! Posibil cel mai simplu evită mănecarea de către animale așa-numitele epifite – plante, care trăiesc pe alte plante. Ele populează coroanele înalte ale arborilor pădurilor tropicale, la care să ajungă pot numai unele. Similar procedează ghiociei, care apar primăvara: datorită unui astfel ciclu de dezvoltare ei evită întâlnirile cu multe animale erbivore.

## § 52. Circuitul substanțelor și a elementelor

### În ecosisteme există un flux de energie și un circuit de substanțe

În paragraful anterior am constatat, că în ecosisteme are loc un flux liniar de energie: energia solară este absorbită de către producători și apoi este transmisă de la un nivel trofic la altul, menținând existența ecosistemului, și în cele din urmă emisă sub formă de căldură.

Transformarea energiei în ecosisteme (ca și, în general, în Univers) se supune legilor termodinamicii. Prima lege a termodinamicii (legea conservării energiei) afirmă, că energia nu se produce din nimic și nu dispare fără urmă, ci poate numai să se transforme dintr-o formă în alta. Referitor la ecosisteme, acest lucru înseamnă că energia totală conținută la toate nivelurile trofice sub formă de legături chimice în organismele vii și moarte, cândva a fost energie captată de organismele autotrofe.

În conformitate cu cea de a doua lege a termodinamicii energia termică nu poate fi utilizată de către organismele vii pentru efectuarea lucrului, astfel în ecosisteme lipsește „circuitul” energiei. Spre deosebire de energie, elementele chimice în ecosisteme participă în circuite complexe, organismele vii le includ în compoziția s-a și le întorc înapoi în mediul înconjurător. Să examinăm circuitul a două celor mai importante elemente chimice – Carbonului și Nitrogenului.

### La circuitul carbonului participă toate organismele vii de pe planetă

Carbonul este baza tuturor compușilor organici și intră în compoziția tuturor organismelor vii, fără excepție, de aceea rolul acestui element pentru viață este greu de supraevaluat.

Carbonul în natură se află în diferite forme: în compoziția hidrocarburilor fosile (petrol, gaze naturale), compușilor anorganici simpli (dioxid de carbon, carbonați) și, desigur, în compușii organici complecși ai organismelor vii. În atmosferă Carbonul se conține, în special, în compoziția dioxidului de carbon și metanului, în litosferă – sub formă de cărbune, petrol, carbonați, grafit și alți compuși.

Circuitul Carbonului (fig. 52.1) în ecosisteme este asociat cu două procese principale – **fixarea dioxidului de carbon în procesul fotosintezei și întoarcerea lui în atmosferă în timpul respirației.**

Organismele autotrofe, ca, de exemplu, plantele și algele, sunt capabile să includă dioxidul de carbon anorganic în glucide și alte substanțe organice. Eliminarea dioxidului de carbon înapoi în atmosferă are loc în timpul respirației organismelor vii și descompunerii materiei organice moarte.

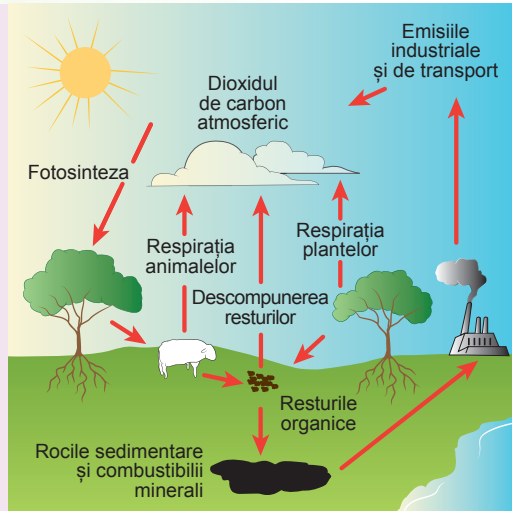


Fig. 52.1. Circuitul Carbonului în natură

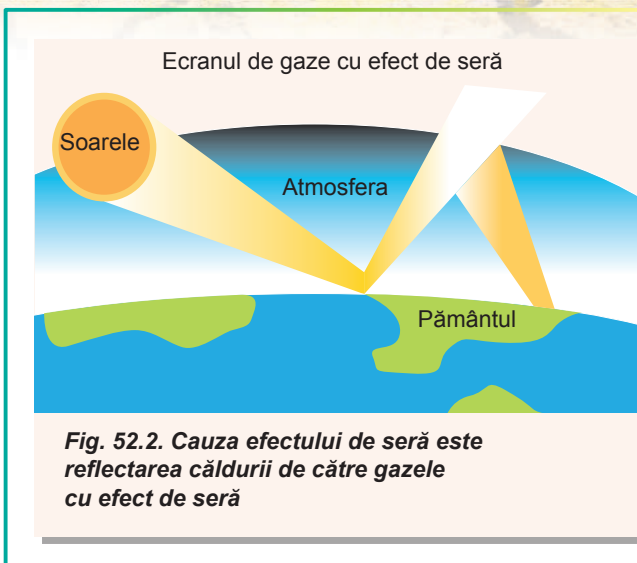
În majoritatea ecosistemelor stabile procesele de fixare a dioxidului de carbon și de respirație sunt echilibrate. Plantele absorb  $\text{CO}_2$ , totodată ele sunt consumate de animale sau mor și se descompun cu participarea reducătorilor, ceea ce este însoțit de emisia în atmosferă a aceleași cantități de  $\text{CO}_2$ . Excepție fac acele ecosisteme, în care biomasa într-un anumit mod este eliminată din circuit. În primul rând este vorba despre ecosistemele marine, în care organismele moarte se lasă la fund, unde procesele de putrefacție sunt foarte lente din cauza temperaturilor scăzute și presiunii mari. Dintre ecosistemele terestre aceasta este caracteristic, de exemplu, pentru mlaștini. Iar pădurile tropicale, cu toate că absorb zeci de gigatone de dioxid de carbon pe an, emit înapoi în atmosferă aceeași cantitate. Acest lucru nici într-un caz nu înseamnă, că pădurile sunt neprofitabile pentru planetă și tăierea lor nu aduce la nimic rău: în compoziția biomasei lor se conține o cantitate mare de Carbon, iar în rezultatul utilizării lemnului aceeași cantitate de Carbon se întoarce înapoi în circuit!

Circuitul Carbonului, în ultimul timp, atrage la sine o atenție deosebită. Faptul e că dioxidul de carbon și metanul, împreună cu unele alte gaze și vaporii de apă provoacă așa-numitul **efect de seră** (fig. 52.2), ceea ce duce la încălzirea globală și schimbările climatice. Pe parcursul a milioane de ani Carbonul organismelor a fost eliminat din ecosisteme în formă de minerale – cărbune, petrol și gaze. Arderea intensivă a acestor combustibili minerali și tăierea pădurilor în ultimii 150–200 de ani, a provocat încălcarea balanței Carbonului și creșterea concentrației de dioxid de carbon în atmosferă. Dioxidul de carbon servește pentru planetă ca un fel de izolator termic atmosferic, deoarece nu este permeabil pentru radiația termică reflectată de la suprafața Pământului. Acest lucru poate duce la o creștere a temperaturii medii, la schimbări climatice severe și la cataclisme.

### Circuitul Nitrogenului este imposibil fără bacterii

Nitrogenul este unul dintre cele mai importante elemente, care intră în compoziția organismelor vii. Aerul, prin care noi respirăm este alcătuit din 78% de azot, dar în el Nitrogenul se află într-o formă, care nu poate fi utilizată de către organismele vii (chiar și singură denumirea „azot” se traduce din limba greacă ca „lipsit de viață”). Acest lucru se datorează faptului că legătura dintre doi atomi de Nitrogen în moleculă de  $\text{N}_2$  este foarte puternică, și pentru a o rupe este necesară o cantitate semnificativă de energie.

În industrie pentru a rupe legăturile din această moleculă, de exemplu, pentru producerea amoniacului, sunt necesară o temperatură înaltă, presiune mare și prezența catalizatorului. În natură cu această sarcină se pot isprăvi doar anumite microorganisme din sol – **bacteriile fixatoare de azot**.



**Fig. 52.2. Cauza efectului de seră este reflectarea căldurii de către gazele cu efect de seră**

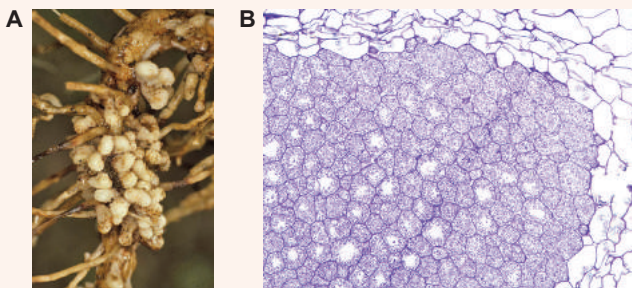


**Fig. 52.3. Nodozitățile cu bacterii fixatoare de azot pe rădăcini de soie**

**A.** Aspectul exterior.

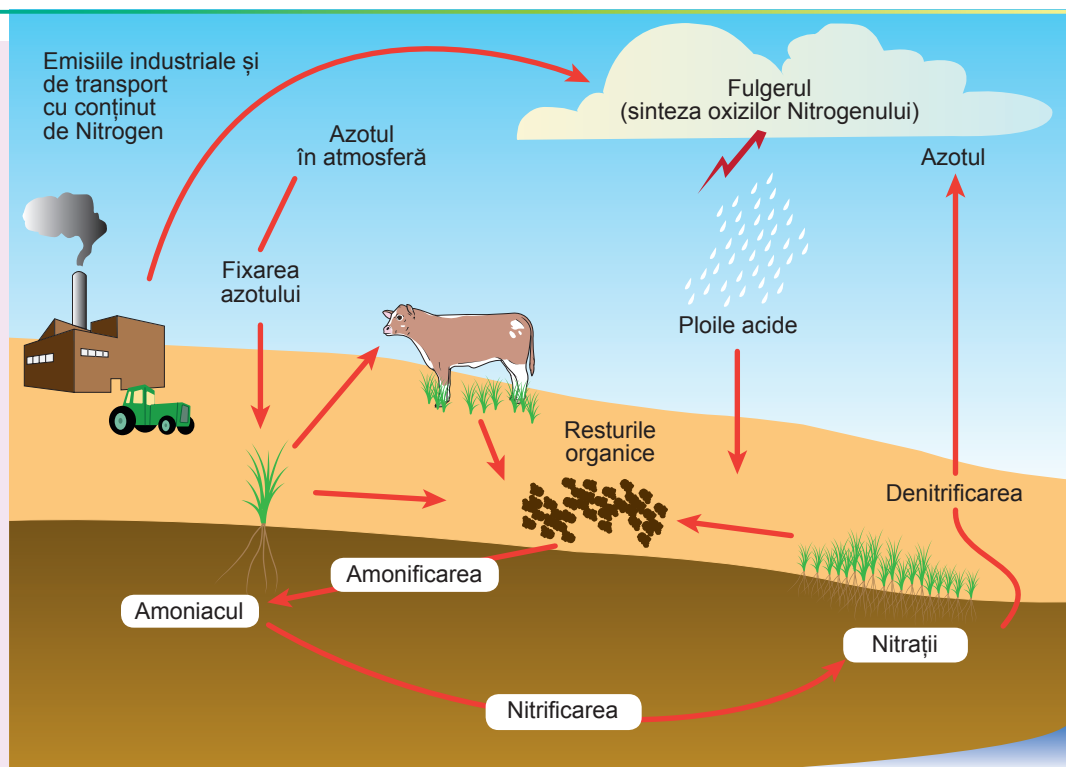
**B.** Secțiunea transversală prin nodozitatea rădăcinii.

Se văd celulele plantei, umplute cu bacterii-simbioți (violete).



Ele fixează azotul atmosferic și îl transformă într-o formă accesibilă pentru absorbție de către plantă. Multe bacterii fixatoare de azot trăiesc în simbioză cu plantele. Unele, de exemplu, formează nodozități pe rădăcinile reprezentanților familiei Fabaceelor (mazărea, fasolea și alte plante), dar există și fixatori de azot de sol liberi (fig. 52.3).

În general, majoritatea etapelor-cheie ale circuitului Nitrogenului (fig. 52.4) în natură într-un fel sau altul sunt legate de activitatea bacteriilor. Așa-numitele **bacterii**



**Fig. 52.4. Circuitul Nitrogenului în natură**

**нитрифікатори** трансформують амоніак, сформований бактеріями фіксаторами азоту, у нітриди та нітрати, які рослини можуть використовувати для синтезу органічних сполук азоту – амінокислот, нуклеотидів, хлорофілу та інших. Тварини отримують азот, споживаючи рослини або інших тварин.

Азот з організмів, які померли, або з продуктів їхньої життєвої діяльності повертається в навколишнє середовище. Органічні сполуки розкладаються в процесі **амоніфікації** на амоніак. Як ми вже знаємо, амоніак може бути спожитий **нитрифікацією** до нітратів та нітридів і в цій формі знову може бути використаний рослинами. Крім того, частина нітратів та нітридів може бути спожита **денітрифікацією** до азоту молекулярного та оксидів азоту газоподібного, які повертаються в атмосферу.

Таким чином, основні етапи азотного циклу можна представити наступним чином: фіксація азоту атмосферного азоту бактеріями фіксаторами азоту до амоніаку → нитрифікація амоніаку до нітратів та нітридів → абсорбція азоту рослинами та включення його до органічних сполук → розповсюдження азоту на різних рівнях трофічної ланки екосистеми → амоніфікація азоту з продуктів життєвої діяльності організмів та органічної речовини, що померла, як результату амоніфікації → нитрифікація до нітратів та нітридів → повернення азоту в трофічну ланку або денітрифікація до  $N_2O$  та  $N_2$ .

## Людина стала частиною азотного циклу

Кількість азоту, який фіксується мікроорганізмами в ґрунті, вже давно не може забезпечити потреби сільськогосподарської промисловості. У наш час введення азоту в ґрунт за допомогою добрив є необхідною умовою існування сільського господарства, а виробництво азотних добрив є інтенсивним процесом, який потребує великої кількості азоту атмосферного. Для порівняння: бактерії в ґрунті фіксують приблизно 100 т азоту на рік.

Інтересно, що на початку XX століття існували промислові методи фіксації азоту, але людина в той час не могла собі дозволити виробляти азотні добрива в великих кількостях. У той час, коли азотні добрива стали використовувати в сільському господарстві, виникли проблеми, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища. Одна з таких проблем – це **еутрофікація** – збільшення кількості органічної речовини в водних тілах. Це призводить до збільшення кількості азоту в воді та до збільшення кількості азоту в ґрунті. Це призводить до збільшення кількості азоту в воді та до збільшення кількості азоту в ґрунті. Це призводить до збільшення кількості азоту в воді та до збільшення кількості азоту в ґрунті.

Однією з проблем є забруднення повітря окислами азоту, які, наприклад, утворюються при згоранні палива в двигуні автомобіля. Ці окисли азоту вступають у реакцію з водою та утворюють азотні кислоти, які можуть пошкодити рослини та тварини. Крім того, азотні окисли можуть впливати на клімат. Азотні окисли можуть впливати на клімат. Азотні окисли можуть впливати на клімат.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Responsabili pentru efectul de seră sunt, în special, următoarele două gaze  
A hidrogenul și propanul    B metanul și dioxidul de carbon  
C oxigenul și azotul        D argonul și radonul    E azotul și dioxidul de carbon
- 2 La fixarea dioxidului de carbon atmosferic sunt capabile  
A animalele                    B bacteriile lactice  
C bacteriile fixatoare de azot    D cianobacteriile    E ciupercile de putrefacție
- 3 Absorb mai mult dioxid de carbon decât emit în atmosferă  
A pădurile tropicale și recifele de corali    B mlaștinile și ecosistemele marine  
C ecosistemele râurilor și pâraiașelor    D comunitățile ierboase    E deșerturile
- 4 Bacteriile nodozităților participă la procesul de fixare a  
A azotului    B dioxidului de carbon    C amoniacului    D hidrogenului    E metanului
- 5 Poluarea aerului cu compușii Nitrogenului este periculoasă prin  
A scăderea concentrației de azot în atmosferă  
B creșterea concentrației de azot în atmosferă  
C creșterea concentrației de amoniac în atmosferă  
D scăderea concentrației de oxigen în atmosferă  
E creșterea riscului de ploii acide

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6 De ce în ecosisteme există un flux și nu un circuit de energie? De ce pentru substanțe este și flux și circuit?
- 7 Descrieți circuitul de Carbon în natură. Care ființe sunt hotărâtoare în menținerea echilibrului acestui circuit?
- 8 Care măsuri pot fi cele mai eficiente în reducerea concentrației dioxidului de carbon în atmosferă?
- 9 De ce ecosistemele suferă de eutrofizare?
- 10 O metodă tradițională de îmbunătățire a fertilității solului este creșterea mazării și îngroparea masei verzi a ei în timpul aratului. Explicați mecanismul acestei metode de ridicare a fertilității.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Care este rolul metanului în apariția efectului de seră? Ce măsuri sunt luate pentru a reduce concentrația lui?
- 12 Care este riscul ploilor acide pentru existența ecosistemelor?

### Află singur și comunică altora

- 13 Nu toți oamenii de știință sunt de acord că încălzirea globală este asociată cu activitatea umană și reprezintă un pericol pentru biosferă. Prezintă argumentele ambelor părți în dezbateră despre rolul omului în intensificarea efectului de seră.
- 14 Pe parcursul istoriei Pământului concentrația dioxidului de carbon din atmosferă s-a schimbat considerabil. Explică, pe baza căror date a fost stabilit aceasta și de ce sunt legate aceste schimbări.

## § 53. Factori ecologici

### Factorii ecologici diferă după origine

Știți deja că orice organism din ecosistem se află în interacțiune constantă cu alte organisme și cu mediul înconjurător. Toate proprietățile mediului, care acționează asupra organismului, se numesc **factori ecologici**. Se disting factori biotici, abiotici și antropici. Factorii **biotici** reprezintă influența altor organisme vii, iar factorii **abiotici** – influența naturii nevie. Noțiunea de factori **antropici** (antropogeni) reprezintă orice influență, care este asociată cu activitatea omului.

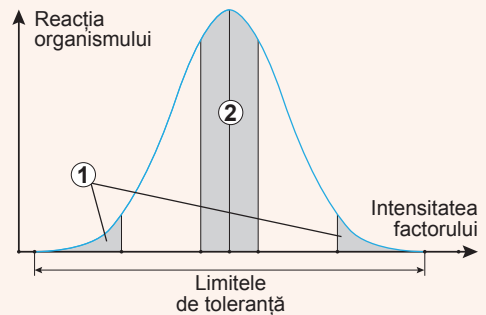
Exemple de factori abiotici sunt toți factorii naturii nevie: clima (temperatura, umiditatea, presiunea aerului, vântul), chimice (salinitatea și aciditatea apei, compoziția chimică a solului), fizice (lumina, zgomotul, radiațiile radioactive). Factorii biotici reprezintă toate formele de interacțiune cu alte organisme vii (relațiile trofice, concurența, influența agenților patogeni și paraziților). Factorii antropici (antropogeni) pot să se refere atât la influențele directe ale omului (vânarea animalelor, tăierea pădurilor, culegerea ciupercilor), cât și indirecte – prin modificarea condițiilor mediului (poluarea radioactivă și chimică, schimbările climaterice și ale condițiilor de viață).

Fiecare factor ecologic are anumite limite de intensitate, în care poate să existe organismul. Valoarea superioară a intensității, mai sus de care viața este imposibilă, se numește **maximul factorului**, iar mai jos, respectiv – **minimul**. Intervalul dintre valoarea maximă și cea minimă reprezintă **limitele de toleranță**, sau **limitele de rezistență** a speciei. Valoarea cea mai favorabilă a factorului ecologic reprezintă **optimumul** lui, iar zona valorilor cele mai apropiate de el este **zona optimă** (fig. 53.1).

### Factorii ecologici funcționează conform diferitor legități

La mijlocul secolului al XIX-lea savantul german Justus von Liebig s-a interesat de factorii, care acționează asupra creșterii plantelor. El a descoperit, că dacă solul aprovizionează insuficient plantele cu un anumit element, creșterea lor încetează, independent de prezența sau chiar surplusul altor substanțe. Liebig a formulat **legea minimumului** astfel: „Productivitatea plantelor este condiționată de substanțele minerale aflate în sol în cantitatea cea mai mică”. De exemplu, insuficiența Nitrogenului în sol nu poate fi compensată cu introducerea îngrășămintelor de Potasiu, iar insuficiența de Potasiu – cu excesul de Fosfor. Dacă plantelor nu le ajunge și Potasiu și Nitrogen, atunci limitativ va fi acel element, care lipsește mai mult. Legea lui Liebig poate fi extinsă și poate să includă temperatura, lumina, compoziția chimică a aerului, apei și solului – adică orice factori ecologici, care limitează creșterea și dezvoltarea organismelor vii. Astfel de factori sunt numiți **limitativi**

Legea lui Liebig este uneori prezentată figurativ sub forma unui butoi cu doage de



**Fig. 53.1. Schema acțiunii intensității diferite a factorului ecologic asupra activității vitale a organismului**

1. Zona de pessimum. 2. Zona optimă.



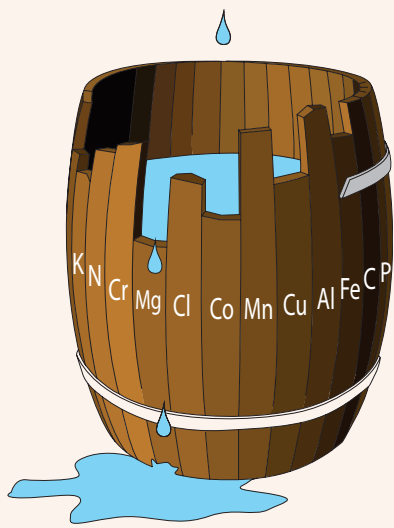


Fig. 53.2. Butoiul lui Liebig

diferite lungimi. Acest model așa și se numește – butoiul lui Liebig (fig. 53.2). Dacă turnăm în acest butoi apă, atunci nivelul ei va fi determinat numai de doaga, care se termină mai jos de altele. Această doagă și va fi factorul limitativ.

Să ne amintim că, pentru fiecare factor ecologic este o valoare minimă și o valoare maximă de intensitate, în care poate exista un organism. După mai mult de o jumătate de secol de la descoperirea lui Liebig, în anul 1913, ecologistul american **Victor Shelford** a extins legea minimului lui Liebig, menționând, că limitativ poate fi, de asemenea, un factor, care este în exces (la maxim). Acest model se numește **legea toleranței**. Excesul de apă poate limita în mod similar, dezvoltarea plantelor, cât și insuficiența ei, iar temperatura foarte ridicată este la fel de nocivă pentru organisme ca și cea prea scăzută. Asupra organismului acționează concomitent mulți factori, dar hotărâtor pentru existența lui este acel, care se abate mai mult de la valoarea optimă.

Legile lui Liebig și Shelford nu sunt legi irevocabile ale naturii și, în unele cazuri necesită clarificări. De exemplu, ele nu iau în considerație interacțiunea factorilor, adică

cele situații, când acțiunea unui factor extinde limitele de rezistență la alt factor: udarea mai intensă a plantelor poate ridica rezistența lor la temperaturi înalte, iar lipsa aminoacidului fenilalanină în alimente poate fi compensată de excesul aminoacidului tirozina. Pe de altă parte, dacă intensitatea unui factor este mică, acesta poate influența negativ asupra activității vitale a întregului organism și să sporească sensibilitatea la lipsa altor factori. De exemplu, înfometarea reduce imunitatea și ridică sensibilitatea la boli infecțioase. În afară de aceasta, legile lui Liebig și Shelford sunt utilizate numai la sisteme stabile, care se află în stare de echilibru: dacă sistemul este instabil și permanent se schimbă, atunci limitativi pot deveni pe rând diferiți factori.

## Conceptele de „nișă ecologică” și „habitat” diferă

Înainte de a trece la următoarele principii ecologice, trebuie să ne familiarizăm cu unul din cele mai importante concepte ale ecologiei – conceptul de nișă ecologică. **Nișă ecologică** este o totalitate a factorilor de existență a speciei, în limitele cărora ele pot să existe și să se reproducă nelimitat. Cu alte cuvinte, nișă ecologică este un loc convențional, pe care îl ocupă specia în ecosistem, inclusiv poziția ei în lanțurile trofice, cerințele față de factorii mediului, relațiile cu alte organisme și alți parametri. Grafic nișă ecologică poate fi definită ca o zonă a graficii multidimensionale, în care fie-

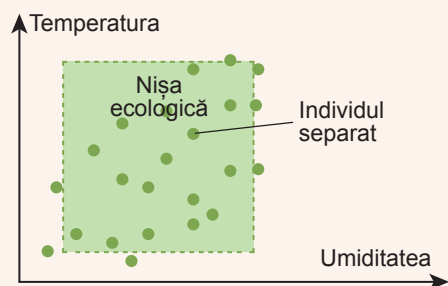


Fig. 53.3. Modelul bidimensional al nișei ecologice

## Justus von Liebig

*S-a născut în 1803 în orașul german Darmstadt. Și-a făcut studiile la universitățile din Bonn și Erlangen. A lucrat la universitățile din Hessen și München. A fost președinte al Academiei de Științe din Bavaria. Liebig este cunoscut în primul rând ca chimist, care a elaborat teoria radicalilor chimiei organice, a studiat multe substanțe organice și anorganice, procesele de cataliză etc. Biologii îl prețuiesc pe Liebig ca autor al teoriei nutriției minerale a plantelor și creator al agrobiotehnologiei. Cercetătorul a creat baza științifică pentru ameliorarea fertilității solului și a produs primele îngrășăminte în istoria omenirii. Savantul a murit în 1873 la München.*



care axă de coordonate – este intensitatea factorului ecologic, și pe fiecare din ele este posibilă existența speciei, adică reprezintă limitele de toleranță. Figura 53.3 ilustrează un model bidimensional al nișei ecologice, care este determinată de valorile optime ale temperaturii și umidității

Nișa ecologică nu trebuie confundată cu habitatul speciei. **Habitatul** reprezintă o totalitate a tuturor factorilor ecologici, care acționează pe un anumit teritoriu. După exprimarea figurativă a unuia dintre fondatorii ecologiei, a savantului american **Eugene Odum**, habitatul reprezintă un „domiciliu” al speciei, iar nișa ecologică este o „profesie”. Unul și același habitat poate servi drept habitat pentru multe specii diferite, dar în limitele unui ecosistem o nișă ecologică poate fi ocupată doar de o specie.

Pentru un exemplu să examinăm pe scurt nișa ecologică a omului. Omul este o ființă terestră, răspândită în toate zonele climaterice, în special la altitudini de la 0 până la 3500 de metri deasupra nivelului mării. El se caracterizează printr-o specializare biologică scăzută, este omnivor și are tendința de a crea și de a folosi pentru propriile scopuri ecosisteme artificiale. Datorită construirii unor depozite eficiente și a utilizării izolației termice artificiale (îmbrăcămintei) omul și-a extins în mod semnificativ limitele rezistenței sale. În natură omul practic nu are dușmani naturali, iar în majoritatea lanțurilor trofice el este consumător superior. Această descriere ar putea fi continuată, incluzând toți factorii ecologici posibili, care acționează asupra existenței omului.

## Principiul excluderii competitive face nișele ecologice unice

Imaginați-vă că există vreo specie, care se află tot acolo, unde e și omul, mănâncă aceeași hrană ca și el, construiește aceleași clădiri și utilizează aceleași unelte ca și omul. Cum vă gândiți, cât timp va dura o astfel de coexistență pașnică a acestei specii și a omului? Cel mai probabil, că una dintre ele va fi cu siguranță eliminată de cealaltă ca urmare a unei concurențe severe.

Dacă două specii coexistă în ecosistem, atunci nișele lor ecologice trebuie oarecum să difere. Două specii nu pot ocupa aceeași nișă ecologică timp îndelungat. Această regulă a fost formulată de către savantul sovietic Gheorgii Gause și se numește **principiul excluderii competitive, sau principiul lui Gause**. Pentru a evita concurența, speciile cu nișe ecologice similare deseori repartizează resursele, de exemplu, sunt active în diferite perioade ale zilei sau ocupă diferite etaje în ecosistemele forestiere. O astfel de repartizare se întâlnește la diferite specii forestiere de maimuțe urlătoare din America de Nord (fig. 53.4).

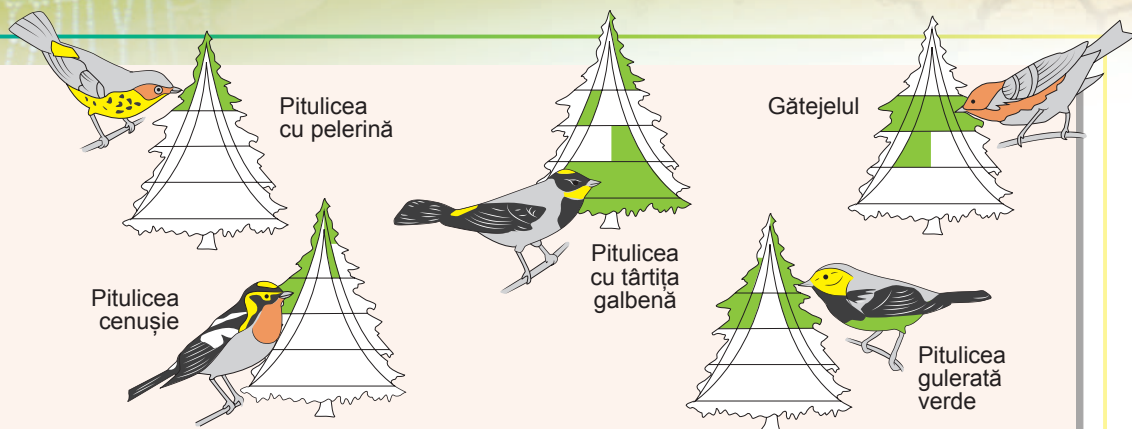


Fig. 53.4. Varietate de habitate ale pitulicilor americane

Deși hrana și condițiile de existență a diferitelor specii de pitulici americane sunt foarte asemănătoare, ele trăiesc și se hrănesc în pădure în diferite zone ale coroanelor de copaci pentru a evita concurența.

Principiul excluderii competitive este respectat cu strictețe în majoritatea ecosistemelor, dar, de asemenea, de la el, posibil, există unele excepții. Așa-numitul **paradox al planctonului** constă în faptul, că planctonul este format din organisme de mai multe specii cu o biologie foarte asemănătoare, care există pe același teritoriu, adică, posibil, ocupă o nișă ecologică. Până în prezent, acest fenomen nu este pe deplin rezolvat: unii savanți cred, că paradoxul planctonului reprezintă o excepție din principiul excluderii competitive, în timp ce alții cred că condițiile de existență a planctonului sunt foarte schimbătoare și formează condiții pentru dominarea alternantă a diferitelor specii.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 La factorii biotici aparține
  - A salinitatea apei
  - B zgomotul de pe autostradă
  - C lumina solară
  - D prezența răpitorilor în ecosistem
  - E poluarea radioactivă
- 2 Diferența esențială dintre legea toleranței a lui Shelford și legea minimumului a lui Liebig este aceea, că
  - A legea minimumului a lui Liebig extinde legea toleranței a lui Shelford, incluzând în sine factorii abiotici
  - B legea toleranței a lui Shelford extinde legea lui Liebig, incluzând în sine factorii biotici
  - C legea lui Shelford extinde legea minimumului lui Liebig, incluzând factorii, care sunt la maxim
  - D legea minimumului lui Liebig, spre deosebire de legea lui Shelford, se aplică numai pentru ecosisteme artificiale
  - E aceste două legi sunt echivalente și diferă doar prin formulare

- 3** Poate oare o specie să ocupe nișe ecologice diferite în diferite ecosisteme?  
**A** nu, fiindcă aceasta contravine principiului excluderii competitive a lui Gause  
**B** nu, fiindcă aceasta contravine legilor lui Liebig și Shelford  
**C** nu, fiindcă habitatul este unic pentru fiecare specie  
**D** nu, fiindcă factorii ecologici sunt aceiași în toate ecosistemele  
**E** da, fiindcă factorii ecologici, care funcționează în diferite ecosisteme pot varia considerabil
- 4** Conceptele de nișă ecologică și habitat se află în următoarea corelație:  
**A** conceptul de nișă ecologică este mai larg, el cuprinde habitatul speciei, legăturile lui trofice, modul de viață și alți factori  
**B** conceptul de habitat este mai larg, el include în sine nișă ecologică a speciei și o serie de alte caracteristici  
**C** conceptul de habitat se aplică numai la organisme separate, iar conceptul de nișă ecologică – la specii biologice  
**D** conceptul de nișă ecologică se referă doar la un anumit teritoriu, iar conceptul de habitat include în sine teritoriul și factorii ecologici, care acționează în acest teritoriu  
**E** conceptele de habitat și de nișă ecologică sunt echivalente
- 5** Intervalul dintre minimul și maximul admisibili ai factorului ecologic se numește  
**A** optimul factorului                      **B** rezistența factorului  
**C** limita factorului                        **D** limitele de toleranță                      **E** zona optimă

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Dați câte două exemple de factori biotici, abiotici și antropici ai mediului, care acționează asupra cartofului de straturi.
- 7** Descrieți nișă ecologică a lupului, acordând atenție habitatului lui, modului de viață și de nutriție.
- 8** Dați două exemple de acțiune a legii lui Liebig.
- 9** Care sunt limitele regulilor lui Liebig și Shelford?
- 10** Păsările și liliecii sunt capabili să zboare și să mănânce insecte, dar totodată pot coexista pe același teritoriu, fără a se elimina reciproc. Este oare acest fapt contrar principiului excluderii competitive a lui Gause?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce un factor ecologic nu poate compensa complet lipsa altui factor?
- 12** Oare pentru toți factorii ecologici este posibilă construirea unei curbe cu o zonă optimă? Care factori pot acționa într-un alt mod?

### Află singur și comunică altora

- 13** În afară de legitățile ecologice, discutate în acest paragraf, există multe altele. Formulează-le și explică-le.
- 14** Cercetează activitatea științifică a unuia dintre ecologiștii menționați: Eugene Odum, Gheorghii Gause, Justus Liebig sau Victor Shelford. Datorită căror cercetări ei au determinat legile ecologice propuse?



## § 54. Stabilitatea ecosistemelor

### Stabilitatea este o proprietate inseparabilă a ecosistemelor

Ecosistemele reprezintă structuri complexe, care funcționează ca o unitate, în care între toate componentele există anumite relații. Pe de o parte acestea le oferă o stabilitate a ecosistemelor și capacitatea lor de auto-reglare, iar pe de altă parte – le face foarte sensibile la modificările în oricare din componente. Eliminarea unei verigi a rețelei trofice va acționa, în mod inevitabil, asupra tuturor celorlalți participanți ai ei; dispariția unei specii duce la un dezechilibru al întregului sistem.

**Stabilitatea ecosistemelor** reprezintă capacitatea lor de a rezista la influențele externe. Stabilitatea poate fi prezentată în două moduri: drept capacitate de a rezista la schimbări sau capacitate de a recupera rapid aceste schimbări. Primul tip de stabilitate se numește **stabilitate rezistentă**, iar al doilea tip – **flexibilă**. De exemplu, pădurile de foioase, în medie, au o stabilitate rezistentă mai mare la flacără decât stepea: incendiul în stepe uscată apare de la un scântei și se răspândește mult mai repede decât în pădurile umede de foioase. Cu toate acestea stepele au stabilitate flexibilă mai mare la aceiași factori: recuperarea comunităților de ecosistemele de stepă după incendiu decurge timp de câteva sezoane, în timp ce restabilirea completă a ecosistemelor forestiere poate dura zeci de ani (fig. 54.1).

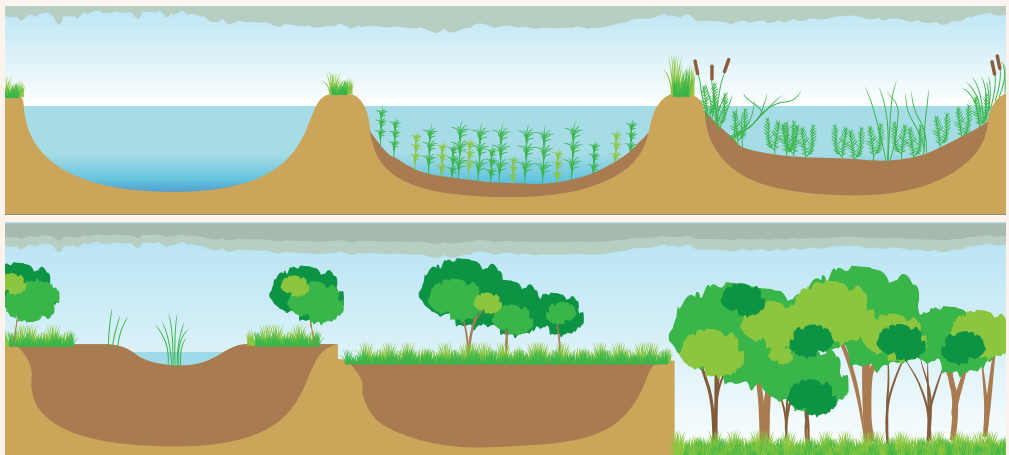
### Ecosistemele se modifică datorită succesiunilor

Uneori în loc de noțiunea „stabilitatea ecosistemelor”, se folosește cuvântul „rezistentă”. Deși unii savanți consideră că acești termeni diferă, diferența dintre ei pentru noi nu este principială. Cu toate acestea, este important ca acest cuvânt „stabilitate” să nu fie înșelător: în orice caz, nu este vorba despre constantă și permanență! Modificările în ecosisteme reprezintă un proces natural, care nu numai că sunt asociate cu influențe din exterior. Unele comunități de organisme vii se schimbă în altele, creând, la rândul său, condiții pentru unele schimbări ulterioare. De exemplu, adâncimea lacului



**Fig. 54.1. Stabilitatea flexibilă redusă a pădurii de pin**

*La doi ani după incendiu s-a restabilit numai vegetația erbacee.*



**Fig. 54.2. Transformarea treptată a lacului într-o mlaștină, a mlaștinii într-o fâneată, iar fâneții în pădure**

de pădure în urma depunerii de resturi organice devine mai mică și el se transformă în mlaștină. Apoi în ecosistemul de mlaștină resturile de mușchi și de alte plante moarte treptat formează un strat de sol, pe care pot crește ierburi – și mlaștina se transformă treptat într-o fâneată. Fâneata odată cu formarea unui strat puternic de sol, crește cu arbuști, iar mai târziu și cu arbori. În cele din urmă, pe locul fostului lac se formează un ecosistem forestier (fig. 54.2). Un alt exemplu: tăietura în locul pădurii de pin, în primul an după dispariția arborilor este crescută de ierburi și cu ciulini anuali, apoi cu arbuști și cu arbori cu creștere rapidă de foioase, care cu timpul sunt treptat înlocuite de conifere.

O astfel de schimbare consecventă a comunităților pe un anumit teritoriu se numește **succesiune**. Fiecare grupare de organisme vii, care există într-un anumit moment, formează condiții pentru existența a următoarelor comunități. Succesiunea se termină cu formarea unui ecosistem stabil, în care lipsesc condiții interne pentru modificări ulterioare (în exemplele discutate, acest ecosistem este pădurea). Un astfel de ecosistem stabil matur se află la stadiul de **climax**. Ecosistemul la stadiul de climax poate exista, teoretic, un termen nelimitat, dacă nu se vor întâmpla schimbări extreme ale condițiilor sau cataclisme naturale, care vor distruge acest sistem și vor duce la începutul unei noi succesiuni.

Se disting succesiuni primare și secundare. Succesiunea poate să se înceapă pe teritoriile, unde anterior nu au locuit alte organisme vii (rocile, scurgerile de lavă, pantele după avalanșe, nisipurile mișcătoare); o astfel de succesiune se numește **primară**. Factorul cheie al succesiunii primare este, de obicei, formarea solului, fără de care este imposibilă apariția unor comunități complexe de organisme vii. Primele populează substraturile lipsite de viață lichenii, care distrug roca și o îmbogățesc cu Nitrogen, creând condiții pentru apariția mușchilor și celor mai puțin pretențioase plante erbacee. Apoi, în dependență de factorii locali, pot apărea arbuști, arbori sau comunități vegetale mai complexe, care sunt populate de specii corespunzătoare de animale (fig. 54.3).

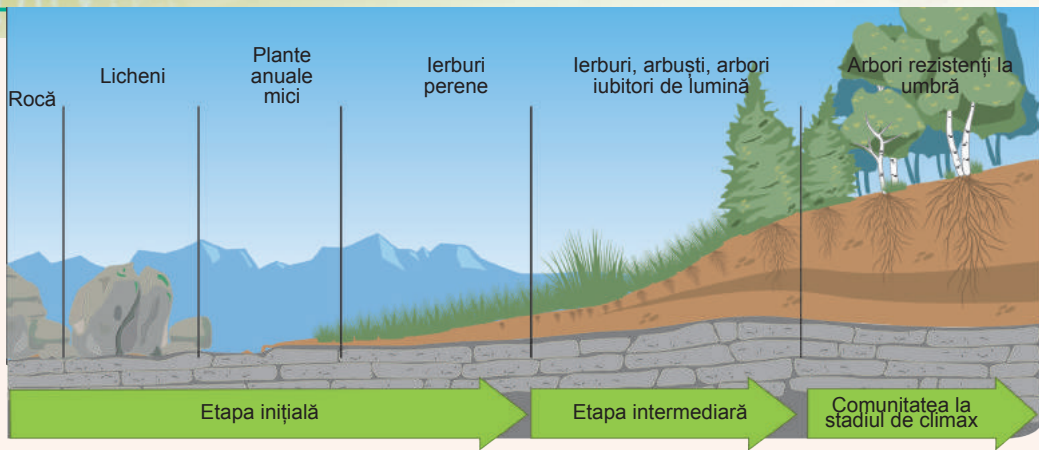


Fig. 54.3. Succesiunea primară

**Succesiunea secundară** apare, de exemplu, după un incendiu sau altă catastrofă, care a distrus ecosistemul, ce a existat pe acest teritoriu anterior. Succesiunea secundară se desfășoară mai rapid, deoarece nu necesită timp pentru formarea solului. Totodată organismele sau formele lor protejate (sporii, semințele), care au supraviețuit după catastrofă, devin imediat bază pentru inițierea succesiunii. Totuși, restabilirea completă a ecosistemului matur la stadiul de climax poate dura 100-300 de ani.

### Diversitatea de specii este o condiție de stabilitate a ecosistemelor

Cum credeți, care stat va fi mai rezistent la tulburări externe și interne – republica „bananieră”, a cărei economie se bazează pe o singură sursă de venit, sau o țară cu multe ramuri avansate ale industriei? Răspunsul este evident: cu cât în țară activitatea economică este mai diversificată, cu atât va fi mai mic impactul factorilor externi asupra bunăstării ei. Același principiu acționează, de asemenea, asupra ecosistemelor: cu cât mai complex este ecosistemul, adică cu cât mai diferite sunt organismele și relațiile dintre ele în acest ecosistem, cu atât el este mai stabil. Dispariția unei specii sau orice altă deviație de la echilibru într-un astfel de sistem poate fi compensată rapid datorită altor participanți ai lui. Comunitățile sărace în specii (de exemplu, agroceenozele, adică ecosistemele agricole create de om) sunt extrem de instabile. De aceea agroceenozele necesită o intervenție constantă a omului pentru menținerea lor. Toți știți, ce se întâmplă peste un timp cu grădina sau livada părăsită: agroceenoza instabilă și săracă în specii se transformă rapid într-un ecosistem bogat în buruieni, mai stabil și mai bogat în specii, dar mai puțin eficient din punct de vedere al omului.

Acest exemplu arată importanța uneia dintre caracteristicile cheie ale oricărui ecosistem și întregii biosfere în general – **diversității biologice** sau prescurtat **biodiversității**.

Conform definiției, propuse la conferința ONU în 1992, diversitatea biologică este variabilitatea organismelor vii din toate punctele de vedere. De obicei, atunci când vorbim despre biodiversitate, se are în vedere, în primul rând, diversitatea speciilor, ceea ce nu este atât de corect. Termenul „biodiversitate” se referă atât la diversitatea de organisme, cât și la diversitatea speciilor și chiar la diversitatea ecosistemelor.

Diversitatea speciilor din ecosistem este caracterizată nu numai prin numărul de specii, care o populează (deși aceasta este, bineînțeles, o caracteristică-cheie), ci și prin uniformitatea distribuției lor. Imaginați-vă două ecosisteme, fiecare dintre ele având 100 de animale, care aparțin la 10 specii. Într-un ecosistem, numărul de animale din toate speciile este aproximativ același, adică fiecare specie este reprezentată în medie de zece indivizi. În al doilea ecosistem – 90 din 100 de indivizi aparțin unei singure specii, iar alte specii au doar câte un singur reprezentant. Cum credeți, în care ecosisteme biodiversitatea este mai mare? Desigur, în primul, deoarece cu toate celelalte condiții identice, numărul relativ de animale din fiecare specie în el este mai mare.

Pentru evaluarea cantitativă a biodiversității au fost propuși diferiți indici, dar toți se bazează pe două caracteristici principale – numărul de specii din ecosistem și egalitatea distribuirii lor.

Menținerea biodiversității este una dintre principalele sarcini ale conservării naturii actuale, care este definită în Convenția ONU privind diversitatea (fig. 54.4). Această convenție a fost adoptată în 1992. A fost semnată de majoritatea țărilor lumii, inclusiv de Ucraina. ONU a stabilit, de asemenea, Ziua Internațională pentru diversitatea biologică, care este remarcată pe 22 mai în fiecare an. Despre influența omului asupra biodiversității și măsurile de menținere a acesteia se va discuta în următoarele paragrafe.



Convention on  
Biological Diversity

Fig. 54.4. Emblema Convenției  
ONU despre biodiversitate

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Care ecosistem (cu alte condiții identice) este mai stabil fără intervenția omului – fâneața sau câmpul de grâu?
- A fără intervenția omului ecosistemul fâneței este mai stabil, deoarece el are o biodiversitate mai mare
  - B ecosistemul de câmp este mai stabil, deoarece are o biodiversitate mai redusă
  - C fâneața este mai rezistentă la factorii nefavorabili abiotici, iar câmpul – la cei biotici
  - D fâneața are o stabilitate rezistentă mai mare, iar câmpul – o stabilitate flexibilă
  - E ambele ecosisteme sunt la fel de stabile, dacă omul nu intervine în existența lor
- 2 Succesiunea este
- A stabilitatea comunității biologice la influența factorilor nefavorabili abiotici și biotici
  - B capacitatea ecosistemului de a reveni la starea inițială după schimbările, care au avut loc în el
  - C capacitatea organismelor de a trece cu timpul la un nivel trofic mai înalt al piramidei ecologice
  - D modificările sezoniere ale numărului de organisme vii din ecosistem sub influența factorilor abiotici
  - E schimbarea succesivă logică a comunităților pe un anumit teritoriu



- 3** Rolul hotărâtor în formarea solului la stadiile inițiale ale succesiunii primare îl joacă următoarele organisme vii  
**A** lichenii și mușchii                      **B** cereale și alte monocotiledonate  
**C** copacii și arbuștii                      **D** viermii și insectele                      **E** mamiferele și păsările
- 4** Ecosistem la stadiul de climax se numește cel  
**A** care finalizează succesiunea și în care lipsesc condițiile interne pentru schimbările ulterioare ale comunităților de organisme vii  
**B** care conține prima comunitate de organisme în succesiunea primară, reprezentată predominant de licheni și mușchi  
**C** care depășește limita stabilității flexibile la un anumit factor ecologic  
**D** care nu mai este capabil să-și mențină existența și moare  
**E** care se caracterizează prin cea mai mică biodiversitate și cea mai mică stabilitate
- 5** Biodiversitatea  
**A** este determinată numai de numărul de specii biologice, care trăiesc pe un anumit teritoriu  
**B** nu depinde de numărul de specii biologice din ecosistem  
**C** ca noțiune definește diversitatea organismelor vii în limitele unei specii, între specii și între ecosisteme  
**D** cu cât este mai mare în ecosistem, cu atât stabilitatea lui rezistența este mai mică  
**E** cu cât este mai mică în ecosistem, cu atât stabilitatea lui flexibilă este mai mare

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care este diferența dintre stabilitatea rezistentă și cea flexibilă a ecosistemelor?
- 7** Descrieți succesiunea secundară, care începe cu o grădină părăsită dintr-un câtun forestier, indicând comunitățile, care se schimbă reciproc.
- 8** De ce în natură are loc succesiunea?
- 9** De ce biodiversitatea este un factor-cheie în stabilitatea ecosistemelor și de ce agrocenozele sunt ecosisteme extrem de instabile?
- 10** Care doi indicatori sunt hotărâtori pentru identificarea biodiversității în ecosistem? Ce caracteristici ei ar trebui să aibă pentru biodiversitatea maximă?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** În comunitățile de microorganisme, ca și în alte ecosisteme, poate să se manifeste succesiunea. Povestește cum unele microorganisme sunt înlocuite cu altele în diferite medii de existență.
- 12** Se schimbă oare comunitățile de organisme vii în agrocenoze? Ce este similar și prin ce se deosebesc succesiunile în agrocenoze și ecosisteme naturale?

### Află singur și comunică altora

- 13** Nu este complet clar care este cauza biodiversității, adică de ce pe Pământ există atât de multe specii biologice diferite. Încearcă să înțelegi diferitele teorii, care explică acest fenomen.
- 14** În ce scop a fost adoptată Convenția ONU privind diversitatea biologică? Despre ce este vorba în această convenție?

## § 55. Biosfera ca sistem integru

### Biosfera combină toate ecosistemele Pământului

Când era vorba despre ecosisteme, am menționat, că acestea nu sunt limitate de dimensiuni: și un lac mic de pădure, și o pădure tropicală gigantă pot fi considerate drept ecosisteme. Este foarte dificil de delimitat diferite ecosisteme, deoarece granițele lor sunt, de obicei, condiționate și organismele vii le pot traversa și ușor interacționa cu organisme din alte ecosisteme. În cele din urmă, toate ecosistemele Pământului sunt asociate între ele printr-o atmosferă comună, migrația organismelor, fluxurile de substanțe, energie și alte procese globale. Totalitatea ecosistemelor Pământului formează un ecosistem de nivel mondial, care se numește biosferă. Biosfera, ca și orice ecosistem, include componentul biotic și abiotic – toate ființele vii ale planetei și mediul lor de existență respectiv. Limitele biosferei sunt determinate de limitele întâlnirii organismelor vii în apă, aer și pământ. Biosferă se extinde la câțiva kilometri sub suprafața pământului, până la 10–11 km în adâncime sub apă și până la 15–20 km altitudine în atmosferă (fig. 55.1). Aceste limite sunt aproximative, îndeosebi în atmosferă, deoarece organismele vii, teoretic, pot să se întâlnească la înălțimea stratului de ozon (20–30 km), mai sus de care radiațiile ultraviolete distrug totul ce este viu. Dar probabilitatea, că chiar sporii mici ai bacteriilor pot să se întâlnească la această înălțime este foarte mică. Majoritatea organismelor vii trăiesc într-un strat mult mai subțire – de la adâncimea de câțiva metri sub pământ până la câțiva zeci de metri deasupra Pământului. La scară planetară biosfera este mică: masa întregii biosfere (inclusiv componentele biotic și abiotic) este de numai 0,1% din masa Pământului, iar masa totală a organismelor vii – doar o milionime din masa biosferei, care este doar o miliardime din masa planetei noastre. Cu toate acestea, organismele vii (inclusiv omul) sunt astăzi unul dintre cei mai importanți factori geologici, care modifică aspectul planetei noastre.

Noțiunea de „biosferă” a fost propusă de savantul austriac **Eduard Suess** în 1875, iar pe deplin a cercetat și a dezvoltat conceptul de biosferă în lucrările sale **Vladimir Vernadsky** – un savant proeminent, primul președinte al Academiei de Științe a Ucrainei.

Vladimir Vernadsky se interesa de problemele cristalografiei, mineralogiei, pedologiei, geochimiei și chiar istoriei. Acest lucru ia permis să dezvolte un concept de biosferă interdisciplinar, care combină cunoștințe din diferite domenii ale științei. Poate că unele puncte de vedere ale lui Vernadsky în zilele noastre pot părea oarecum abstracte sau imperfecte, dar trebuie să ne amintim, că el a lucrat asupra problemei biosferei în anii 1920, acum aproximativ o sută de ani, și a creat baza pentru cercetări viitoare în acest domeniu.

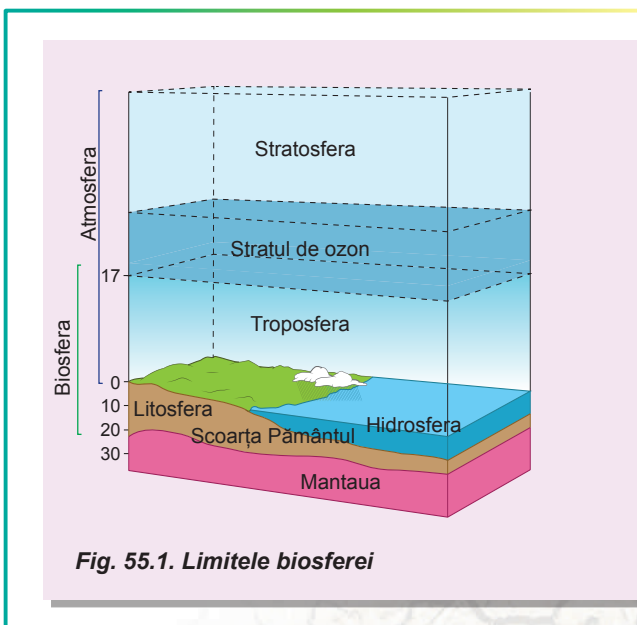


Fig. 55.1. Limitele biosferei

## Biosfera are proprietăți unice

Biosfera este nu numai un ecosistem foarte mare: în afară de proprietățile comune tuturor ecosistemelor, ea are propriile sale proprietăți unice.

**Integritatea.** Biosfera ca sistem este formată din mai multe componente, dar funcționează ca un întreg, deoarece toate organismele și mediul lor de viață sunt într-un anumit mod legate între ele.

**Diversitatea.** Totodată unitatea componentelor biosferei este caracterizată printr-o mare diversitate de organisme vii și de medii de existență a acestora. Biosfera este cel mai bogat ecosistem de pe Pământ. Acum pe planeta noastră trăiesc 9–15 milioane de specii de organisme vii, iar, în general, pe parcursul istoriei biosferei în ea au trăit 100 de mil. de specii.

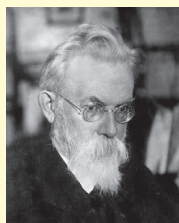
**Stabilitatea și capacitatea de autoreglare.** Această proprietate este cheia existenței vieții pe Pământ și este asigurată de aceleași mecanisme ca și în ecosistemele separate, numai la scară globală. Unul dintre cei mai importanți parametri ai stabilității atât a ecosistemelor separate, cât și ai întregii biosfere este biodiversitatea.

**Centralizarea.** Vladimir Vernadsky a subliniat, că organismele vii formează baza biosferei și reprezintă componentul ei central.

**Prezența circuitului substanțelor și a fluxului de energie.** Biosfera este un sistem deschis, adică ea face schimb de substanțe și energie cu alte sisteme. În primul rând, acest lucru se referă, bineînțeles, la energia solară, fără de care existența biosferei este imposibilă. Totodată pătrunderea substanțelor în biosferă din exterior este limitată, de aceea există o altă proprietate a ei – prezența mecanismelor, care asigură circuitul substanțelor. Anume circuitele asigură existența îndelungată a biosferei fără epuizarea propriilor resurse.

## Evoluția biosferei are loc în mod continuu

Biosfera este o structură dinamică, aflată mereu în schimbare. Vladimir Vernadsky a acordat o atenție considerabilă problemei evoluției biosferei și a distins trei etape-cheie ale dezvoltării ei. Prima etapă este asociată cu apariția vieții pe Pământ și începutul formării biosferei ca atare. A doua etapă a fost însoțită de ridicarea nivelului de complexitate a biosferei și sporirea biodiversității. A treia etapă, modernă, este asociată cu apariția omului și transformarea treptată a biosferei sub influența omului.



### Vladimir Vernadsky

*S-a născut în 1863 la Sankt Petersburg. El și-a petrecut copilăria în Poltava, Harkiv și Kiev. A studiat la Liceul din Harkiv, apoi la Universitatea din St. Petersburg. El a fost primul președinte al Academiei de Științe din Ucraina. A încerca să determinăm ce savant a fost Vernadsky, e imposibil în câteva cuvinte, deoarece: el a fost fondatorul geochimiei, biogeochimiei, radiogeologiei, teoriei biosferei, a fost un naturalist de înaltă clasă, filosof, gânditor. Realizările savantului sunt foarte mari și variate. Dar totuși cea mai importantă realizare a lui Vernadsky este sistemul lui de închipuirii despre biosferă*

*și noosferă. Vladimir Vernadsky a participat activ la viața politică a statului. El a fost președintele comisiei de la Ministerul Educației și Artei din Ucraina în timpul lui Hetman Skoropadsky. În acest timp el a scris: „Este important să se creeze un centru puternic de cercetare a națiunii ucrainene, istoriei, limbii ei, naturii din Ucraina. Desigur, trebuie să efectuăm aceste studii pe cea mai largă scară. Trebuie să creăm cât mai rapid catedre și laboratoare, institute”. Vladimir Vernadsky a murit la începutul anului 1945 la Moscova în urma unui accident vascular cerebral.*

## Alexander von Humboldt

S-a născut în 1769 la Berlin. A absolvit Universitatea din Viadrina, Academia Minieră din Freiburg și Universitatea din Göttingen. Humboldt a fost un savant multilateral: geolog, geograf, botanist, ecolog și climatolog. Este vestit în toată lumea ca fondator al geografiei plantelor, învățăturii despre formele vitale. Sunt importante punctele de vedere ale savantului despre viață, ca parte inseparabilă a planetei Pământ: el consideră că compoziția chimică a organismelor depinde de compoziția mediului neviu. În cele din urmă, Humboldt a subliniat existența unei părți speciale a învelișurilor geografice a Pământului, locuită de organisme vii, care combină litosfera, hidrosfera și atmosfera. Și, chiar dacă termenul „biosferă” nu a fost propus de Humboldt, ideile sale despre structura ei au fost pionierești și pe mulți ani au determinat direcțiile studiului ei. A murit savantul în 1859 la Berlin. În prezent Universitatea din Berlin poartă numele lui.



Stadiul final superior în dezvoltarea biosferei după părerea lui Vladimir Vernadsky este formarea noosferei<sup>1</sup>. Teoria savantului despre noosferă este destul de greu de-o înțeles, dar este posibil să se formuleze câteva teze de bază, care caracterizează concepțiile lui despre noosferă. Interesant este că unele postulate ale lui Vernadsky, pe care în prima jumătate a secolului al XX-lea au fost considerate fantastice, deja s-au adevărit. Deci, aici sunt principalele condiții, pe care Vernadsky le-a considerat esențiale pentru formarea noosferei.

1. Popularea întregii planete de către om și predominarea completă asupra altor specii biologice.
2. Globalizarea, întărirea legăturilor dintre state, formarea sistemelor globale de comunicații și a sistemelor informaționale unificate.
3. Utilizarea surselor noi de energie, care le permit oamenilor să devină o forță geologică și mai importantă.
4. Dezvoltarea democrației, egalitatea tuturor oamenilor, creșterea bunăstării lor, încetarea războaielor.
5. Dezvoltarea științei, crearea condițiilor pentru dezvoltarea liberă a gândirii științifice, creșterea rolului științei în viața oamenilor.
6. Extinderea biosferei prin expansiunea spațială a omului și cucerirea altor planete.

Noi trăim într-o perioadă de trecere, și omenirea trebuie să-și asume responsabilitatea pentru viitorul său, astfel încât noosfera să devină într-adevăr o sferă a rațiunii și nu o catastrofă mondială.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Contribuția lui Vernadsky în învățătura despre biosferă constă în faptul, că
- A a introdus termenii „biosferă” și „noosfera”
  - B a apreciat exact limitele biosferei în aer, apă și litosferă
  - C a dezvoltat în detalii conceptul de biosferă și noosferă
  - D prin lucrările lui Vernadsky și a ucenicilor săi s-a stabilit, că organismele vii interacționează între ele și cu mediul
  - E a determinat numărul exact de organisme vii în biosferă și a calculat biomasa lor totală

1 În traducere din limba greacă – „sfera rațiunii”.



- 2** În compoziția biosferei NU intră  
**A** nucleul și mantaua Pământului      **B** toate organismele vii ale Pământului  
**C** rămășițele organice moarte      **D** oamenii ca specie biologică  
**E** solul, apa și alte componente abiotice ale ecosistemelor
- 3** Proprietatea noosferei este faptul, că ea este  
**A** o parte a biosferei, care conține organisme vii înțelepte  
**B** o parte a biosferei, care conține toate organismele vii și substanța de origine organică  
**C** stadiul superior al dezvoltării biosferei, formată de rațiunea umană  
**D** etapa istorică a existenței biosferei, pe parcursul căreia s-a format specia Omul înțelept  
**E** etapa inițială a dezvoltării biosferei, care a precedat formării vieții pe Pământ
- 4** Conform conceptului lui Vladimir Vernadsky, NU este o condiție pentru formarea noosferei  
**A** globalizarea, consolidarea legăturilor dintre state și continente  
**B** dezvoltarea mijloacelor de comunicare  
**C** formarea unui sistem informațional universal unificat  
**D** dezvoltarea științei și utilizarea noilor surse de energie  
**E** creșterea rolului religiei în viața oamenilor
- 5** În prezent pe Pământ există specii de organisme vii, în număr de:  
**A** 9–15 mii      **B** 90–150 mii      **C** 9–15 milioane  
**D** 90–150 milioane      **E** 9–15 miliarde

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Numiți limitele aproximative ale biosferei în litosferă, hidrosferă și atmosferă.
- 7** Cum înțelegeți afirmația, că biosfera este un sistem deschis?
- 8** Putem oare spune, că astăzi evoluția biosferei este terminată și că trăim într-o noosferă complet formată?
- 9** Vladimir Vernadsky considera organismele vii drept o forță geologică importantă. Cum organismele vii participă la procesele geologice de pe planetă?
- 10** Care proprietăți ale biosferei o deosebesc de un ecosistem obișnuit? De ce aceste proprietăți nu sunt caracteristice ecosistemelor?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce organismele vii încă nu au populat straturile profunde ale scoarței pământului, dar au reușit să populeze fundul oceanelor?
- 12** În prezent sunt descrise aproximativ 1,9 mil. de specii de organisme vii, în același timp, savanții consideră că există peste 8 mil. De ce ei nu au reușit să descrie toate speciile de organisme vii?

### Află singur și comunică altora

- 13** Biogeochimia este o știință, al cărei fondator este Vladimir Vernadsky. Ce studiază această știință și care sunt principalele realizări ale ei?
- 14** Nu toți savanții sunt de acord cu conceptul de noosferă și îl critică ca pe o teorie neștiințifică și speculativă, pe baza căreia au apărut multe concepții pseudo-științifice. Ce argumente propun adversarii conceptului de noosferă? Este oare în aceste argumente vreun fir de raționalitate?

## § 56. Protecția și conservarea biosferei

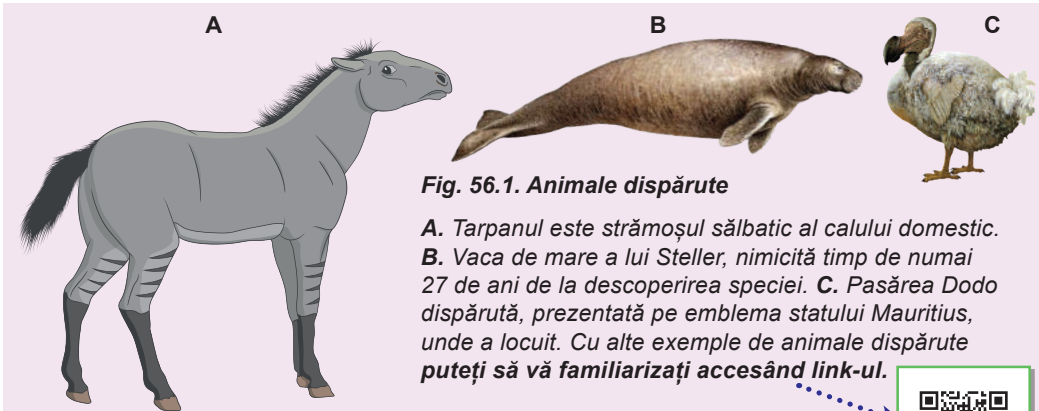
### Ca urmare a activității umane în ecosisteme decurg schimbări globale

Doar în câteva sute de ani omul a devenit unul dintre cei mai influenți factori ecologici de nivel planetar. Să examinăm schimbările globale în natură, care au avut loc și continuă să apară ca urmare a activității umane.

**Dispariția speciilor și reducerea diversității de specii.** Conform datelor Uniunii Internaționale pentru Conservarea Naturii, doar în ultimele cinci secole, ca urmare a influenței directe sau indirecte a omului, au dispărut mai mult de 800 de specii de animale și plante. Printre ele se numără câteva zeci de specii de mamifere (tarpanul, bourul, vaca de mare a lui Steller), păsări (porumbelul pasager, pasărea Dodo) și alte animale, care pur și simplu nu mai există (fig. 56.1). După unele aprecieri zilnic pe Pământ dispar cel puțin două specii de animale (în principal nevertebrate tropicale). Dacă aceasta este corect, atunci dispariția actuală a animalelor este cea mai rapidă din istoria Pământului în ultimele 65 de milioane de ani.

**Distrușgerea ecosistemelor.** Activitatea umană are efect distrugător nu numai asupra organismelor separate, dar, de asemenea, asupra întregilor ecosisteme. Noi am vorbit deja despre problema reducerii pădurilor tropicale, dar sunt amenințate nu numai ele: în America aproape au dispărut preriile cu ierburi înalte, pe care pășteau bizonii, iar în latitudinile noastre sunt amenințate stepele și pădurile de stejar. Anume dispariția habitatelor la animale este cauza principală a dispariției speciilor. Cu toate acestea, campaniile de ocrotire a mediului sunt adresate, în principal, sunt orientate la conservarea speciilor separate, deoarece oamenii sunt mai dispuși să răspundă la apelurile de a proteja un organism concret, și nu a unui mediu abstract. Pentru protejarea ecosistemelor rare în Ucraina pentru prima dată în lume a fost creată așa-numita Carte Verde – similar cu Cartea Roșie, în care sunt înscrise comunități de plante rare și pe cale de dispariție. Cartea Verde a Ucrainei este un document de stat oficial, pe baza căruia sunt primite hotărâri de a adopta măsuri de protecție a comunităților unice.

**Poluarea mediului.** Dacă dispariția speciilor și ecosistemelor rare cineva poate să le considere drept o problemă minoră, deoarece în mod direct „nu se referă la



**Fig. 56.1. Animale dispărute**

**A.** Tarpanul este strămoșul sălbatic al calului domestic.

**B.** Vaca de mare a lui Steller, nimită timp de numai

27 de ani de la descoperirea speciei.

**C.** Pasărea Dodo dispărută, prezentată pe emblema statului Mauritius,

unde a locuit. Cu alte exemple de animale dispărute

puteți să vă familiarizați accesând link-ul.





**Fig. 56.2. Poluarea mediului și influența ei asupra organismelor vii**

**A.** Vărsarea apelor reziduale. **B.** Eșuarea masivă a balenelor pe uscat cauzată, posibil, de poluarea acustică a apelor de sonare. **C.** Una din porțiunile Mării insule de gunoaie din Pacific, aria căreia este mai mare decât suprafața Ucrainei.

noi”, atunci din cauza poluării, omul suferă împreună cu întreaga biosferă, și de ignorat această problemă este imposibil. În dependență de natura poluantului se disting mai multe tipuri de poluare.

- **Poluarea chimică**, este probabil, cea mai comună: apele industriale conține numeroase substanțe periculoase, care pot contamina apa, solul și aerul. Sursele de poluare chimică sunt deșeurile industriei chimice, pesticidele, îngrășămintele, produse de ardere a combustibilului și orice alte procese, din cauza cărora în mediu crește concentrația de substanțe potențial toxice (fig. 56.2, A).
- **Poluarea fizică** include poluarea luminoasă, acustică, termică și radioactivă a mediului. Urmările poluării fizice nu sunt mai puțin grave, decât ale celei chimice. Zgomotul acționează asupra sănătății umane, este un factor de neliniște al animalelor în ecosisteme, încalcă orientarea lor în spațiu. Posibil, că zgomotul de la funcționarea sonarelor duce la eșuarea balenelor și delfinilor pe mal (fig. 56.2, B). Iluminarea de noapte în orașe acționează asupra fotoperiodismului plantelor, încalcă orientarea în spațiu a păsărilor și insectelor nocturne. Poluarea termică locală (de exemplu, prin evacuarea apei calde de centralele electrice) acționează semnificativ ecosistemele acvatice: odată cu ridicarea temperaturii scade concentrația oxigenului dizolvat în apă, poate începe înflorirea bazinelor și transformarea lor în mlaștini.
- **Poluarea biologică** apare atunci, când în ecosistem nimeresc organisme nedorite. În primul rând drept poluare biologică se subînțelege contaminarea apei, solului sau aerului a microorganismelor dăunătoare sau patogene. Sursele de contaminare biologică pot fi apele uzate nesterilizate agricole, industriale sau menajere, cadavrele animalelor, gunoiștile cu deșeuri industriale și menajere.
- **Poluarea mecanică**. Chiar dacă poluantul nu manifestă o acțiune chimică, fizică sau biologică pronunțată asupra mediului, o cantitate nesemnificativă de gunoi „nedăunător” influențează negativ asupra calității apei, solului sau a organismelor, care trăiesc în aceste medii (fig. 56.2, C). Repartizarea suprafețelor mari pentru gunoiște distruge ecosistemele, care au existat anterior în aceste locuri. Mai mult decât atât, gunoi nedăunător practic nu există: poluarea mecanică aproape întotdeauna este combinată cu cea biologică, chimică sau fizică.

## Sunt luate diferite măsuri pentru a proteja mediul

Care sunt măsurile luate pentru protejarea naturii? Metodele, aplicate în prezent, sunt orientate, în principal, la realizarea a două sarcini: prevenirea poluării mediului și menținerea biodiversității. Sunt propuse diferite modalități de reducere a poluării, dar, din păcate, soluția finală a acestei probleme nu se vede. Iată câteva dintre metodele propuse pentru rezolvarea ei.

1. Trecerea la surse ecologice de energie: energia solară, eoliană, biomasei, mareelor. Trebuie de remarcat, că încă nu există vreo sursă de energie, care să excludă complet influența negativă asupra mediului. Se crede însă, că sursele alternative de energie au un avantaj față de utilizarea combustibililor minerale cel puțin prin faptul, că sunt resurse regenerabile. Acum în lume aproximativ 5% din toată energia electrică este produsă din resurse regenerabile.
2. Trecerea la tehnologiile de producție fără deșeuri, în care deșeurile unui proces industrial servesc ca materie primă pentru altul.
3. Utilizarea secundară a deșeurilor și reciclarea lor sigură. De exemplu, sortarea gunoierului de uz casnic, pe care oamenii adesea o neglijează, și maximizarea reutilizării materialelor conținute în acestea.
4. Trecerea transportului rutier la motoare electrice și la motoare, care funcționează cu combustibili regenerabili (de exemplu, cu hidrogen).

## Conservarea biodiversității este esențială pentru natură și pentru om

Am menționat nu odată că biodiversitatea, conform închipuirilor moderne, reprezintă valoarea principală a biosferei, iar conservarea ei este una din cele mai importante sarcini ale ocrotirii naturii.

Puteți întreba: de ce în genere trebuie de păstrat biodiversitatea? Ce se va întâmpla, dacă vor dispărea a o sută sau două specii, de a căror existență nici nu bănuim? În primul rând, după cum am observat în § 54, biodiversitatea ridică stabilitatea ecosistemelor și dispariția unor specii ar putea pune în pericol existența întregului ecosistem. Iar tulburările în ecosisteme pot fi extrem de periculoase: este posibilă creșterea necontrolată a numărului dăunătorilor, animalelor periculoase sau transmitătorilor de infecții. În al doilea rând, biodiversitatea este o sursă potențială de noi produse utile, substanțe biologice active și noi cunoștințe despre lume. Este posibil ca în organismele neexplorate să existe răspunsuri la întrebări științifice importante sau o cheie ascunsă pentru tratarea bolilor incurabile în prezent. În al treilea rând, biodiversitatea, ca o trăsătură inseparabilă a naturii, are o importanță estetică și recreativă. Recrearea, sau, cu alte cuvinte, odihna și recuperarea, în condiții naturale este mult mai valoroasă decât pe o stradă într-un oraș aglomerat, iar un câmp de sfeclă de zahăr nu prea poate fi o mare sursă de inspirație pentru pictor comparativ cu dimineața într-o pădure de pini. Al patrulea argument, care este propus pentru protecția biodiversității, este de plan etic: avem noi oare dreptul să distrugem ceea, ce nu este creat de noi, numai de aceea, că în momentul dat nu-i înțelegem valoarea practică?

Pentru conservarea biodiversității sunt luate diferite măsuri.

1. Crearea rezervațiilor naturale, a parcurilor naționale și a altor arii protejate.
2. Crearea listelor de animale și plante rare (de exemplu, sub forma unei Cărți Roșii) și reducerea utilizării acestor specii.
3. Reproducerea animalelor rare în captivitate urmată de întoarcerea lor în fauna sălbatică.



4. Educația ecologică și informarea populației despre problemele mediului.
5. Utilizarea rațională a naturii în cel mai larg sens: reducerea suprafețelor plantate prin ridicarea eficienței agriculturii, combaterea braconajului și evitarea condițiilor prealabile pentru apariția lui, reîmpădurirea terenurilor tăiate.

În următorul paragraf noi mai detaliat vom examina și vom analiza unele dintre aceste măsuri.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1. Cartea Verde a Ucrainei a fost creată cu scopul
  - A protecției speciilor de plante rare și pe cale de dispariție
  - B protecției speciilor de animale rare și pe cale de dispariție
  - C protecției comunităților de plante rare și pe cale de dispariție
  - D prevenirea cultivării plantelor modificate genetic
  - E ridicării productivității agriculturii
2. La poluarea fizică a mediului duce
  - A evacuarea dioxidului de carbon în atmosferă de către întreprinderi
  - B formarea oxizilor de Nitrogen în motoarele cu ardere internă
  - C iluminarea străzilor din orașele mari noaptea
  - D îndepărtarea deșeurilor de la fermele de porci în câmpuri
  - E înflorirea apei și pierirea în masă a peștilor
3. Efectul poluării acustice a mediului poate fi
  - A pierderea orientării în spațiu de către animale
  - B încălcarea fotoperiodismului la plante
  - C creșterea frecvenței mutațiilor la om
  - D încetinirea creșterii plantelor
  - E apariția precipitațiilor în formă de ploi acide
4. Cea mai mică eficiență dintre metodele de conservare a biodiversității o are
  - A crearea de arii protejate
  - B utilizarea rațională a naturii
  - C conservarea și înmulțirea animalelor rare în captivitate
  - D reducerea vânării animalelor rare
  - E combaterea dăunătorilor agricoli
5. NU este sursă regenerabilă de energie
  - A arderea cărbunelui brun
  - B energia mareelor
  - C energia vântului
  - D valurile marine
  - E energia geotermală

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

6. Descrieți sarcinile globale, legate de problemele mediului, cu care se confruntă omul.
7. Argumentați importanța protecției mediului.

- 8 Descrieți cele mai eficiente, după opinia voastră, măsuri de conservare a biodiversității biosferei.
- 9 Care sunt tipurile de poluare a mediului? Dați un exemplu de fiecare tip.
- 10 Cum poate fi schimbată viața de toate zilele pentru a reduce poluarea mediului?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11 Așa-numitul Marele Smog, care a fost observat la Londra în 1952, a omorât peste 12 mii de oameni, după ce a fost adoptată o serie de legi privind protecția purității aerului. Care sunt cauzele acestui eveniment tragic?
- 12 Rezervația Askania-Nova este ultima porțiune de stepă nearată de păiuș și colilie păstrată în Europa. Cum s-a reușit să fie păstrat un astfel de teritoriu unic și care este rolul rezervației în conservarea animalelor și plantelor rare?

### Află singur și comunică altora

- 13 Descrieți cauzele și detaliile de dispariție a tarpanului, a vacii de mare a lui Steller, a porumbelului pasager sau a oricărei alte specii dispărute de animale.
- 14 Care ecosisteme și biotopuri sunt amenințate cu dispariția în timpul nostru? Care măsuri sunt luate pentru a le salva?

## Proiectul II

### Determinarea nivelului influenței antropice în ecosistemele ținutului natal

1. Determinarea nivelului influenței omului asupra comunităților naturale din ținutul natal poate fi efectuat după direcții diferite:

Direcțiile	Metoda de determinare
<i>Poluarea cu praful</i>	adunați probe de pe suprafața diferitelor obiecte (cu bandă adezivă sau bastonașe de vată) și comparați
<i>Poluarea chimică</i>	se determină prezența și conținutul diferitelor substanțe în probele de apă sau praf prin metode chimice
<i>Modificări teritoriale</i>	utilizați hărțile diferitelor teritorii sau a serviciului „Google Earth Engine”, examinați creșterea ariilor gunoiștilor, creșterea suprafeței orașelor, pământurilor arabile, tăieturilor de pădure etc.
<i>Schimbări biologice</i>	analizând articolele științifice, rapoartele organizațiilor și instituțiilor ecologice, determinați modificările biologice ale ecosistemelor din ținutul natal

2. Analizând efectele observate, evaluați-le după o scară de cinci baluri și faceți concluzii.

## § 57. Protecția naturii


### Protecția mediului de multe ori intră în conflict cu necesitățile omului

Știm deja, că protecția mediului și conservarea biodiversității sunt importante pentru întreaga omenire. Dar problema este că poluarea mediului și distrugerea ecosistemelor naturale este partea inversă a civilizației, și de prevenit complet efectele nocive ale activității omului asupra mediului la etapa actuală de dezvoltare a tehnologiei este imposibil. Este imposibil, concomitent să se extindă zona agrocenozelor (câmpurilor și livezilor) și să fie salvate zonele virgine de terenuri nearate, să se ardă combustibili minerali și să se reducă nivelul de dioxid de carbon în atmosferă, să se mărească cantitatea de producție și, în același timp, să se reducă cantitatea de deșeuri. În orice probleme de ocrotire a mediului întotdeauna se contrazic interesele opuse: dorința de a obține cele mai mari beneficii cu cel mai mic cost și necesitatea de a păstra Pământul într-o stare potrivită pentru existența omului.



**Fig. 57.1. Ariile protejate din Ucraina**

- A.** Lacurile montane din Rezervația biosferică Carpatică (regiunea Zaccarpattia).
- B.** Pantele Niprului în rezervația naturală Kaniv (regiunea Cherkasî).
- C.** Malul lacurilor în parcul natural național „Lacurile Shatsk” (regiunea Volâni).
- D.** Monumentul naturii „Tunelul iubirii” (Regiunea Rivne).



Sfârșitul sec. XX – începutul secolului XXI a fost marcat de conștientizarea necesității de protecție a mediului și trecerea de la atitudinea de consumator față de natură la folosirea rațională și echilibrată a naturii. Organizațiile ecologice și așa-numitele partide verzi câștigă valoarea politică, iar cetățenii obișnuiți tot mai multă atenție atrag problemelor ocrotirii naturii la nivel de viață cotidiană. Dar în ciuda eforturilor depuse, problema conservării biosferei și a mediului este departe de rezolvare.

## Crearea ariilor protejate este una dintre metodele de conservare a biodiversității

Acordarea statutului de arii protejate pentru anumite teritorii are o istorie îndelungată. Se consideră, că prima în istorie rezervație a fost fondată cu mai bine de două mii de ani în urmă, în secolul III î. e. n. în Sri Lanka. În sec. al XIII-lea cneazul Danilo al Galiției a creat o rezervație în Pădurea Bialowieza<sup>1</sup>, în care a fost interzisă vânătoarea și activitatea gospodărească. În zilele noastre diverse arii protejate, unde activitatea gospodărească a omului este limitată, ocupă după estimări aproximative aproape 10% din suprafața uscatului. Aceasta nu este puțin, dar încă nu este suficient pentru conservarea acceptabilă a complexelor naturale. Se planifică să fie luate sub protecție cel puțin 17% din terenuri și 10% din suprafața mărilor și a oceanelor. În 2010 statele participante la Convenția privind diversitatea biologică au adoptat o decizie de extindere a zonelor protejate în volumele indicate până în 2020.

În dependență de gradul de intervenție acceptabilă a omului Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii (IUCN) distinge mai multe tipuri de arii protejate.

**Rezervațiile științifice.** Acestea sunt create pentru păstrarea tuturor componentelor vieții sălbatice. În rezervațiile științifice, de obicei, este interzisă orice activitate economică a omului, iar vizitarea lor de către persoanele din afară este acceptată numai cu permisiuni speciale. Printre rezervațiile științifice cele mai mari și cele mai semnificative sunt rezervațiile biosferei, în care este conservat complexul unic al organismelor vii pentru întreaga biosferă. În Ucraina există patru rezervații ale biosferei: Askania Nova, Rezervația Mării Negre, Dunării și Carpatică (*fig. 57.1, A*).

**Parcurile naționale.** Aici este limitată activitatea economică a omului, însă se permite vizitarea turistică și recreerea. În prezent există aproximativ 1000 de parcuri naționale, dintre care 43 sunt în Ucraina (*fig. 57.1, B*).

**Monumente ale naturii.** Acestea sunt obiecte unice ale naturii, comunități sau complexe naturale, care sunt protejate. Monument al naturii poate fi un stejar bătrân sau un teren de pădure cu plante rare, precum și peșteri, grote, parcuri vechi cu faună sau floră unică. Monumentul naturii ocupă de obicei un teren mic și este creat pentru a proteja un anumit obiect (*fig. 57.1, D*).

**Rezervațiile naturale.** În rezervațiile naturale, spre deosebire de rezervațiile științifice, este protejat nu întregul complex natural, ci doar o parte din obiectele lui (de exemplu, unele specii de animale sau plante). În rezervațiile naturale pot fi permise unele tipuri de activități economice (și chiar vânătoarea), dacă ele nu împiedică conservarea obiectului protejat.

1 Conform terminologiei moderne, ar fi mai corect să spunem „rezervație naturală”.



**Landşafturi protejate, sau rezervații peisagistice.** Acestea sunt terenuri importante pentru recreerea oamenilor. În rezervațiile peisagistice este permisă activitatea economică, cu condiția ca aceasta să nu încalce peisajul protejat și să nu împiedice recreerea populației.

**Arii protejate cu resurse gestionate.** Această categorie a fost evidențiată recent și se aplică în zonele, în care este permisă o activitate economică cu anumite interziceri pentru utilizarea rațională a resurselor ecosistemelor.

### Cartea Roșie este o listă a speciilor amenințate de dispariție

Crearea de arii protejate este o modalitate eficientă de conservare a comunităților de plante și animale. Dar cum de știut, care dintre specii necesită o protecție specială?



**Fig. 57.2. Animalele și plantele din Cartea Roșie a Ucrainei**

**A.** Acvila de munte. **B.** Salamandra de foc. **C.** Ruscuța primăvărată. **D.** Broasca râioasă de stof. **E.** Cega. **F.** Delfinul comun. **G.** Tisa.

Uniunea Internațională pentru Conservarea Naturii din 1949 se ocupă de întreținerea conservării biodiversității și de întocmirea listelor de animale și plante care au nevoie de protecție. Aceste liste au fost propuse să fie combinate, numindu-le Carte Roșie, deoarece culoarea roșie adesea înseamnă pericol și atrage atenția. Prima ediție a Cărții Roșii a IUCN a ieșit în 1963 și conținea o listă cu peste 500 de specii de mamifere și păsări. În general, au apărut patru ediții. Pe lângă Cartea Roșie, informația privind speciile, care necesită protecție sunt publicate de Centrul Mondial de Monitorizare a Mediului sub formă de „Lista Roșie a speciilor pe cale de dispariție”.

Împreună cu Cartea Roșie a IUCN (numită uneori și Cartea Roșie Internațională), există ediții similare naționale și regionale. În Cartea Roșie a Ucrainei sunt înscrise aproximativ 500 de specii de animale și peste 800 de specii de plante și ciuperci. De exemplu, dintre mamifere a intrat ariciul urecheat, iepurele zăpezilor, ursul brun, pisica sălbatică, hermelina, 26 specii de lilieci, delfinul mare și delfinul comun și alte specii rare (fig. 57.2). Printre plantele superioare înscrise în Cartea Roșie poate fi numit zâmburul, tisa, dedițeei vineți, multe specii de colilie, trifoiul cu pene roșii, unele primulacee. La ciupercile din Cartea Roșie aparțin zbârciogul de stepă, vinețica albăstrie, gălbinița, hribul regal și altele. Lista completă a speciilor protejate poate fi găsită pe

**site-ul oficial al Cărții Roșii a Ucrainei.** .....

Cartea Roșie a Ucrainei este un document oficial de stat, care determină statutul speciilor biologice, ce au nevoie de protecție. Pentru cauzarea daunelor la speciile enumerate în Cartea Roșie, este prevăzută răspunderea administrativă.



## Colectarea separată a gunoiului și reciclarea devin din ce în ce mai populare în Ucraina

În prezent în Ucraina sunt produse anual mai mult de 12 milioane de tone de deșuri, adică în medie 300 kg gunoi de fiecare om! Metoda principală de utilizare a deșeurilor în țara noastră prin îngroparea lor la poligoane de deșuri (gunoiște) este una dintre metodele cele mai neecologice și lipsită de perspectivă. Nemaivorbind despre faptul, că această metodă duce la poluarea solurilor, a apelor subterane și agravarea situației epidemiologice. În afară de aceasta, capacitatea poligoanelor de deșuri existente practic este epuizată.

O alternativă la această metodă este arderea gunoiului în incineratoare și minimizarea cantității de deșuri prin sortare și reciclare. Arderea resturilor este mai promițătoare din punct de vedere economic, deoarece căldura degajată poate fi utilizată simultan cu alte surse de energie (după căldura de ardere specifică gunoiul se apropie de cărbunele brun). Această metodă este, de asemenea, mai sigură din punct de vedere epidemiologic și reduce cantitatea de deșuri, care sunt îngropate, de patru ori.

O altă metodă de minimizare a cantității de deșuri este de a sorta deșeurile menajere pe categorii (fig. 57.3). În majoritatea țărilor europene colectarea separată a gunoiului demult a devenit normă, iar în Ucraina numai începe să se introducă. Deșeurile pot fi separate în următoarele categorii: deșuri alimentare, sticlă, hârtie, plastic și polietilenă, deșuri metalice, aparate electrice, baterii și acumulatori. Principiul separării este același peste tot: colectează împreună deșeurile, care pot fi utilizate pentru același tip de reciclare sau utilizare. O atenție deosebită este acordată utilizării bateriilor și aparatelor electrice: o baterie, aruncată împreună cu alte deșuri menajere poate duce la



**Fig. 57.3. Rezervoare pentru colectarea separată a gunoiului în Zacarpattia**

poluarea aproximativ a 400 de litri sau a 20 de metri pătrați de sol! Așa că încercați să utilizați cel puțin acest tip de gunoi în mod corect!

Colectarea separată a gunoiului are un efect pozitiv asupra mediului înconjurător din trei motive. În primul rând, reduce cantitatea totală de deșeuri, deoarece o parte este reciclată. În al doilea rând, permite utilizarea diferitelor componente în modul cel mai optimal pentru ele. În al treilea rând, facilitează reutilizarea materialelor și reduce influența asupra mediului, ce este legată cu dobândirea sau producția lor și, de asemenea, reduce cantitatea de deșeuri, care vor apărea la aceste etape. Beneficiile economice ale sortării gunoiului sunt mici, deoarece costul creării unei infrastructuri de sortare a deșeurilor este foarte mare, iar veniturile obținute din reciclare abia le acoperă. Cu toate acestea, sortarea gunoiului permite posibilitatea ca fiecare să contribuie la conservarea naturii.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Să spunem, că în apropierea casei voastre crește un stejar, plantat de singur Taras Șevcenko. Cea mai potrivită categorie de ocrotire pentru acest arbore este
 

A parcul național	B rezervația științifică	C rezervația naturală
D monument al naturii	E rezervația biosferei	
- 2 În Cartea Roșie a Ucrainei este înscris animalul
 

A lupul cenușiu	B vulpea	C mistrețul
D ursul brun	E iepurele de câmp	
- 3 Referitor la problema de utilizare a deșeurilor corectă este afirmația:
  - A îngroparea gunoiului la poligoane de deșeuri și gunoiște este cea mai ecologică modalitate de utilizare a deșeurilor.
  - B arderea gunoiului la întreprinderile de incinerare a deșeurilor este una dintre cele mai practice metode de utilizare a gunoiului și este mai puțin dăunătoare pentru mediu decât poligoanele de deșeuri
  - C sortarea pe categorii a deșeurilor menajere este utilizată astăzi numai în Japonia
  - D cel mai potrivit din punct de vedere al protecției mediului este de aruncat bateriile împreună cu deșeurile alimentare
  - E sortarea gunoiului pe categorii permite să se rezolve complet problema eliminării deșeurilor menajere în orașele mari



- 4** Alegeți afirmația corectă despre Cartea Roșie.
- A** prima ediție a listei roșii IUCN a ieșit în 1863
  - B** Cartea Roșie a IUCN nu are nici o valoare juridică, dar pe baza ei pot fi primite legi pentru protecția speciilor pe cale de dispariție
  - C** cea mai recentă ediție a Listei Roșii IUCN conține o listă de aproximativ 150 de mii de specii pe cale de dispariție
  - D** Cartea Roșie a Ucrainei conține aceeași listă de specii ca Cartea Roșie Internațională
  - E** majoritatea speciilor de mamifere, ce trăiesc în Ucraina sunt înscrise în Cartea Roșie a Ucrainei
- 5** Rezervația naturală diferă de rezervația științifică prin
- A** în rezervația naturală este permisă activitatea economică, dacă ea nu dăunează obiectelor protejate
  - B** rezervația științifică este creată pentru conservarea unui număr mic de obiecte naturale cu o valoare deosebită
  - C** în rezervațiile naturale este un regim mai sever și este interzisă orice activitate umană
  - D** rezervațiile naturale sunt destinate turismului și recreerii, prin urmare în ele sunt create condiții pentru odihna oamenilor în siguranță
  - E** rezervația naturală este o denumire alternativă a rezervației științifice, între aceste concepte nu sunt diferențe fundamentale

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care este beneficiul de la sortarea deșeurilor menajere?
- 7** Prin ce diferă parcul național și rezervația științifică?
- 8** Cu ce scop sunt create diferite arii protejate?
- 9** Dați câte cinci exemple de animale și plante înscrise în Cartea Roșie a Ucrainei. De ce ele au ajuns acolo?
- 10** Pot oare unele specii să intre în Cărțile Roșii regionale, dar să nu fie incluse în Cartea Roșie Internațională?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Ce tehnologii de utilizare a deșeurilor menajere există? Care dintre ele sunt cele mai eficiente și cele mai perspective?
- 12** IUCN le atribuie diferitor specii statuate diferite de conservare. Ce tipuri de statute există și cum ele sunt determinate?

### Află singur și comunică altora

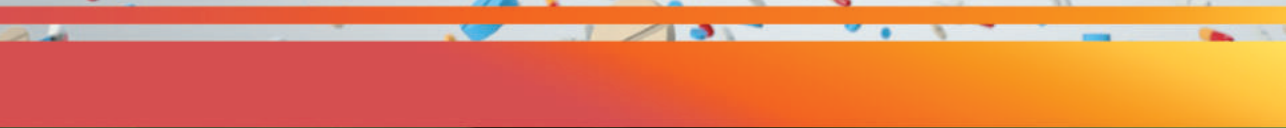
- 13** Propuneți câteva exemple de plante și animale înscrise în Cartea Roșie a Ucrainei, și povestește despre măsurile luate pentru protecția lor.
- 14** Există oare specii, înscrierea cărora în Cartea Roșie și utilizarea față de ele a altor metode de protecție a dus la rezultate pozitive, și, prin urmare, a dispărut necesitatea pentru a le proteja?

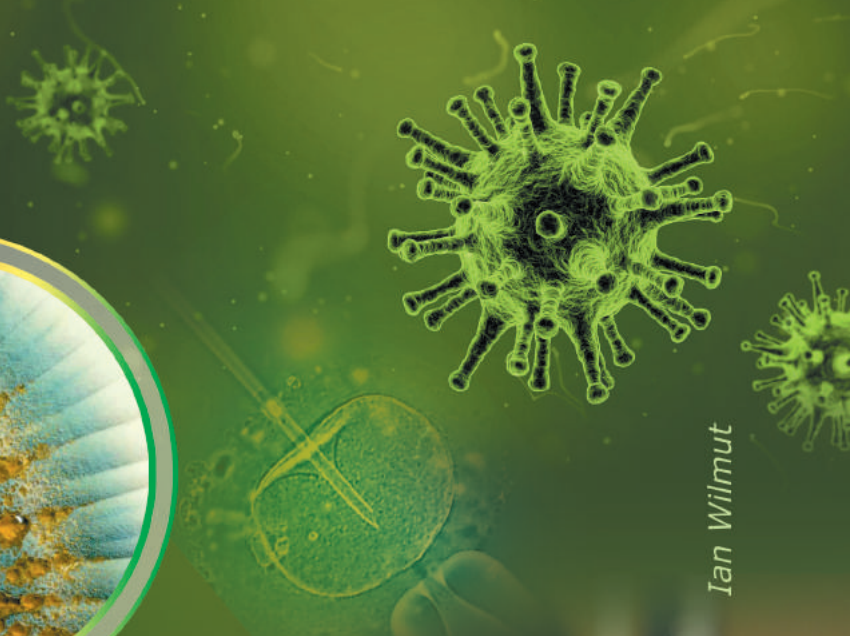
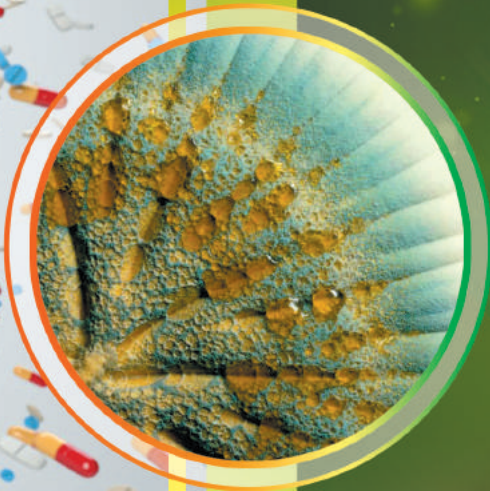




*The rewards for biotechnology are tremendous – to solve disease, eliminate poverty, age gracefully. It sounds so much cooler than Facebook.*

**George M. Church**





Ian Wilmut



# CAPITOLUL 9

## *Biologia ca bază a biotehnologiei și medicinei*

GLUCOSE STAGES INJECT SENSITIVITY CONGENITAL NERVE KETOACIDOSIS SUGAR POND COMP PANC MELLI  
METABOLISM ISLETS MONITOR  
CELL RESISTANCE METABOLISM STAGES INJECT SENSITIVITY  
GLUCOSE STAGES INJECT SENSITIVITY  
ENDOCRINE ACUTE WELL DIABETES  
HYPERGLYCEMIA NERVE KETOACIDOSIS SUGAR POND COMP PANC MELLI  
INSULIN ISLETS MONITOR

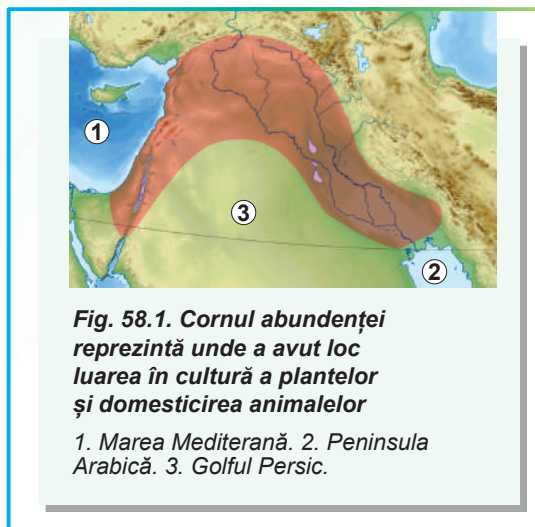


## § 58. Domesticirea animalelor și introducerea în cultură a plantelor

### Plantele au fost luate în cultură pe diferite teritorii

Trecerea oamenilor primitivi de la vânătoare și cules la agricultură reprezintă așa-numita **revoluție neolitică**, care a devenit cea mai importantă etapă în dezvoltarea societății umane și a schimbat radical evoluția întregii civilizații. Primele încercări de a cultiva plantele au fost efectuate în urmă cu 10–11 mii de ani în Orientul Mijlociu (teritoriul modern al Turciei, Irak, Siria, Israel și Liban). Această zonă a jucat un rol deosebit în istoria omenirii: aici s-au cultivat primele plante și au fost îmblânzite majoritatea animalelor domestice actuale. După formă, seamănă cu o seceră, de aceea ea uneori este numită **Cornul abundenței** (fig. 58.1). Cele mai vechi plante cultivate au fost cerealele (grâul și orzul), mazărea și vița de vie. Aici au fost așa animale domestice ca, porcul, capra oaia și vaca.

Mare merit în identificarea patriei plantelor cultivate aparține biologului proeminent Nikolai Vavilov. Datorită lucrărilor științifice ale lui și ale ucenicilor săi au fost stabilit că locuri, de unde provin majoritatea plantelor de cultură din lume sunt destul de puține – mai puțin de zece (fig. 58.2). În tabelul 58.1 sunt enumerate principalele centre de origine cu exemple de plante, care au fost cultivate pentru prima dată în fiecare din aceste centre.



**Fig. 58.1. Cornul abundenței reprezintă unde a avut loc luarea în cultură a plantelor și domesticirea animalelor**

1. Marea Mediterană. 2. Peninsula Arabică. 3. Golful Persic.

**Tabelul 58.1. Centrele de origine a plantelor cultivate**

Centrele de origine a plantelor	Localizarea	Exemple de plante
Central-American	Mexic, Nicaragua, Honduras, Guatemala	Porumbul, fasolea, dovleacul, cacao, floarea-soarelui
Sud-American	Columbia, Ecuador, Peru, Bolivia	Cartofii, roșiile
Mediteranean	Albania, Croația, Grecia, Italia, Spania, Tunisia, Egipt	Ovăzul, varza, sfecla, mărarul, morcovul, măslinul
Vest-Asiatic (inclusiv Crescentul de reproducere)	Iran, Irak, Turcia, Siria, Liban, Israel, Iordania	Grâul, secara, mazărea, strugurii
Abisinian	Etiopia, Sudan, Eritreea	Cafeaua, pepenele verde
Central-Asiatic	India, Pakistan, Afganistan, Tadjikistan, Uzbekistan	Pepenele, Ceapa, Usturoiul
Indian	India, Myanmar, Filipine, Vietnam, Laos, Cambodgia	Orezul, Castraveții, Vinetele, trestia de zahăr
Chinezesc	Partea de est a Chinei	Soia, merele, cireșele, portocalele, mandarinele, dudul, curmalul

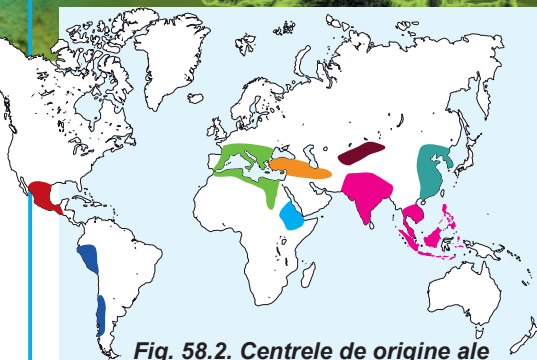
## „Principiul Annei Karenina” explică, de ce nu sunt domesticate toate animalele

Romanul lui Lev Tolstoi „Anna Karenina” se începe cu o frază, care a devenit aforism: „*Toate familiile fericite se aseamănă între ele, fiecare familie nefericită, însă, este nefericită în felul ei*”. Ideea este că, pentru a fi fericită familia necesită combinarea simultană a mai multor factori (cum ar fi dragostea, înțelegerea, sănătatea, bunurile materiale), iar pentru nefericire este destul ca cel puțin unul dintre ele să lipsească.

Biologul american **Jared Diamond** în cartea sa „Virus, arme și oțel. Soarta societăților umane” a propus de utilizat „principiul Annei Karenina” pentru a explica de ce animale domestice sunt atât de puține. Conform ipotezei lui, pentru domesticirea animalului este necesară combinarea simultană a multor factori, iar lipsa cel puțin a unuia face imposibilă domesticirea. Diamond a subliniat șase astfel de factori pentru mamiferele erbivore mari:

- să fie nepretențioase în nutriție;
- creșterea rapidă;
- capacitatea de a se reproduce în captivitate;
- o atârnare prietenoasă la om;
- lipsa tendinței de panică;
- prezența unei structuri sociale cu o ierarhie clar exprimată.

Animalele care nu se încadrează în unul sau mai mulți dintre acești parametri nu pot fi îmblânzite. Deci „principiul Annei Karenina” cu privire la această situație ar arăta astfel: „Toate animalele domesticate se aseamănă între ele, fiecare animal nedomesticit este nedomesticit în felul său”.

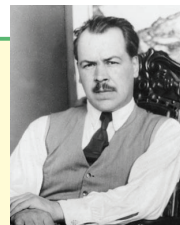


**Fig. 58.2. Centrele de origine ale plantelor de cultură**

1. Central-American.
2. Sud-American.
3. Mediteranean.
4. Vest-Asiatic.
5. Abisinian.
6. Central-Asiatic.
7. Indian.
8. Chinezesc.

### Nikolai Vavilov

S-a născut în 1887 la Moscova. Studiile și le-a făcut la Institutul Agricol din Moscova. Unul dintre cei mai proeminenți geneticieni, botanici și selecționiști. E cunoscut în lume, în primul rând, ca autorul învățăturii despre centrele de origine a plantelor de cultură, ca autorul legii seriilor omoloage în variabilitatea ereditară. A descoperit și a descris imunitatea plantelor, a contribuit semnificativ la dezvoltarea învățăturii despre specia biologică. În rezultatul a 180 de expediții botanice din întreaga lume, Vavilov a creat cea mai mare colecție de semințe și o bancă de gene de plante de cultură. În 1940, în timpul unei expediții în vestul Ucrainei, savantul a fost arestat în Cernăuți. Ancheta penală împotriva lui a durat 11 luni, Vavilov a fost supus unor torturi crude. El a fost condamnat la pedeapsa cu moartea, care a fost înlocuită cu 20 de ani de tabere. Sănătatea marelui om de știință a fost subminată de torturi și de foame, și în 1943, Nikolai Vavilov a murit. În anul 1955 a fost complet reabilitat, iar anul 1987 – anul centenarului nașterii savantului – a fost declarat de UNESCO un an al lui Vavilov.





## Nu toate animalele au fost domesticite pentru prietenia cu ele

Domesticirea animalelor, împreună cu agricultura, a devenit un factor-cheie în dezvoltarea civilizației. Jared Diamond chiar asociază progresul sau declinul anumitor civilizații cu prezența în diferite părți ale lumii animalelor potrivite pentru domesticire. Majoritatea animalelor au fost domesticite odată cu începutul revoluției neolitice și cu dezvoltarea agriculturii, dar există și câteva excepții de la această regulă.



Fig. 58.3. Unele rase de câini



Fig. 58.4. Unele rase de pisici

**Câinele**, fără îndoială, a devenit primul animal domesticit cu circa 30 mii de ani î.e.n. În timp ce alte specii de animale au fost domesticite în epoca revoluției neolitice aproximativ cu 10 mii de ani în urmă. Toți câinii moderni provin de la lupi, sunt capabili să se încrucișeze cu ei și să dea urmașii fecunzi, așa că azi câinele este considerat una dintre subspeciile lupului. Câinii inițial au fost folosiți pentru protecție și ajutor la vânătoare; de asemenea uneori erau mâncați.

Astăzi în lume există aproximativ 525 de milioane de câini, care aparțin la mai mult de 500 de rase (fig. 58.3).

**Pisica.** Pisica domestică provine de la pisica sălbatică de stepă, răspândită în zilele noastre în Africa de Nord și în unele părți ale Asiei.

**Pisicile** au fost domesticite cu aproximativ 10 mii de ani în urmă în regiunea deja cunoscută pentru noi a Cornului de abundență. Rozătoarele erau un blestem pentru culturile agricole, de aceea a apărut o problemă acută de ocrotire a cerealelor, și pisicile erau prețuite pentru ajutor în protejarea roadei. Cu totul altă atârnare era la pisici în Europa medievală, unde ele erau considerate slujitori ai diavolului și adesea le nimiceau cu cruzime. Aceasta a devenit unul dintre factorii de răspândire a rozătoarelor în orașele medievale, ceea ce a dus la izbucnirea epidemiei de ciumă.

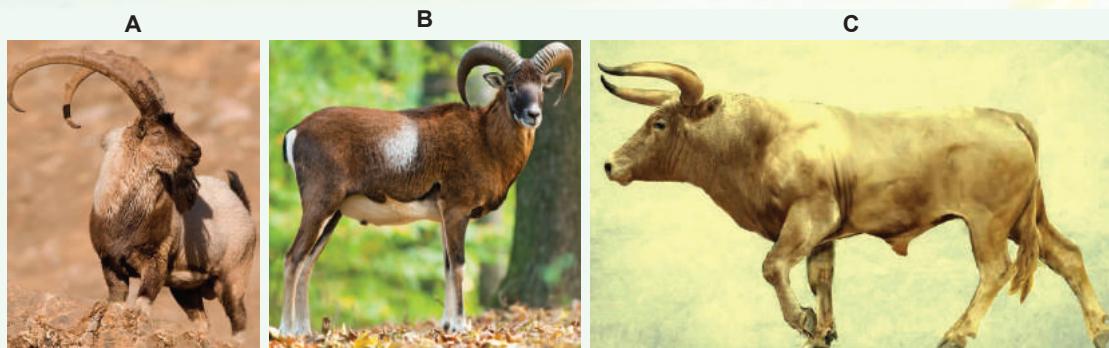
Astăzi în lume există mai mult de 600 de milioane de pisici, care aparțin la mai mult de 200 de rase (fig. 58.4), dar toate rămân genetic foarte apropiate de strămoșii săi sălbatici.

**Oaia, capra și vaca.** Oile, caprele și vacile au fost domesticite în timpul revoluției neolitice în regiunea Cornului abundenței, pe teritoriul Siriei și Turciei moderne.

Capra este una dintre cele mai vechi animale domesticite. Drept strămoș al caprelor domestice se consideră capra sălbatică (fig. 58.5, A), care se întâlnește și astăzi în sălbăticie. Caprele sunt crescute pentru carne, lapte și piele, precum și pentru lână și puf.

Strămoșul oilor este muflonul asiatic (fig. 58.5, B), care este acum comun în regiunile muntoase din Asia și în unele insule mediteraneene. Oile au o importanță economică mare, în primul rând ca o sursă de lână. Carnea de oaie, de asemenea, este consumată, în special în țările, în care, din motive religioase, nu se mănâncă carne de porc.

Strămoșul vacii domestice a fost una dintre subspeciile bourului sălbatic (fig. 58.5, C), care în prezent aparține animalelor dispărute. Vacile îmblânzite au fost atât o sursă de car-



**Fig. 58.5. Strămoșii sălbatici ai animalelor domestice**

A. Capra sălbatică. B. Mufionul asiatic. C. Bourul sălbatic.

ne, cât și o forță de tracțiune în agricultură (cu acest scop au fost, de obicei, folosiți taurii castrați – boii).

**Porcul.** Porcul provine de la mistreț, liber se încrucișează cu el și aparține la aceeași specie biologică. Porcii, ca și majoritatea animalelor, pentru prima dată au fost domesticiți în Orientul Apropiat, dar cel mai probabil, mai devreme decât caprele, oile și vacile – acum 11–13 mii de ani în urmă. Acest lucru a fost facilitat de natura lor nepretențioasă și omnivoră. Interesant, că paralel cu domesticirea în Orientul Apropiat, domesticirea lui independentă a avut loc și în China.

În ciuda faptului, că utilizarea de carne de porc în alimentație este interzisă de multe religii (islam, iudaism, în unele confesiuni ale creștinismului), creșterea porcinelor este una dintre cele mai dezvoltate ramuri ale creșterii animalelor. Astăzi în lume există aproximativ un miliard de porci – aproape la fel de mulți ca și câini și pisici împreună.

**Calul.** Caii au fost domesticiți puțin mai târziu – aproximativ în mileniul al IV-lea î.e.n. Calul sălbatic a fost bine cunoscut omului și până la domesticire ca un obiect de vânătoare. Primele imagini ale cailor înhămați în car au apărut în jurul celui de-al II-lea mileniu î.e.n., dar există dovezi arheologice, că caii au început să fie reproduși cu câteva mii de ani mai devreme, posibil, inițial ca o sursă de carne. Probabil acest lucru s-a întâmplat într-una din culturile de stepă.

Strămoșul calului domestic este considerat calul sălbatic demult dispărut – tarpanul. Singura rudă a calului, care trăiește în prezent este calul sălbatic Przewalski – o specie pe cale de dispariție, ale cărei indivizi trăiesc în rezervația Askania-Nova și în zona de alienație de la Cernobâl.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Centrul de origine al cartofilor și al roșiilor – principalilor reprezentanți ai familiei Solanaceelor – pe care îi consumăm în mâncare, este

A Abisinian

B Indian

C Sud-American

D Mediteraneean

E Chinezesc

- 2** Cea mai mare contribuție la definirea principalelor centre geografice de origine a plantelor de cultură a făcut-o  
**A** Vladimir Vernadsky      **B** Jared Diamond      **C** Nikolai Vavilov  
**D** Trofim Lyenko      **E** Lev Tolstoi
- 3** „Principiul Annei Karenina” a fost propus de Jared Daimond pentru a explica  
**A** de ce unele animale au fost domesticate în diferite părți ale lumii în același timp și independent unele de altele  
**B** de ce puține animale au putut fi domestice  
**C** de ce oamenii au animale domesticate  
**D** cum de domesticit corect animalele  
**E** de ce animalele trebuie să fie sociale
- 4** Strămoșul sălbatic al vacii este  
**A** bourul      **B** tarpanul      **C** bizonul      **D** calul lui Przewalski      **E** zimbrul
- 5** Domesticirea câinelui a avut loc  
**A** în timpul revoluției neolitice, adică în urmă cu circa 10 mii de ani  
**B** cu mult înainte de revoluția neolitică, aproximativ 30 de mii de ani î.e.n.  
**C** simultan cu apariția genului Omul, adică cu câteva milioane de ani în urmă  
**D** simultan cu domesticirea pisicii  
**E** simultan cu domesticirea calului

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Indicați originea geografică a plantelor de cultură – componentelor borșului ucrainean tradițional.
- 7** Încercați să explicați din punct de vedere al „principiului Annei Karenina” în interpretarea lui Jared Diamond, de ce nu au fost niciodată domesticiți elefantul și ursul.
- 8** De ce câinele a fost domesticit încă de omul primitiv, iar pisica – numai cu dezvoltarea agriculturii?
- 9** De ce oamenii au domesticit animalele? Care este rezultatul acestui proces?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10** Gândiți-vă dacă există excepții din „principiul Annei Karenina” propus de Jared Diamond. Cu ce ele pot fi legate? Cu ce poate fi completată lista lui Diamond?
- 11** Cum a reușit Nikolai Vavilov să determine centrele de origine ale plantelor de cultură?

### Află singur și comunică altora

- 12** Poate oare fi aplicat „principiul Annei Karenina” la plantele luate în cultură? Încercați să formulați pentru plantele de cultură caracterele, necesare pentru cultivarea acestor plante în gospodărie.
- 13** Datorită metodelor biologiei moleculare și geneticii cunoștințele noastre despre originea și răspândirea animalelor domestice au crescut semnificativ. Ce date științifice au fost obținute pe baza analizei ADN-ului a pisicilor, a câinilor și a altor animale domestice?

## § 59. Selecția

### Selecția creează soiuri, rase și tulpini

Începând să crească animalele domestice și să cultive plante de cultură, oamenii nu s-au oprit la aceasta: a apărut necesitatea de a îmbunătăți proprietățile organismelor existente. Mii de ani în urmă a fost făcută o observație fundamentală, că descendenții moștenesc proprietățile predecesorilor, și, prin urmare, selectarea organismelor cu proprietăți dorite pot îmbunătăți în mod semnificativ calitatea puilor. Această observație inițială a și devenit drept bază a **selecției** – științei despre metodele de creare și ameliorare a soiurilor și raselor de plante de cultură și animale domestice.

Selecția se bazează pe două principii simple: selecția artificială și hibridarea (încrușarea). Alegând pentru reproducere acei reprezentanți, la care proprietățile sunt exprimate cel mai clar, la urmași aceste calități pot fi consolidate și sporite. Totodată, încrucișând organisme cu diferite seturi de caractere (ca, de exemplu, productivitatea ridicată la unul și rezistența la secetă la al doilea), pot fi obținuți urmași – **hibrizi**, care combină avantajele strămoșilor lor.

Rezultatul selecției este formarea de noi soiuri de plante, rase de animale și tulpini de microorganisme. **Soiurile, rasele și tulpinile** sunt grupuri de organisme de aceeași specie, asemănătoare între ele și obținute artificial în timpul reproducerii.

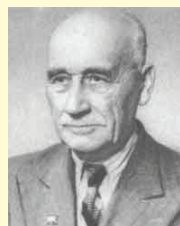
### Rezultatele selecției plantelor sunt folosite pretutindeni

Pe lângă metodele clasice de selecție și hibridare, în selecția plantelor sunt aplicate și propriile metode speciale.

**Selecția artificială** este una dintre metodele de bază ale selecției atât a animalelor, cât și a plantelor. Ea permite să se aleagă pentru reproducere acele plante, care printre cele asemănătoare cu sine însuși sunt cele mai utile. Selecția poate fi în **masă** și **individuală**. În cazul selecției individuale sunt evaluate caracterele utile ale unor plante separate alegerea lor pentru reproducere. Selecția individuală este deosebit de importantă în selectarea plantelor autopolenizatoare. Pentru plantele cu polenizare încrucișată se aplică selecția de masă. Aceasta este o formă de selecție, în cazul căreia din populație se aleg un număr mare de reprezentanți cu cele mai valoroase calități, care sunt utilizate la încrucișarea lor ulterioară.

#### Vasilii Yuriev

*S-a născut în 1879 în provincia Penza din Imperiul Rus. A absolvit Institutul de Agricultură și Silvicultură din Novo-Alexandria din orașul Pulawy, Polonia. Din 1909 până la sfârșitul vieții sale a trăit și a lucrat în Harkiv. Vasiliu Yuriev a lucrat asupra introducerii unor soiuri noi de grâu, secară, ovăz, mei, porumb. Soiurile obținute de el și astăzi ocupă teritorii uriașe de terenuri agricole în Ucraina. Savantul astfel a definit particularitățile lucrului său: „Seleționerul trebuie să trăiască mult, să ducă o viață sedentară, permanent să iubească ocupația, pe care și-a ales-o, pentru a nu distrage atenția de la scopul său principal”. El a fost director al Institutului de Genetică și selecție al Academiei de Științe a Ucrainei și director al Institutului Ucrainean de Cercetare a Plantelor, care acum îi poartă numele lui. A murit savantul în 1962 în Harkiv. După moartea lui Yuriev în Harkov a fost instalat un bust și numit bulevardul în onoarea lui.*







Mo17

F<sub>1</sub>

B73



Mo17

F<sub>1</sub>

B73

**Fig. 59.1. Fenomenul de heterozis la porumb**

Soiul heterozisic la porumb (F<sub>1</sub>), obținut prin încrucișarea soiurilor joase Mo17 și B73, se deosebește prin lăstari mai înalți și știuleți mai mari.

Pentru a obține mai mult material pentru selecție, uneori este aplicată **mutagenza artificială** sau **indusă**: polenul sau semințele plantelor sunt expuse la radiații sau substanțe chimice, care cauzează modificări ale ADN-ului. Acest lucru face posibilă obținerea plantelor noi cu caractere, care nu se manifestau la formele parentale.

Încrucișarea plantelor are și ea propriile particularități. Datorită prezenței în plante a fenomenului de autopolenizare, se pot obține soiuri genetic omogene. Acestea sunt numite **linii pure**, și în ele toate plantele sunt genetic identice. Totodată, la polenizarea încrucișată a două soiuri diferite adesea se manifestă fenomenul **heterozisului**: hibridii primei generații depășesc organisme parentale după mai mulți indici, cum ar fi fertilitatea, productivitatea, rezistența la factorii nefavorabili ai mediului (fig. 59.1). Acest efect este deosebit de pronunțat numai în prima generație de hibridi, iar în generațiile următoare se reduce la zero.

În selecția plantelor un rol important îl joacă **hibridizarea interspecifică** – un fenomen destul de rar, dar care este de mare importanță practică. Unul dintre cele mai reușite exemple de hibridizare interspecifică este triticales – un hibrid al grâului cu secară (fig. 59.2). Triticales combină calitățile nutriționale și productivitatea ridicată a grâului cu frugalitatea și rezistența la boli a secarei.

**Poliploidizarea**, adică amplexarea numărului de seturi de cromozomi este o altă metodă importantă de selecție la plante. Spre deosebire de animale, multe plante în natură sunt **poliploide**, adică au trei sau mai multe seturi identice de cromozomi. În afară de aceasta, sporirea numărului de seturi de cromozomi la plante adesea influențează pozitiv asupra dezvoltării lor, ridicând viteza creșterii și măbind dimensiunile plantelor (fig. 37.5, A).



A

B

**Fig. 59.2. Grăunțele de triticales (A) și grâu (B) diferă după dimensiune și rezistență la dăunători**

### În selecția animalelor este aplicată pe larg hibridizarea

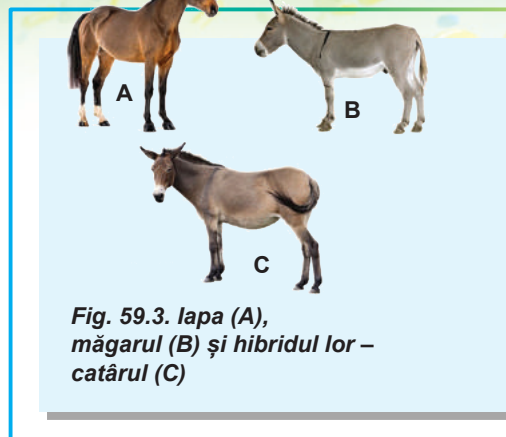
Selecția animalelor a început odată cu domesticirea lor și, probabil, inițial era efectuată în mod inconștient, fără un scop specific: omul pur și simplu lăsa pentru reproducerea animalele, care aveau cele mai utile calități.

Spre deosebire de plante, animalelor nu le este caracteristică reproducerea asexuată și autofecundarea. Selecția lor, de asemenea, este mai complicată, fiindcă numărul descendenților de obicei este mic, iar ciclul vital este lung. Hibridizarea interspecifică la animale este posibilă în cazuri rare, însă acești hibridi

ai animalelor sunt, de obicei, incapabili de reproducere (despre barierele reproductive s-a vorbit în § 43). Exemplu de un astfel de animal este hibridul măgarului catârul – hibridul steril al măgarului și iepei (fig. 59.3).

Astfel, metodele de bază ale selecției animalelor, cum au fost de mii de ani în urmă, rămân selecția artificială și încrucișarea interspecifică. Sunt aplicate două tipuri de încrucișare – **consangvină** și **neconsangvină**. Încrucișarea consangvină este aplicată pentru fixarea și păstrarea calităților valoroase la descendenți. În același timp, încrucișarea consangvină, ca și autopolenizarea la plante reduce viabilitatea animalelor.

Încrucișarea neconsangvină este aplicată pentru menținerea și îmbunătățirea caracterelor rasei. La fel ca și la plante, încrucișarea a două rase diferite de animale poate provoca fenomenul de heterozis. De exemplu, la încrucișarea a două rase diferite de găini pentru carne în prima generație de pui se obțin broileri, care rapid cresc și se maturizează.



**Fig. 59.3. Iapa (A), măgarul (B) și hibridul lor – catârul (C)**

## Selecția microorganismelor are particularitățile sale

Dacă poate fi efectuată selecția plantelor și animalelor cu caracterele dorite, de ce să nu se facă același lucru și cu microorganismele? Omul din vechime folosește bacteriile și ciupercile microscopice pentru obținerea produselor alimentare (cum ar fi pâinea, vinul, berea, brânza, legumele murate), dar nici nu bănuiau despre existența lor. Ca urmare, selecția microorganismelor ca știință a început să se dezvolte relativ târziu, numai în secolul al XX-lea. Iată câteva particularități ale selecției microorganismelor.

1. Selecționerul animalelor lucrează numai cu câteva zeci de animale, iar în cazul microorganismelor selecția este făcută din miliarde de ființe vii.
2. Generațiile de microorganisme alternează de sute de ori mai repede decât generațiile de animale sau plante.
3. Majoritatea microorganismelor sunt haploide, adică au un set de gene. Aceasta înseamnă, că toate mutațiile se manifestă imediat, în prima generație.
4. La bacterii lipsește reproducerea sexuată clasică, astfel hibridizarea în selecția microorganismelor nu este utilizată.
5. În selecția microorganismelor, precum și în selecția plantelor, este pe larg utilizată metoda de mutageneză artificială. Acest lucru mărește semnificativ frecvența mutațiilor și, în consecință, permite obținerea unui material mult mai divers pentru selecția artificială.

Metodele de selecție a microorganismelor, de exemplu, au făcut posibilă intensificarea producției de antibiotice și altor produse utile pentru om de sute de ori.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

1

Triticale este un hibrid interspecific al unor astfel de plante, ca

**A** secara și grâu

**B** ovăzul și orzul

**C** porumbul și mei

**D** sorgul și orezul

**E** grâu și orzul

1 Reamintim că microorganismele includ toate bacteriile, protozoarele, precum și ciupercile microscopice și algele.

- 2** Pentru poliploidizare celulele sunt tratate cu o substanță specială – colchicină. În urma dublării unei astfel de celule, numărul de cromozomi ai ei crește de două ori. Indicați structura celulei, care este distrusă de colchicină.  
**A** nucleul **B** cromozomii **C** fusul de diviziune **D** centriolii **E** citoplasma
- 3** Alegeți o afirmație corectă.  
**A** plantele de diferite soiuri pot aparține unei specii biologice  
**B** la un singur soi pot aparține plantele din diferite specii biologice  
**C** soiurile la plante reprezintă tot aceeași ce și subspeciile animalelor  
**D** plantele de diferite soiuri nu pot liber să se încrucișeze și să producă descendenți fertili  
**E** plantele de diferite rase sunt obținute artificial ca rezultat al reproducerii
- 4** Superioritatea hibridilor primei generații de la încrucișarea neconsangvină față de formele părintești se numește  
**A** poliploidie **B** heterozis **C** mutagenă  
**D** hibridare **E** autopolenizare
- 5** În setul de cromozomi ai grâului moale sunt 7 cromozomi. Poate oare să fie considerat un nou soi de grâu cu 10 cromozomi drept rezultat al poliploidizării?  
**A** da, deoarece numărul de cromozomi a crescut  
**B** nu, deoarece poliploidia este caracteristică numai animalelor  
**C** nu, pentru că după poliploidizare cantitatea de cromozomi trebuie să fie divizibilă la 7  
**D** nu, deoarece în urma poliploidizării numărul de cromozomi ar trebui să se reducă  
**E** nu, deoarece poliploidele au un număr impar de cromozomi

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Comparați particularitățile selecției animalelor și plantelor după următoarele criterii: rezultatul selecției, viteza alternării generațiilor, posibilitatea de a obține hibridi interspecifici, utilizarea reproducerii sexuate și asexuate.
- 7** În selecția organismelor se utilizează mutageneza artificială? Cu ce scop?
- 8** Ce este poliploidizarea? Care este rolul ei în selecția plantelor?
- 9** Ce metode sunt aplicate în selecția microorganismelor? Care sunt principalele deosebiri în selecția microorganismelor și selecția plantelor și a animalelor?
- 10** Examinați figura 59.3 și descrieți asemănările hibridului și speciilor parentale.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** De ce există o varietate atât de mare de rase de câini? Care este scopul creării anumitor rase?
- 12** Care sunt plantele poliploide noi le consumăm în mâncare? Sunt oare ele periculoase pentru sănătatea umană?

### Află singur și comunică altora

- 13** Care hibridi interspecifici de animale și plante sunt creați de selecționeri? Care sunt avantajele și dezavantajele acestor hibridi comparativ cu speciile parentale?
- 14** Numiți succesiunea de acțiuni necesare pentru a crea o nouă tulpină a ciupercii aspergil, care ar fi sintetizat cantități mari de vitamina B<sub>2</sub>.

## § 60. Biotehnologiile tradiționale

### Omul de mult timp folosește biotehnologia

Cuvântul „biotehnologia” în anul 1919 pentru prima dată l-a utilizat inginerul maghiar **Karoly Ereky**, când a descris procesul de creștere a porcilor, care sunt hrăniți cu sfeclă de zahăr. Conform definiției lui, **biotehnologia** reprezintă tot felul de lucrări, în care din materiile prime, cu ajutorul organismelor vii, se obțin anumite produse. Conform acestei definiții, sfecla este materie primă, din care cu ajutorul organismelor vii (porci) se obține produsul final – carnea de porc.

Definiția lui Ereky este actuală și în zilele noastre, dar a căpătat un sens, care ceva diferă, și este aplicat în principal pentru a descrie utilizarea microorganismelor, culturilor de celule sau organismelor modificate genetic în producția industrială.

Istoria dezvoltării biotehnologiei are câteva milenii. Chiar și fără a bănuși existența microorganismelor, oamenii din cele mai vechi timpuri le foloseau pentru a produce alimente.

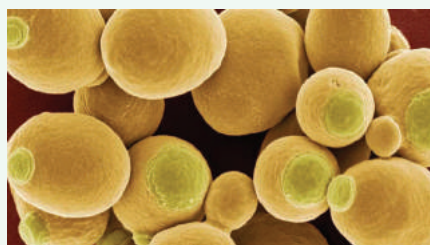
Existența microorganismelor a fost descoperită pentru prima dată de naturalistul-amator olandez Antony van Leeuwenhoek în 1675. Numai după aproape două secole, în 1862, savantul francez Louis Pasteur a examinat rolul microorganismelor în procesul de fermentație. Această descoperire a dat un impuls dezvoltării ulterioare a biotehnologiei ca disciplină științifică.

În prezent biotehnologia este una dintre discipline aplicate, care se dezvoltă cel mai dinamic. Ea utilizează realizările biochimiei, biologiei moleculare, geneticii, biologiei celulare și a altor științe în combinație cu metodele tehnologice pentru rezolvarea problemelor tehnologice. Biotehnologia joacă un rol hotărâtor în producerea alimentelor și a multor produse medicale (antibiotice, hormoni etc.). Ea a obținut cele mai mari succese la sfârșitul secolului XX – începutul secolului XXI, odată cu dezvoltarea metodelor de inginerie genetică.

### Microorganismele sunt folosite în producția de alimente

**Panificația.** Pâinea este unul dintre cele mai vechi alimente, produse de om. Inițial pâinea era consumată sub formă de terci din apă și făină, coaptă la foc, adică era preparată fără fermentare, din aluatul fără drojdie. Se consideră, că prima pâine de drojdie a apărut în Egiptul antic cu aproximativ 4000 de ani în urmă, de unde s-a răspândit aproape în toată lumea antică. Din punct de vedere al microbiologiei, dospirea este un proces de fermentare cu participarea drojdiei. Unul din principalele componente ale aluatului sunt ciupercile unicelulare – drojdiile de panificație (*fig. 60.1*), care în timpul fermentării produce un mijloc de afânare a pâinii – dioxidul de carbon.

**Producerea berii.** Berea este o băutură alcoolică slabă, cunoscută omenirii încă din cele mai vechi timpuri. Berea reprezintă rezultatul



**Fig. 60.1. Microfotografie electronică a celulelor de drojdie de panificație**

*Fotografia este colorată manual.  
Sunt clar vizibile locurile de înmugurire.*





**Fig. 60.2. Procesul de fermentare a mustului**

O trăsătură caracteristică a fermentației este degajarea intensivă a dioxidului de carbon, ceea ce duce la formarea spumei.

fermentației cu ajutorul drojdiilor a mustului de malt – grăunțelor de cereale, cel mai des de orz, umezite și încolțite. Pentru prepararea berii sunt utilizate drojdii de diferite specii și tulpini, care sunt au o denumire generală drojdie de bere.

Prepararea berii a fost cunoscută popoarelor Mesopotamiei antice, Egiptului, Romei, Chinei și altor civilizații. Succese deosebite în fabricarea au avut loc în Europa medievală. Faptul este că, din cauza lipsei de canalizare eficientă și antisani-tarie în orașele europene consumul de apă potabilă a fost extrem de riscant. Având în vedere acest lucru, daunele asupra sănătății cauzate de consumul de bere erau, fără îndoială, nu atât de grave.

În ciuda popularității de bere din lume, ea, ca și orice băutură alcoolică, în caz de consum excesiv provoacă daune semnificative pentru sănătate, mai ales dacă este consumată de adolescenți.

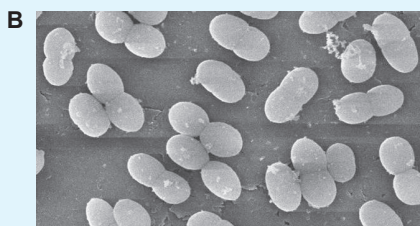
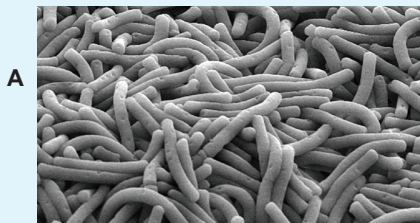
**Vinificația.** Vinul a fost primul produs pentru care s-a dovedit necesitatea de microorganisme. Studiind vinul la etapa de maturare a vinificatorilor francezi sub microscop, Louis Pasteur a descoperit un număr mare de organisme vii microscopice și a presupus, că acestea răspund pentru fermentarea mustului. Mai târziu, s-a constatat că aceste organisme sunt drojdie, care trăiesc în natură pe boabele de struguri, nimeresc în mustul boabelor zdrobite și datorită procesului de fermentație alcoolică îl transformă în vin (*fig. 60.2*).

**Fermentația lactică.** Pentru prepararea produselor lactate (iaurtului, chefirului, smântânii, brânzei de casă, laptelui acru) se folosesc bacterii lactice, care transformă glucida laptelui lactoza în acid lactic.

La prepararea diferitor produse lactate acide sunt utilizate diferite specii de bacterii lactice (*fig. 60.3*). De exemplu, în compoziția iaurtului intră bacilul bulgar și streptococul termofil; în compoziția laptelui acru – lactococul mezofil.

În afară de fabricarea produselor lactate acide, bacteriile lactice sunt, de asemenea, utilizate pentru murarea legumelor și însilozarea furajelor pentru animale. Muratul legumelor nu numai că le oferă un nou gust, dar, de asemenea, le prelungește în mod semnificativ termenul de valabilitate datorită acidificării mediului, ceea ce îl face nepotrivit pentru dezvoltarea altor microorganisme.

**Brânzeturile.** Tehnologia preparării brânzeturilor este cunoscută de omenire timp de cel puțin 7–8 mii de ani, deci brânza poate fi considerată ca produs alimentar chiar și mai veche decât pâinea de drojdie.



**Fig. 60.3. Bacteriile lactice**

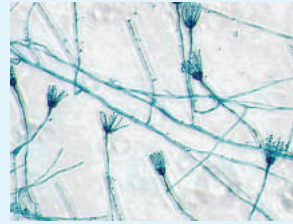
A. Bacilul bulgar din iaurt.

B. Lactococul din laptele acru.



**Fig. 60.4. Laptele după coagulare cu enzima cheagului**

După prelucrare laptele are aspectul unei mase gelatinoase în zer lichid.



A



B

**Fig. 60.5. Utilizarea mucegaiului pentru producția de brânză**

A. Hifele și sporangeli ciupercii penicilului.  
B. Brânză Roquefort care conține această ciupercă.

Spre deosebire de alte produse lactate, principala metodă de producere a brânzeturilor este coagularea laptelui (fig. 60.4) sub acțiunea enzimei digestive **chimozinei** (cunoscută și cu denumirea de cheag sau renină). Anterior chimozina era extrasă din stomacul vițelilor sugari sacrificați, dar prin dezvoltarea ingineriei genetice în anii 1990 au început să producă chimozina cu ajutorul bacteriilor modificate genetic. În prezent utilizarea chimozinei de vițel rapid se reduce: până la 80% din brânzeturi din lume deja sunt fabricate folosind chimozina produsă de bacterii. După coagularea laptelui masa rezultată de brânză este filtrată, amestecată, sărată și lăsată să se matureze. Puteți vedea întregul proces de producție industrială a brânzeturilor **pe cale video, accesând linkul**.

În afară de aceasta, la producția unor tipuri de brânzeturi sunt folosite câteva specii de mucegai comestibili de penicil (fig. 60.5). La acestea aparțin brânza Brie și Camembert, precum și brânzeturile albastre Roquefort, dorblu, gorgonzola și altele, care se deosebesc prin miros caracteristic.



## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 NU este un proces biotehologic
  - A producția de iaurturi cu utilizarea bacteriilor lactice
  - B producția cărnii de porc, hrăniți cu sfeclă de zahăr
  - C producția de cvas cu utilizarea drojdiilor
  - D producția de paste făinoase din grâu dur
  - E producția de insulină umană cu utilizarea bacilului intestinal
- 2 Natura microbiană a fermentației a fost pentru prima dată studiată de
 

A Anthony van Leeuwenchu	B Louis Pasteur
C James Watson	D Robert Koch
E Karoly Ereky	

- 3** NU sunt utilizate ciupercile în producerea unui astfel de produs, ca  
**A** brânza Roquefort      **B** pâinea de seară  
**C** vinul                      **D** brânza de casă  
**E** berea
- 4** Chimosina produsă de bacterii este folosită pentru  
**A** producția de brânzeturi în loc de cheagul vițelilor  
**B** obținerea pâinii fără drojdie  
**C** producția de bere  
**D** murarea accelerată de legume  
**E** încetinirea fermentării mustului de struguri
- 5** Schema transformării chimice, care este utilizată în producția alimentară și decurge sub influența microorganismelor, este  
**A** aminoacizii → grăsimile  
**B** hidrocarburile → aromele  
**C** proteinele → alcoolul etilic  
**D** vitaminele → acidul citric  
**E** glucidele → acidul lactic

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Ce a însemnat la început termenul „biotehnologia” și care este sensul lui actual?
- 7** Descrieți rolul cercetărilor lui Louis Pasteur în crearea bazelor științifice ale biotehnologiei.
- 8** Pentru ce se folosesc drojdiile la fabricarea pâinii?
- 9** Pentru fabricarea căror produse alimentare sunt aplicate bacteriile lactice?
- 10** Descrieți pe scurt tehnologia de fabricare a brânzei. Numiți microorganismele, care pot fi utilizate în această producție.

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care cercetări l-au adus pe Louis Pasteur la descoperirea naturii biologice a fermentației?<sup>1</sup>
- 12** După care criterii diferite specii de procariote sunt combinate într-un grup de bacterii lactice? Care taxoni de bacterii aparțin la acest grup?

### Află singur și comunică altora

- 13** Microorganismele sunt folosite nu numai în industria alimentară, ci și pentru rezolvarea multor altor sarcini specifice. În care alte domenii ale activității umane și în ce scop sunt folosite microorganismele?
- 14** Una dintre cele mai importante sarcini ale biotehnologiei este producerea de medicamente, de exemplu, de antibiotice. Ce medicamente și cum sunt preparate cu utilizarea metodelor biotehnologice?

<sup>1</sup> Ca o sursă de informare despre aceste și alte cercetări ale lui Louis Pasteur recomandăm cartea lui Paul de Kruif „Vânători de microbi”, în care extrem de interesant este descrisă istoria dezvoltării microbiologiei.

## Anexa XIII

### Prin ce ceaiul negru diferă de ceaiul verde?

O luptă aprigă între iubitorii de ceai și iubitorii de cafea pe recepții durează de la mijlocul secolului al XVII-lea, de atunci când ceaiul a nimerit prima dată în Europa. Încă mai îndelungate sunt controversele dintre amatorii ceaiurilor negru și verde, pe care noi le-am moștenit din China – patria acestei băuturi minunate. De câte ori ați început dimineața cu o ceașcă de ceai parfumat? De câte ori ați amânat toate afacerile și v-ați promis că o să vă întoarceți la lucru peste vreo zece minute, cum numai o să terminați de băut ceaiul? Această băutură atât de ferm a intrat în viața noastră, că a devenit o parte a culturii, motiv pentru milioanele de conversații, decizii aprobate și amânate, întâlniri mult așteptate și întâmplătoare, și câte kilograme de biscuiți s-au servit la „ceai”.

Ceaiul verde, ceaiul negru, oolong, pu-erh, ceaiul galben, alb și sencha – pentru fiecare cunoscător delicat se va găsi un propriu gust unic. Dar ce determină toate diferențele dintre ele?

De fapt, toate aceste băuturi sunt făcute din frunzele uscate, special prelucrate și opărite ale unuia și aceluiași arbust de ceai. Unui singur arbust, ai auzit corect. În ciuda mării varietăți de ceaiuri, toate sunt preparate dintr-o specie de plantă – cameliei chineze. Ea nu este înzestrată cu culori atât de strălucitoare ca alte camelii și pare destul de neobservabilă. Dar, așa cum se întâmplă de obicei cu frumusețea adevărată, ea este ascunsă în interior.

Soiurile de ceai variază după locul de creștere, vârstă și, mai ales, modul de prelucrare a frunzelor de ceai. După culegerea manuală, frunza de ceai este supusă fermentării – procesului de oxidare datorat enzimelor proprii. Anume această etapă a producției de ceai determină, la ce tip și clasă va aparține băutura. La început frunzele de ceai le răsucesc și lasă să se ofilească și să se „fermenteze în propriul suc”. Cu cât mai mult durează etapa de fermentare a frunzelor de ceai, cu atât el va avea culoare mai închisă și gust mai bogat. Se termină acest proces cu uscarea frunzelor la temperaturi ridicate. Ceaiul verde este supus oxidării minime, nu mai mult de trei zile, iar pentru fabricarea ceaiului negru uneori procesul este prelungit până la o lună – până când frunzele nu sunt oxidate aproape complet.

Principalul efect terapeutic al ceaiului este asigurat de alcaloizi. Cel mai cunoscut dintre ei, desigur, este cofeina. După cum puteți vedea, chiar și cei mai aspri adversari pentru înțâietate – ceaiul sau cafeaua – într-adevăr nu sunt atât de departe unul de altul. Dar, de asemenea, în ceai se conține teobromina, nofilina, xantina, hipoxantina și paraxantina. Ultimele sunt antagoniștii cofeinei. Datorită fermentației mai moale ceaiul verde are un conținut mai mare de cofeină, ceea ce îi permite să exercite un efect mai puternic tonificator imediat după ce pătrunde în organism. Dar acțiunea lui este foarte scurtă, iar în joc imediat intră antagoniștii, care reduc tonusul vascular și reduc tensiunea arterială. Iar ceaiul negru acționează mai încet, și cu toate că proprietățile lui tonificatoare nu sunt la fel de mari, datorită conținutului ridicat de vitamine B și P, care se păstrează în procesul de fermentație, el mai mult tip susține tonusul vascular și nu cauzează schimbări extreme de presiune. De aceea se consideră, că ceaiul verde este mai util pentru hipertonicii, iar cel negru – pentru hipotonici.

Dar, indiferent de numărul mare de varietăți de ceai preferat, puteți să fiți siguri: pe lângă vitamine și antioxidanți folositori, veți primi căldură internă, o reflecție liniștită și, desigur, o aromă de neuitat. Fiindcă, deși Margaret din romanul fiului lui Alexandre Dumas a ales florile de camelie, deoarece ele „nu au practic nici un miros”, frunzele opărite de camelie chineză pot compensa complet acest neajuns.

Iar, în timp ce voi cugetați asupra acestei povestiri, eu o să mă duc să-mi fac un ceai aromatic înainte de a începe ziua de lucru. Sau trebuie să fie preferată cafeaua?

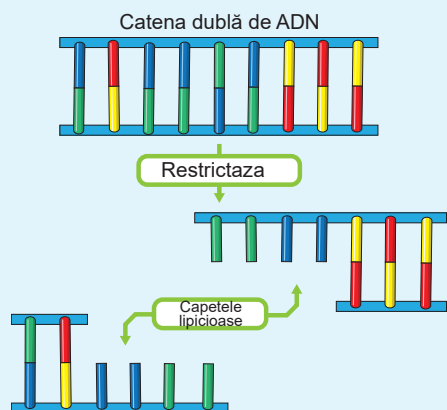
### Daria Vdovenko



A absolvit Școala de cultură generală № 80 din Kharkiv în 2007. Câștigătoarea multiplă al olimpiadei naționale de biologie și turneelor de chimie. A continuat studiile la Universitatea de Stat din Moscova. Acum studiază la aspirantură în Școala Superioară Tehnică din Zurich (ETH) cu specializarea în „imunologie”.



## § 61. Ingineria genetică și celulară



**Fig. 61.1. Tăierea moleculei de ADN cu restrictaza**

Ca urmare a funcționării enzimelor se formează două fragmente cu capete adezive – secvențe monocatenare de nucleotide complementare una cu alta.

### Baza moleculară a eredității este cheia biotehnologiei moderne

În a doua jumătate a secolului XX odată cu dezvoltarea geneticii și biologiei moleculare omul a căpătat o posibilitate nu numai să obțină combinațiile de gene existente în natură, dar, de asemenea, să intervină direct în ereditatea organismelor, creând ființe vii cu proprietăți complet noi.

Acest lucru a devenit posibil datorită unei serii de descoperiri în genetica moleculară și clarificarea mecanismelor de transmitere și de realizare a informației ereditare. Să ne amintim principalele etape ale acestei căi.

În 1928 medicul englez **Frederick Griffith** a descoperit fenomenul de transformare bacteriană, adică capacitatea bacteriilor de a absorbi din mediu un „factor transformativ”, care modifică ereditatea.

În 1944 biochimistul american **Oswald Avery** a examinat natura chimică a acestui factor: el s-a dovedit să fie, după cum ne este acum bine cunoscut, ADN-ul. Pentru prima

dată în istoria științei această moleculă a fost asociată cu ereditatea!

La sfârșitul anilor 1960 au fost descoperite endonucleazele de restricție, sau prescurtat restrictazele, care permit să se taie molecula de ADN în locurile cu secvențe specifice (fig. 61.1).

Aproximativ în același timp cu descoperirea restrictazelor, în 1967 a fost descoperită o altă enzimă cheie – ADN ligază. Ligaza leagă între ele moleculele ADN, și împreună cu restrictazele este utilizată pe scară largă în biologia moleculară și biotehnologie.

În 1970 **Howard Temin** și **David Baltimore** au descoperit transcriptaza inversă – o enzimă virală capabilă de a sintetiza ADN-ul pentru matricea de ARN (anterior se considera, că acest lucru este imposibil). Descoperirea lui Temin și Baltimore a făcut posibil să se lucreze nu numai cu organisme, ce conțin ADN, dar și direct cu ARN-ul lor.

Anul 1972 poate fi considerat drept anul nașterii ingineriei genetice, în acest an **Paul Berg** de la Stanford a obținut prima moleculă de ADN **recombinant**, adică molecula formată prin adăugarea unui fragment ADN la altul (fig. 61.2). În 1980, pentru această lucrare Paul Berg a primit Premiul Nobel pentru Chimie.

În 1978 tehnologia ADN-ului recombinant a fost aplicată pentru prima dată în practică: gena insulinei umane a fost transferată la bacilul intestinal, și deja în 1982 compania Genentech a lansat primul preparat comercial a proteinei recombinante – insulinei<sup>1</sup>.

1 Reamintim, că insulina este un hormon de natură polipeptidică. El este produs de pancreas și reglează metabolismul și, în primul rând, concentrația de glucoză în sânge.

Lipsa insulinei provoacă o boală gravă – diabetul zaharat, care era considerată incurabilă până în 1922, când a fost inventată metoda de purificare a insulinei din pancreasul bovinelor. Până în 1982 eliminarea insulinei din țesuturile animalelor era singura metodă de a o obține pentru tratamentul diabetului zaharat. Astăzi majoritatea insulinei, care se află în vânzare, este produs prin inginerie genetică.

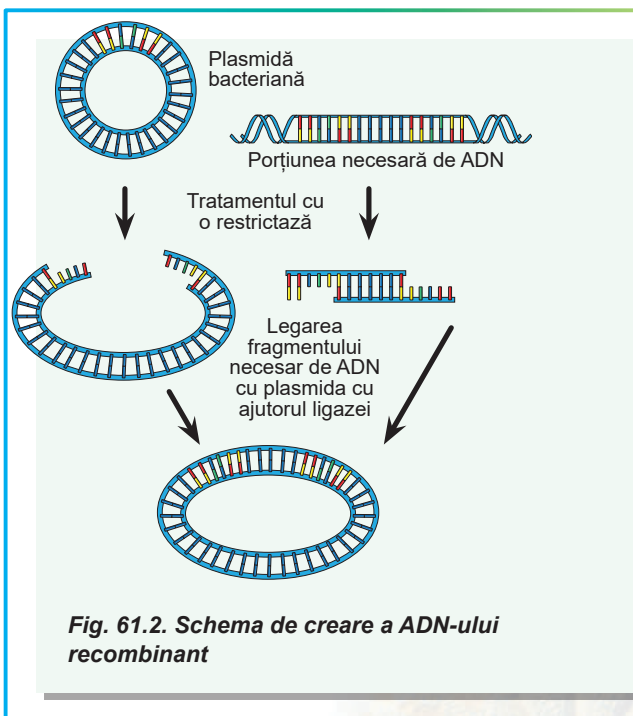
În 1987 Kary Mullis a elaborat metoda **reacției de polimerizare în lanț** (RPL) – o metodă simplă de a obține rapid un număr mare de copii ale anumitului segment de ADN, despre care cunoașteți deja din § 39. Pentru crearea RPL Kary Mullis în 1993 a primit Premiul Nobel pentru Chimie.

Dezvoltarea tehnologiei de ADN recombinant cu aceasta nu s-a oprit. În prezent **ingineria genică** (numită și **inginerie genetică**) reprezintă o totalitate de metode de manipulare a genelor, care a devenit cel mai esențial instrument al biotehnologiei. Folosind metodele de inginerie genetică se produc hormoni, vaccinuri, interferon, antibiotice și alte produse recombinante. Au fost elaborate metodele de transfer de gene nu numai la celulele bacteriilor, ci și ale organismelor pluricelulare – plantelor și animalelor. Cu întrebarea creării organismelor pluricelulare modificate genetic vom face cunoștință în § 63, iar acum să ne familiarizăm cu metodele, care sunt folosite în lucrul cu bacteriile.

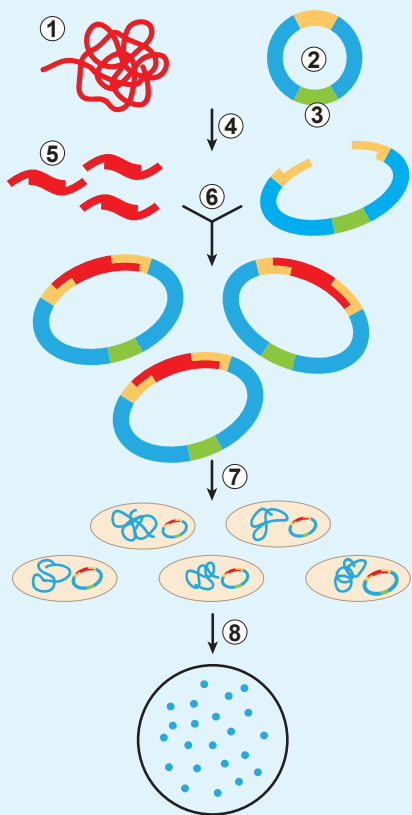
## Ingineria genetică permite transferul genelor unor organisme la altele

Să examinăm succesiunea tipică de acțiuni pe un exemplu simplu de creare a bacteriilor, care sintetizează o anumită proteină umană (această metodă este folosită pentru producerea insulinei recombinante). Pe parcursul anilor 1970–1980 această tehnologie a făcut o adevărată revoluție; iar acum procesul este într-atât de perfecționat, că un biolog calificat în laborator bine echipat poate crea o astfel de bacterie în mai puțin de o săptămână de muncă. Procedura standard pentru transferul genelor în celula bacteriană are câteva etape (*fig. 61.3*).

Prima etapă este de a obține o **genă țintă izolată**. Știți deja, că gena reprezintă o porțiune a moleculei de ADN, responsabilă, cel mai des, pentru sinteza proteinelor. Sursa de genă pentru lucru, de obicei, servește sau ADN-ul organismului, sau ARN-ul. Utilizarea ARN-ul este preferabilă, deoarece el nu conține introni – secvențe necodificatoare. Dar lucrul cu ARN-ul include o etapă suplimentară: la început pe baza lui cu ajutorul enzimei transcriptazei inverse este sintetizat așa-numitul **ADN complementar** (ADNc). Pe lângă sursele naturale, ADN-ul poate fi obținut în mod artificial prin sinteza chimică.



**Fig. 61.2. Schema de creare a ADN-ului recombinant**



**Fig. 61.3. Schema de inginerie genetică**

Datorită restricției se taie porțiunea necesară din ADN-ul străin, și de asemenea se taie plasmida. Fragmentele de ADN sunt cusute de către ligază pentru obținerea unui vector de transformare. După transformare nu toate bacteriile primesc plasmida cu genă. Și pe mediul nutritiv cu antibiotic cresc numai cele, care au primit plasmida cu gena de rezistență la antibiotice.

1. ADN-ul străin. 2. Plasmida.
3. Gena rezistenței la antibiotic.
4. Tratamentul cu restricțaza.
5. Gena țintă. 6. Incluziunea genei în plasmidă. 7. Transformarea.
8. Cultivarea celulelor transformate.

În prezent odată cu dezvoltarea metodelor de sinteză chimică a ADN-ului această metodă devine din ce în ce mai populară.

La utilizarea ADN-ului sau ARN-ului din surse naturale apare o problemă: în fiecare celulă sunt zeci de mii de gene. Pentru a transfera bacteriei numai una dintre ele, trebuie mai întâi s-o primească într-o formă convenabilă pentru lucru. În acest scop este aplicată o metodă relativ simplă și sigură – reacția de polimerizare în lanț, care asigură „înmulțirea” porțiunii de ADN și obținerea unui mare număr de copii ale ei. Fragmentul rezultat conține toată informația cu privire la secvența de aminoacizi ai proteinei, care ne interesează, dar de-l transferat direct în bacterie nu se poate – el va fi nefuncțional în ea, deoarece bacteria nu are nici o „instrucțiune” despre lucrul cu el.

Pentru ca el să înceapă să funcționeze în bacterie, este necesară următoarea etapă de lucru – **încorporarea genei în vectorul bacterian**. Vector se numește o moleculă specială de ADN, destinată pentru transferul materialului genetic. Deși la bacterii lipsește reproducerea sexuată adevărată, totuși există mecanisme specifice pentru schimbul cu părți mici de informație genetică codificată în plasmide – molecule circulare de ADN cu lungimea de câteva mii de perechi de nucleotide. Plasmidele întâlnite în natură, de obicei, conțin câteva gene utile, cum ar fi cele, care furnizează rezistența bacteriilor la antibiotice. Vectorii pentru transferul materialului genetic este de obicei creat anume pe baza acestor plasmide.

Pentru a încorpora gena umană într-un vector bacterian la început în vector se face o tăietură cu enzime speciale – restricțaze, apoi se amestecă cu ADN-ul, care codifică proteina umană (anume el a fost obținut în etapa anterioară), și se coase tăietura cu ajutorul enzimei ADN ligaza.

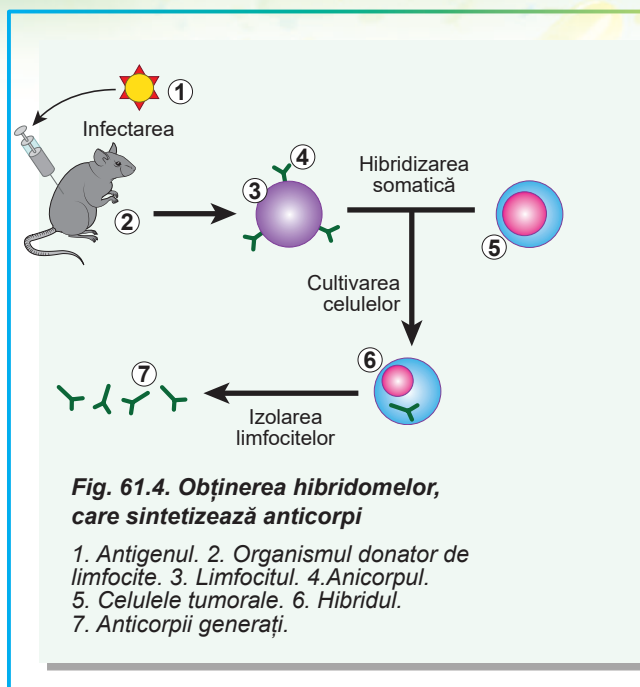
A treia etapă este **transferul vectorului în bacterii**. Acest proces se bazează pe proprietățile naturale ale bacteriilor de a absorbi molecule mici de ADN și se numește transformare bacteriană. Cel mai des sunt utilizate celulele obișnuitului bacil intestinal, dar pentru scopuri diferite pot fi utilizate bacterii sau drojii de alte specii.

Apoi are loc **selecția celulelor transformate**.

Vectorii, de obicei, conțin nu numai secvențe reglatoare de ADN, care impun bacteria să efectueze transcripția genelor încorporate în vector, ci și markeri genetici (de exemplu, gene de rezistență la antibiotice), care asigură selecția rapidă a celulelor, în care este

încorporat vectorul. Fiecare celulă de acest tip va da naștere la un număr mare de celule, fiecare dintre care vor conține vector. Descendența genetic identică a unei celule se numește clonă, iar întregul proces de obținere a unui număr mare de molecule ADN identice – **clonare moleculară**.

Bacteria rezultată va produce proteine umane, care cu ajutorul unor metode fizico-chimice simple pot fi ușor purificate de impurități și utilizate. Etapa finală (și, în același timp, cea mai grea și cea mai scumpă) a creării oricărui produs comercial modificat genetic este verificarea siguranței sale pentru sănătatea umană și pentru mediu. Dacă un biolog calificat în caz de circumstanțe norocoase poate crea un microorganism transgenic în câteva zile, atunci testarea proprietăților acestui organism și verificarea siguranței în unele cazuri durează ani de zile.



## Datorită ingineriei celulare este posibilă crearea noilor tipuri de celule

Aproximativ în același timp cu ingineria genetică a început să se dezvolte o nouă direcție aplicată a biotehnologiei – ingineria celulară. **Ingineria celulară** este o totalitate de metode de obținere a noilor tipuri de celule, cultivarea lor și aplicarea practică. Metodele de creștere a celulelor animale în afara corpului au fost dezvoltate la începutul secolului al XX-lea, dar au inițiat dezvoltarea ingineriei celulare în cercetările, efectuate în anii 1960. Atunci au fost elaborate metodele de **hibridizare somatică** – fuziune artificială a celulelor somatice și obținerea celulelor viabile, capabile practic fără sfârșit să producă celule asemănătoare cu sine înseși. Metodele de hibridizare somatică permit producerea celulelor hibride din celule de diferite tipuri sau chiar din celulele organismelor de diferite specii biologice. Astfel de celule sunt interesante nu numai din punct de vedere al cercetărilor biologice fundamentale (de exemplu, cu ajutorul lor a fost determinată poziția diferitor gene în cromozomii umani), dar au și o mare importanță practică. De exemplu, celulele hibride, formate prin fuziunea limfocitelor cu celulele tumorale, sunt capabile să producă anticorpi, la fel ca și limfocitele și totodată să se dividă nelimitat de mult în timpul cultivării (fig. 61.4). Astfel de celule sunt numite **hibridome**. Ele servesc drept principala sursă de producție a anticorpilor industriali.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 Insulina aparține unei astfel de clase de compuși ca  
**A** proteinele **B** lipidele **C** glucidele **D** acizii nucleici **E** compuși anorganici



- 2** Cu ajutorul restrictazelor și ligazelor este posibil  
**A** de tăiat și de cusut moleculele de ADN  
**B** de copiat secvențe specifice de ADN  
**C** de transferat genele de la un organism la altul  
**D** de efectuat selecția organismelor transgenice  
**E** de a suprima efectul mutagenilor
- 3** Cel mai des pentru experimentele din ingineria genetică este utilizată specia de microorganisme  
**A** bacilul intestinal                      **B** bacilul tuberculozei                      **C** amiba  
**D** drojdiile                                      **E** stafilococul
- 4** Pe molecula de ARN este sintetizat ADN-ul complementar lui prin utilizarea enzimei  
**A** ADN polimeraza                                      **B** ligaza                                      **C** restrictaza  
**D** transcriptaza inversă                                      **E** ARN polimeraza
- 5** Procesul de absorbție a moleculei de ADN din mediul înconjurător de către celulele bacteriene se numește  
**A** transformare                                      **B** translație                                      **C** transcripție  
**D** translocare                                      **E** transmutație

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Descrieți succesiunea de acțiuni pentru clonarea genei proteinei de fluorescență verde din meduza Aequorea în bacilul intestinal.
- 7** Ce descoperiri științifice a trebuit să se facă, pentru ca ingineria genetică să devină o realitate?
- 8** Cum crearea tehnologiei de inginerie genetică a bacteriilor a ajutat medicinei?
- 9** Cum în schema prezentată în figura 61.3 este efectuată selecționarea coloniilor, care conțin gena țintă?
- 10** Explicați tehnica de obținere a unei hibridome. Cum sunt utilizate hibridomele?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 11** Care sunt avantajele metodelor de inginerie genetică în comparație cu metodele selecției clasice a microorganismelor? De ce, în ciuda acestui fapt, selecția microorganismelor continuă să se aplice acum?
- 12** Hibridii căror organisme au fost obținuți prin metoda de hibridizare somatică? Au devenit oare aceste organisme necesare în știință și în industrie?
- 13** Cum cu ajutorul hibridizării somatice s-a reușit să se stabilească în care cromozom se află o anumită genă?

### Află singur și comunică altora

- 14** Descrie amenințările biologice potențiale legate de crearea și utilizarea bacteriilor modificate genetic.
- 15** Povestește despre perspectivele utilizării microorganismelor modificate genetic în diferite domenii ale activității umane.

## § 62. Rolul biotehnologiei în medicină

### Terapia genetică poate salva viețile oamenilor

Dacă plantele și animalele transgenice au fost cu succes produse de câteva decenii, nu este oare posibil să se aplice metodele ingineriei genetice pentru om? Într-adevăr probleme tehnice principiale pentru acest proces nu există. În acest paragraf noi vom examina mai detaliat realizările și problemele **terapii genice** (sau **genoterapiei**) – domeniului medicinei, care utilizează metodele de transfer și modificare a genelor pentru tratamentul bolilor umane.

Din § 39 știți deja, că terapia genică poate fi folosită pentru tratamentul bolilor ereditare. De asemenea, această metodă poate să ajute bolnavilor de cancer, de boli ale sistemului nervos<sup>1</sup> și boli infecțioase. Astăzi metodele de terapie genetică trec studii clinice, multe dintre acestea au arătat un efect pozitiv asupra sănătății pacientului.

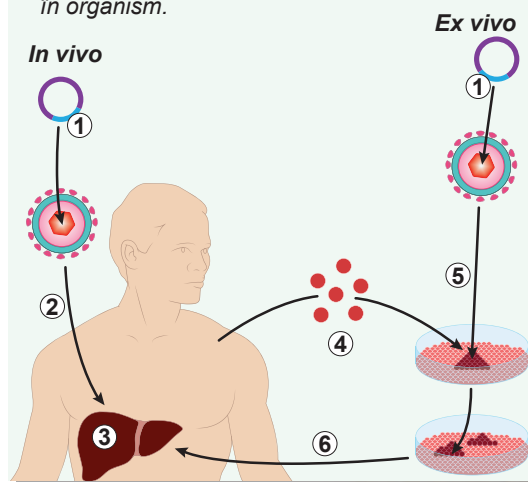
Direcția principală a terapii genice este **genoterapia somatică** – producerea unei copii „corecte” a genei sau „inactivarea” formei ei mutante în celulele somatice. Astfel de modificări nu se moștenesc. Există multe metode experimentale diferite pentru transferul ADN-ului celulelor organismului, dar în practică s-a dovedit a fi mai cu succes, după cum știți, transferul cu ajutorul virusurilor modificate. Desigur, virușii sunt modificați astfel, încât să împiedice complet reproducerea acestora în celulele pacientului și pentru a evita capacitatea lor de a afecta alte celule sau alți oameni. După infectarea celulelor, virusurile încorporează ADN-ul său, care conține o genă „terapeutică” în ADN-ul pacientului. Gena încorporată este citită și, de exemplu, sau compensează defectul genetic existent, sau intensifică capacitatea celulelor de a rezista la virusurile patogene, sau permite celulelor imune să omoare celulele canceroase.

Cel mai des acțiunii genoterapiei sunt direct expuse celulele pacientului – in vivo, adică într-un organism viu. Iar uneori asupra celulelor acționează după izolarea lor din organism. O astfel de metodă se numește terapie ex vivo, adică în afara organismului. După modificarea genetică ex vivo, celulele „reparate” sunt „întoarse” pacientului (fig. 62.1).

În prezent, în lume sunt permise mai puțin de zece preparate de terapie genică, dar mult mai multe sunt la etapa de studii clinice. Se elaborează metode nevirale de transfer al ADN-ului și metode noi de modificare a genomului. S-au obținut rezultate promițătoare de tratare a unor forme de cancer. Se așteaptă ca terapia genică

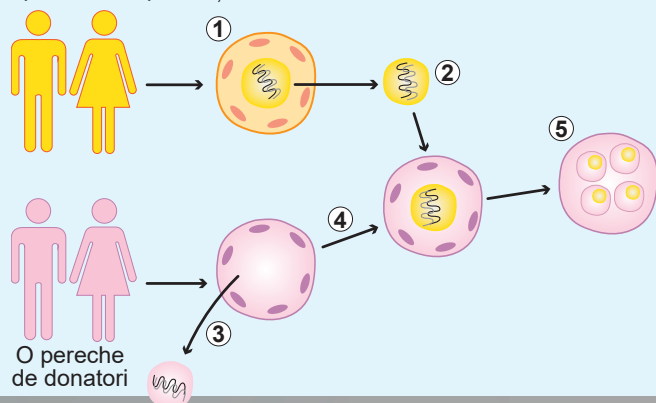
**Fig. 62.1. Două moduri de terapie genică**

1. Gena „terapeutică”. 2. Introducerea virusului în organism. 3. Organul bolnav (de exemplu, ficatul). 4. Izolarea celulelor din corp. 5. Infectarea celulelor izolate cu virusul cu o genă „terapeutică”. 6. Întoarcerea celulelor cu genomul corectat în organism.



1 De exemplu, boala Alzheimer și Parkinson, coreea Huntington.

O pereche de pacienți



**Fig. 62.2. Metoda de transfer al citoplasmei**

1. Zigotul unei perechi de pacienți cu mitocondriile deteriorate.
2. Nucleul sănătos este izolat din zigotul deteriorat.
3. Nucleul este eliminat din zigotul sănătos.
4. Nucleul pacienților este transferat în zigotul donatorilor cu mitocondrii sănătoase.
5. Embriunul, lipsit de boli mitocondriale.

poate complet să modifice abordările pentru tratamentul unor boli infecțioase, să încetinească procesul de îmbătrânire, să corecteze defectele genetice.

Însă odată cu dezvoltarea terapiei genice apar noi probleme etice. Cât de departe poate să ajungă modificarea genomului uman? Oare nu vor duce succesele terapiei genice la apariția unor „copii de designer” cu indice atletice sau intelectuale perfecționate? Nu se va agrava oare genofondul umanității și nu va reînvia oare eugenica – învățătura despre „îmbunătățirea” ei imaginară? Având în vedere progresele ingineriei genetice moderne, în curând vor fi necesare răspunsurile la aceste întrebări.

## Transferul mitocondrial ajută în cazul bolilor mitocondriale

Drept una din formele de terapie genică poate fi considerat **transferul mitocondrial** (sau metoda de **transfer citoplasmatic**) – o metodă elaborată recent, care dă posibilitatea de a trata unele forme de infertilitate și de a preveni dezvoltarea bolilor fetale asociate cu defectele mitocondriale. Mitocondriile au propriul lor ADN, care codifică câteva proteine, ARN de transport și ribozomal. În ciuda dimensiunii reduse, acest ADN este necesar pentru funcționarea normală a celulelor, iar mutațiile lui cauzează tulburări grave, adesea letale pentru dezvoltarea copilului. ADN-ul mitocondrial este moștenit de la mamă la copil (cauzând moștenirea citoplasmatică), și dacă mama are în el mutație, copilul, de asemenea, se va naște bolnav.

În cazurile grave singura metodă eficientă de rezolvare a acestei probleme este utilizarea mitocondriilor sănătoase de la un donator pentru a înlocui mitocondriile mamei, care conțin mutații în ADN-ul mitocondrial. Deja sunt elaborate metode, care permit transferul nucleului din zigotul sau ovulul pacientei în ovulul sau zigotul sănătos, obținute de la o femeie-donator. Acest zigot, care conține materialul cromozomial al ambilor părinți și mitocondrii de la a treia femeie, dă naștere la un embrion sănătos, care se dezvoltă în mod normal în uterul femeii-paciente. Schema acestui proces este prezentată în figura 62.2.

În locul zigotilor pot fi ovule, atunci după transferul nucleului este efectuată fecundația artificială cu spermatozoidii tatălui.

Tehnologia de transfer mitocondrial în literatura populară uneori este numită naștere a copilului de la trei părinți, dar cu această definiție nu sunt de acord majoritatea acelor specialiști, care lucrează în acest domeniu. ADN-ul mitocondrial codifică numai

13 proteine umane din câteva zeci de mii, care sunt prezente în organism, adică contribuția lor la formarea fenotipului copilului este minimă.

Știința ucraineană nu stă departe de realizările ei în lume. Medicii noștri printre primii din lume au reușit cu succes să transfere mitocondriile, datorită cărui fapt în ianuarie 2017 la Kiev s-a născut o fată sănătoasă.

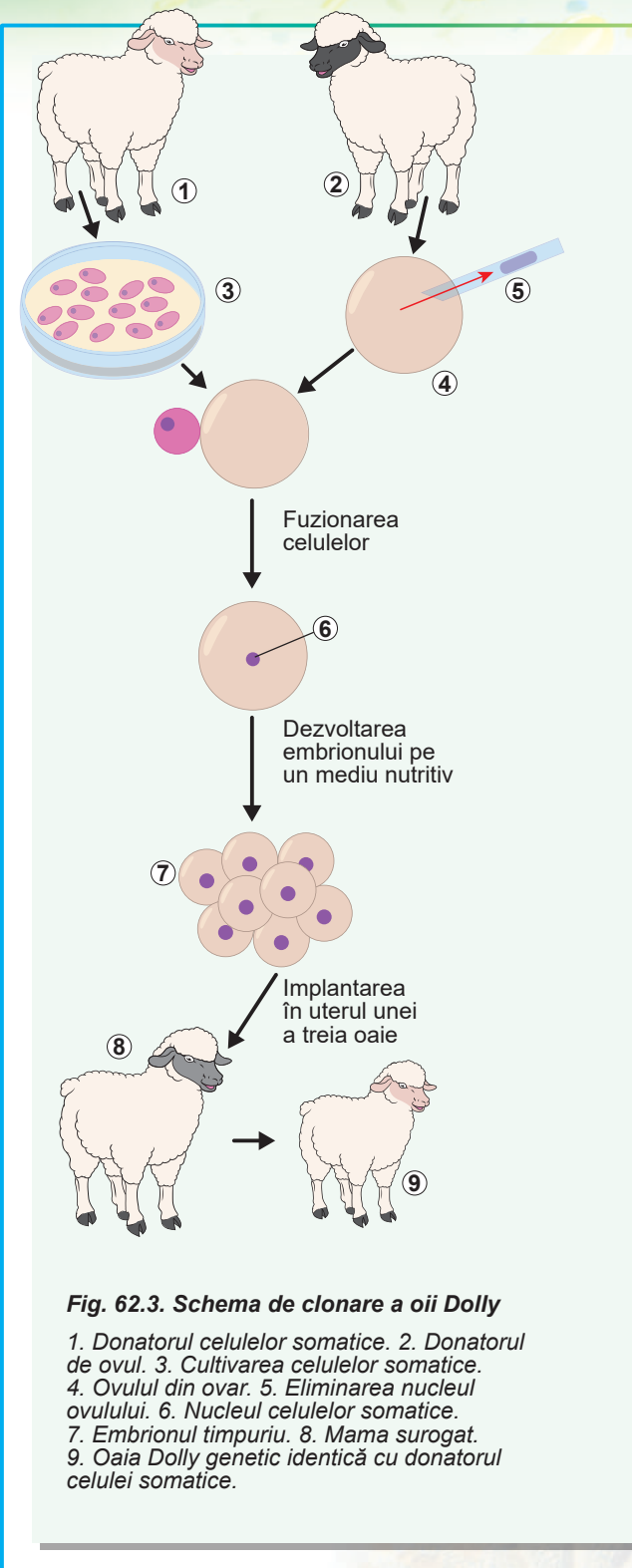
## Clonarea mamiferelor deja este posibilă

Clonarea mamiferelor în timpul său a devenit o senzație reală și era pe larg discutată în presă. Cuvântul „clonare” înseamnă obținerea copiilor identice – **clonelor** – a cuiu sau ceva, în acest caz, ale unui organism pluricelular. Clonarea reușită a broaștelor a fost realizată în anii 1960–1970, dar clonarea mamiferelor a fost o sarcină mult mai dificilă. Primul mamifer clonat în 1996 a devenit o oaie pe numele Dolly.

Principiul clonării constă în înlocuirea nucleului haploid al ovulului cu nucleul diploid al unei celule somatice (adică aproape oricărei celule a corpului, cu excepția celei sexuale). Celulele rezultate ale acestui organism sunt genetic identice organismului, din care a fost luată celula somatică (fig. 62.3).

Deja sunt elaborate metode, care permit clonarea multor animale (șoarecilor, porcilor, vacilor, câinilor, pisicilor și altora). Pe lângă unele progrese, clonarea nu este o procedură simplă de rutină: nu fiecare embrion se dezvoltă în organism adult, iar la animalele obținute într-un astfel de mod, frecvent se observă patologii ale dezvoltării. De exemplu, clonarea oii Dolly a reușit după 277 încercări nereușite, iar Dolly a trăit mai puțin de 7 ani. Dar tehnologiile se dezvoltă datorită cărui fapt, deja a început clonarea comercială a pisicilor și câinilor (fig. 62.4).

Pentru ce în practică poate fi utilizată clonarea? În primul rând, pentru a reproduce animale cu proprietăți valoroase unice, iar în



**Fig. 62.3. Schema de clonare a oii Dolly**

1. Donatorul celulelor somatice. 2. Donatorul de ovul. 3. Cultivarea celulelor somatice. 4. Ovulul din ovar. 5. Eliminarea nucleului ovulului. 6. Nucleul celulelor somatice. 7. Embrionul timpuriu. 8. Mama surrogat. 9. Oaia Dolly genetic identică cu donatorul celulei somatice.





Fig. 62.4. Clone de diferite animale

viitor, pentru restabilirea speciilor dispărute de animale. În afară de aceasta, datorită experimentelor de clonare, se obține informație științifică importantă, ca de exemplu, despre rolul moștenirii nucleare și citoplasmatică și relațiile lor.

Astfel, clonarea mamiferelor este destul de posibilă, deși se confruntă cu unele dificultăți tehnice. Dar ce e în privința clonării omului? Există două direcții principale, în care se poate dezvolta clonarea omului. **Clonarea reproductivă** prevede dezvoltarea deplină a fătului și nașterea omului clonat. În cazul **clonării terapeutice** dezvoltarea embrionului este oprită la o etapă timpurie, iar celulele obținute sunt utilizate pentru tratament. Clonarea reproductivă este interzisă în toate țările, în timp ce clonarea terapeutică este permisă în unele țări (de exemplu, în Marea Britanie).

Probabil, clonarea omului este una dintre cele mai dezbătute problemele științifice. Problemele tehnice în acest domeniu sunt asociate, în primul rând, cu tehnologia imperfectă, rata ridicată de eșec și riscul aparițiilor anomaliilor de dezvoltare. Problemele etice apar din cauza apariției în timpul clonării a unui număr mare de embrioni de prisos, care sunt distruși din cauza inutilității. În cazul clonării terapeutice se distruge complet un embrion uman viabil pentru a obține celule. În legătură cu clonarea reproductivă apar și numeroase probleme juridice cu privire la paternitate, moștenire și a. m. d. Totodată, întrebarea de multe ori discutată în mass-media și literatura populară de „clonare a lui Hitler” și altor figuri istorice nu are nici o bază științifică: odată cu clonarea nu are loc „transferul de conștiință” și clonele psihologic nu sunt absolut identice cu prototipurile sale. Ele pot mai degrabă să fie considerate ca fiind gemeni monoziagoți ai omului, adică personalități complet independente cu fenotipurile și conștiința lor, ce s-au format pe parcursul vieții.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1 În terapia genică cea mai comună metodă de transmitere a ADN-ului celulelor somatice ale unui pacient este efectuată cu ajutorul
- |                                 |                                      |                               |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>A</b> virusurilor modificate | <b>B</b> agrobacteriei               | <b>C</b> bacilului intestinal |
| <b>D</b> micro-injecțiilor      | <b>E</b> transferului mitocondriilor |                               |

- 2** În prezent transferul mitocondrial este utilizat pentru  
**A** tratamentul unor forme de infertilitate și prevenirea apariției unor boli mitocondriale la un copil  
**B** corecția mutațiilor în ADN-ul nuclear  
**C** prevenirea nașterii copiilor cu sindromul Down  
**D** prevenirea transmiterii bolilor mitocondriale pe linia masculină  
**E** tratamentul pacienților adulți cu tulburări în ADN-ul mitocondrial
- 3** Pentru ereditatea citoplasmatică răspund astfel organite celulare ca  
**A** nucleul      **B** reticulul endoplasmatic      **C** aparatul Golgi  
**E** mitocondriile      **E** lizozomii
- 4** Primul mamifer clonat a devenit  
**A** câinele      **B** pisica      **C** vaca      **D** oaia      **E** capra
- 5** Clonarea este utilă să se aplice pentru  
**A** a întoarce în viață unii oameni celebri  
**B** a crea copii „planificați”  
**C** a salva câinii cu o percepție olfactivă unică  
**D** a mări cantitatea de lapte muls la vite  
**E** a transfera mitocondriile

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Cum poate ingineria genetică să prevină și să trateze bolile ereditare umane? Ce probleme etice apar în aceste cazuri?
- 7** Ce metodă de terapie genică este utilă pentru tratamentul unei maladii genetice asociate cu activitatea nu a unuia, ci a mai multor țesuturi diferite?
- 8** Care este diferența dintre clonarea reproductivă și clonare terapeutică?
- 9** Care sunt problemele tehnice, etice și juridice legate de posibila clonare a unui om?
- 10** Are oare sens clonarea savanților celebri ai trecutului pentru a face progrese în știința modernă?

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 11** În cea mai mare parte, terapia genică ex vivo se efectuează cu celule stem. Prin ce aceasta se explică?
- 12** Descrieți tehnologia de clonare a oii Dolly. De ce ea a trăit atât de puțin?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 13** Cum pot ajuta tehnologiile de clonare să restabilească animalele dispărute? Ce succese au fost obținute și care problemele au apărut?
- 14** În tratamentul căror boli terapia genică a obținut cele mai mari succese?

## § 63. OMG



Fig. 63.1. Diverse variante de GloFish

### Ce este OMG-ul?

OMG-ul se descifrează ca „organismul modificat genetic”. Aceasta înseamnă că informația lui ereditară a fost modificată artificial pentru a le oferi proprietăți utile. Cel mai des acest lucru se realizează prin transferul genelor de la un organism de o specie la un alt organism de altă specie, și atunci organismul modificat genetic rezultat mai este numit **transgenic**.

Să revedem pe scurt istoria și realizările curente în crearea organismelor modificate genetic.

- Primul organism pluricelular modificat genetic – șoarecele transgenic – a apărut în anul 1974, adică numai la doi ani după ce a fost creată prima moleculă recombinantă de ADN și la un an după apariția primei bacterii modificate genetic.
- În 1983 a fost creată prima plantă transgenică – tutunul, care conține o genă de rezistență la un antibiotic.
- În 1992 tutunul rezistent la viruși, cultivat în China, a devenit prima plantă transgenică comercială.
- În 1994 primul produs alimentar modificat genetic a apărut pe piață – tomate de soiul Flavr Savr, al cărui fruct mai mult se păstrează și mai puțin se strică.
- În 2003 a fost creat peștele de acvariu GloFish (fig. 63.1), capabil la fluorescență. El a devenit primul animal domestic modificat genetic.
- În 2015 a fost permisă creșterea și consumarea somonului modificat genetic AquAdvantage cu o creștere accelerată. Somonul va fi utilizat numai în producția animalieră și nu va fi eliberat în mediul natural. El va ajunge la dimensiunea dorită de două ori mai rapid decât somonii obișnuiți (fig. 63.2).

Pentru crearea animalelor și plantelor transgenice sunt utilizate aceleași metode ca și pentru lucrul cu microorganismele. Principalele etape ale modificării lor sunt: obținerea unei gene țintă izolate, încorporarea genei într-un vector, transferul vectorului în ce-



Fig. 63.2. Somonul normal (mai mic) și somonul AquAdvantage (mai mare) de o singură vârstă

lulele organismului modificat și selectarea organismelor modificate, testarea siguranței lor. Principial se deosebește numai metoda de transfer al vectorului, deoarece animalele și plantele nu au proces natural, care ar fi asigurat absorbția ADN-ului din mediul înconjurător. De asemenea, trebuie să se țină seama de particularitățile dezvoltării organismelor pluricelulare.

### În plante se împușcă cu armă biolistică

Pentru transferarea genelor în celulele plantelor este folosită **agrobacteria**, care este capabilă să infecteze celulele plantelor și, astfel, să transporte în ele materialul genetic. Pentru unele plante (de exemplu, porumb și grâu) această metodă este nepotrivită. În acest caz este folosită transformarea cu ajutorul **armei biolistiche** (fig. 63.3), care în sensul strict al cuvântului împușcă cu nanoparticule cu ADN fixat pe ele.

O altă metodă de transformare a celulelor vegetale este microinjecția ADN-ului folosind micropipetele și **electroporația**, adică inserția ADN-ului într-o celulă, prin crearea unui câmp electric de înaltă tensiune.

Astăzi plante transgenice sunt plantate mai mult de 10% din toate suprafețele cultivate. În agricultură este acceptată cultivarea a mai mult de 30 de specii de plante modificate genetic. Majoritatea modificărilor sunt orientate spre ridicarea rezistenței plantelor la dăunători sau asigurarea rezistenței la erbicide. În afară de aceasta există modificății, care prelungesc durata de depozitare a produselor alimentare (tomatele), schimbă culoarea plantelor ornamentale (garioafa, trandafirul), asigură rezistența la secetă (porumbul, trestia de zahăr), ridică conținutul de substanțe utile (rapița, soia) sau reduce conținutul celor dăunătoare (tutunul). Utilizarea OMG-urilor a redus utilizarea pesticidelor cu aproape 40% și, în același timp, a ridicat productivitatea cu 20%. Cu toate acestea, cultivarea plantelor modificate încă se mai confruntă cu o opoziție serioasă.

În anul 2000 a fost obținut așa-numitul orez auriu (fig. 63.4), care conține, spre deosebire de orezul obișnuit, în cantități mari  $\beta$ -caroten, precursorul vitaminei A.

Importanța acestui produs, în special pentru cei săraci din Africa și Asia, este greu de apreciat: în lume, cel puțin 250 de milioane de oameni suferă de insuficiență de vitamina A. În fiecare an din cauza hipovitaminozei mor până la 2 milioane de oameni și cel puțin 250 mii de copii pierd definitiv vederea. Creșterea orezului auriu ar putea



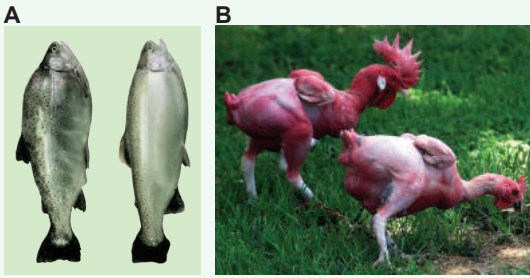
*Fig. 63.3. Transformarea celulelor plantelor cu ajutorul armei biolistiche*



*Fig. 63.4. Grăunțele de orez obișnuit și auriu*

*Culoarea galbenă a grăunțelor de orez auriu se datorează prezenței unor cantități mari de  $\beta$ -caroten galben.*





**Fig. 63.5. Animale modificate genetic**

**A.** Păstrăvul curcubeu modificat genetic (din stânga) are o masă musculară mai mare decât păstrăvul obișnuit (din dreapta).

**B.** Creșterea găinilor fără pene este mai convenabilă din punct de vedere economic, iar la prelucrarea păsărilor se produc mai puține deșeuri.

rezolva această problemă odată pentru totdeauna. Dar utilizarea lui comercială încă nu a început, în primul rând datorită opunerii puternice (și nu foarte clare) a organizațiilor ecologice și a susținătorilor acestora. 107 oameni de știință – laureați ai premiului Nobel – în anul 2016 au semnat o scrisoare deschisă adresată organizației pentru protecția mediului „Greenpeace”, precum și Națiunii Unite și guvernelor tuturor țărilor din lume, cu un apel pentru a opri lupta cu OMG-uri, în general, și față de orezul de aur, în special. Scrisoarea se încheie cu o întrebare retorică: cât de mulți oameni în lume trebuie să moară înainte de a recunoaște lupta OMG drept crimă împotriva umanității?

## Animalele modificate genetic ajută la rezolvarea multor probleme

Metodele de creare a animalelor modificate genetic sunt bine dezvoltate, ele sunt utilizate pe scară largă în cercetarea științifică (fig. 63.5). Pentru a obține un astfel de animal, sunt supuse modificării genetice celulele zigotului sau cele embrionare la etapele inițiale de dezvoltare. Acest lucru se face, de exemplu, pentru crearea animalelor experimentale de laborator, care servesc ca model de organisme pentru studiul bolilor umane.

O altă direcție promițătoare pentru utilizarea animalelor transgenice este producerea diferitor produse medicale – anticorpi, factori de coagulare a sângelui și alte proteine. O rezolvare deosebit de interesantă este sinteza proteinelor străine în celulele glandei mamare. În acest mod este posibil să se producă și să se izoleze cu laptele din organism o cantitate semnificativă de aceste medicamente, adică fără a afecta animalul. Însă cu toate că există tehnologii disponibile, animalele modificate genetic în gospodării nu sunt utilizate pe scară largă (cu excepția somonului AquAdvantage menționat anterior).

## OMG: pentru și contra

Dezbaterile cu privire la posibilitatea de a consuma alimente modificate genetic continuă de zeci de ani de la crearea primelor organisme transgenice. În ciuda avantajelor evidente în cazul utilizării lor și lipsa dovezilor științifice cu privire la pericolele potențiale ale OMG-urilor, utilizarea lor în gospodărie se confruntă cu o rezistență considerabilă.

Iată câteva argumente propuse de oponenții OMG-urilor.

1. *Organismele modificate genetic sunt dăunătoare pentru sănătate.* În realitate, nu este așa: timp de un deceniu de cercetări minuțioase nici un pericol real pentru sănătate, legat cu organismele transgenice, nu a fost identificat. Acest lucru nici într-un caz nu înseamnă, că acestea sunt sigure în toate cazurile: dacă am insera în genomul cartofului gena toxinei de holeră, un astfel de cartof, fără îndoială, nu va fi folositor pentru sănătate. Pentru a preveni asemenea riscuri, fiecare

organism transgenic este supus unei examinări aprofundate, similare examinării pe care o trec preparatele medicale. Datorită acestui fapt organismele modificate genetic sunt chiar mai sigure decât organismele obținute prin selecția clasică, deoarece ultimele de obicei nu sunt verificate la absența substanțelor nocive<sup>1</sup>.

- 2. Genele OMG pot fi transmise celulelor umane, provocând mutații și cancer.** Nu este corect, fiindcă după transferul de gene la organismul transgenic, această genă nu se deosebește de restul ADN-ului și nu poate să se transmită în genomul uman. Dacă genele s-ar putea deplasa singure, atunci toate organismele, pe care le consumăm, ar prezenta pericol.
- 3. OMG-urile reprezintă un pericol pentru biodiversitate și sunt dăunătoare pentru mediu.** Toate tipurile de agricultură sunt periculoase pentru biodiversitate. OMG-urile, în acest sens, nu sunt atât de dăunătoare, pentru că datorită productivității lor mai înalte poate să se reducă suprafața alocată sub cultivarea plantelor și, astfel, se pot conserva mai multe ecosisteme naturale. Mai mult decât atât, OMG-urile rezistente la dăunători pot reduce utilizarea pesticidelor și, prin urmare, pot reduce și influența chimică asupra mediului. Transferul genelor de rezistență la speciile „sălbatică” teoretic este imposibil, astfel probabilitatea ei este foarte redusă.

Care este atitudinea față de consumarea OMG-urilor ca produse alimentare, fiecare hotărăște de sine stătător, dar această decizie trebuie să fie motivată și bine echilibrată. Din păcate, majoritatea argumentelor adversarilor ingineriei genetice indică mai degrabă analfabetismul lor biologic decât îngrijorarea reală pentru sănătatea noastră.

## Să cugetăm

### Găsiți un singur răspuns corect

- 1** Organism transgenic este un organism  
**A** care a fost supus mutației din cauze naturale sau modificării direcționate de către om  
**B** în care prin metodele de inginerie genetică s-a introdus artificial o genă dintr-un organism de altă specie  
**C** obținut de la încrucișarea cu un organism de o altă specie  
**D** care timp îndelungat s-a aflat în contact cu transgene  
**E** care a fost obținut în urma operației de schimbare a sexului
- 2** Avantajul orezului auriu comparativ cu cel obișnuit este, că orezul auriu  
**A** conține substanțe mai puțin toxice  
**B** este mai rezistent la boli și dăunători  
**C** poate fi cultivat în regiuni cu o climă mai uscată și mai rece  
**D** conține o cantitate semnificativă de  $\beta$ -caroten  
**E** conține o cantitate mai mare de aur
- 3** Pentru celulele vegetale, de obicei, nu se folosește o astfel de metodă ca  
**A** transformarea cu ajutorul agrobacteriilor  
**B** transformarea cu ajutorul unei arme biologice  
**C** inserția ADN-ului prin microinjecție  
**D** electroporația  
**E** înmuierea plantei într-o soluție de ADN

1 De exemplu, selecționerii întâmplător au obținut un soi de cartof, care conține substanța toxică solanina în cantități semnificative.

- 4** Este permis să fie crescut pentru mâncare
- A** porcul cu un conținut ridicat de vitamină A
  - B** somonul AquAdvantage cu creștere accelerată
  - C** peștele GloFish cu proteine fluorescente verzi
  - D** oaia clonată Dolly
  - E** rozătoarele, bolnave de diabet
- 5** În ceea ce privește OMG este corectă afirmația:
- A** primul organism transgenic pluricelular a fost creat în 1974
  - B** prima plantă de cultură modificată genetic a fost grâu
  - C** în prezent nu există metode pentru a obține mamifere modificate genetic
  - D** cultivarea plantelor modificate genetic este permisă numai în SUA și Japonia
  - E** majoritatea specialiștilor-biologi nu acceptă utilizarea OMG-urilor în gospodărie

### Formulați răspunsul prin câteva propoziții

- 6** Care sunt avantajele și dezavantajele tehnologiilor de inginerie genetică în comparație cu metodele selecției tradiționale?
- 7** Oare toate OMG-urile sunt organisme transgenice? Și oare toate organismele transgenice sunt OMG-uri?
- 8** Citiți un fragment dintr-un articol nereal din ziar și indicați autorului erorile și inexactitățile în text: „*Codul genetic al OMG-ului diferă de codul genetic normal al organismelor prin faptul, că OMG-urile conțin gene, care constituie un pericol serios pentru sănătatea umană. Numeroase cercetări ale oamenilor de știință au arătat, că utilizarea OMG-urilor în produsele alimentare cauzează cancer, SIDA, boala vacilor nebune, dar, în ciuda acestui fapt, OMG-urile continuă să fie cultivate în mod activ și să se vândă în Ucraina. Și aceasta are loc atunci, când în toate celelalte țări civilizate producția și distribuția de OMG-uri este strict interzisă și persecutată de lege! Din fericire, toți biologii de frunte duc o luptă necontenită pentru o lume fără OMG.*”
- 9** Ce schimbări pozitive în agricultură și viața oamenilor poate aduce utilizarea OMG-urilor?

### Găsește răspunsul și apropie-te de înțelegerea naturii

- 10** În care cercetări științifice și pentru ce sunt folosite animale cu gene înlăturate sau inactivate – gene knockout?
- 11** O modificare răspândită a organismelor este încorporarea în genomul lor a genei unei proteine fluorescente verzi. Ce oferă o astfel de modificare și cum sunt folosite aceste organisme?

### Află singur și comunică altora

- 12** Care pericole totuși ascunde utilizarea OMG-urilor? Analizați principalele argumente ale adversarilor acestei tehnologii.
- 13** Comparați scopurile utilizării plantelor și animalelor modificate genetic. Care din ele sunt unice pentru animale și care – pentru plante?

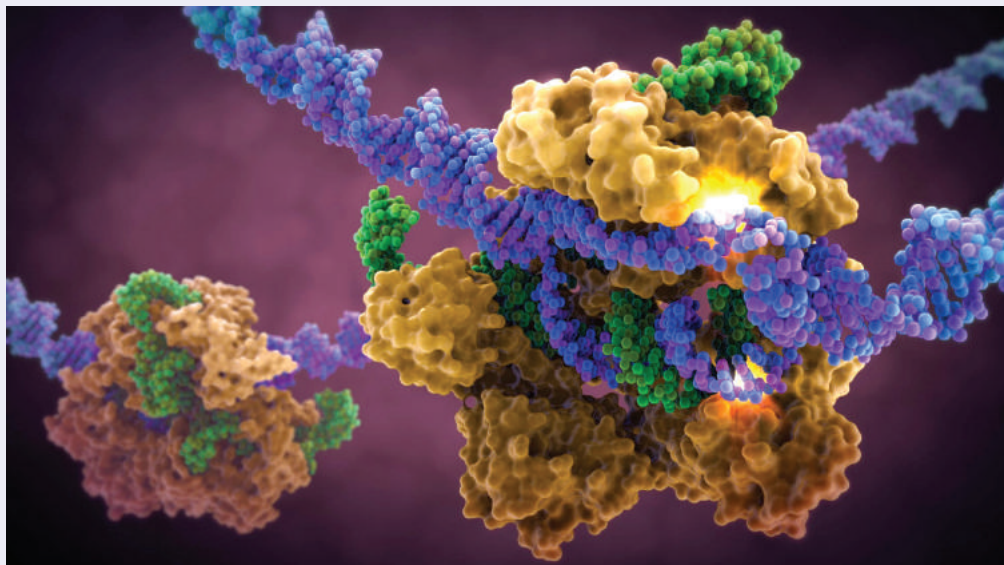
## § 64. Proprietățile sistemelor vii

### Ce este viața?

Pe parcursul acestui an școlar noi am studiat diverse aspecte ale organismelor vii: bazele moleculare și celulare ale vieții, legile eredității și aplicarea lor practică, interacțiunea organismelor între ele și cu mediul înconjurător. Deci ce este viața? Deși toți noi putem distinge în mod intuitiv o ființă vie de un obiect neviu, să dăm o definiție precisă a „vieții” este foarte dificil, aproape imposibil. Încercările de a răspunde la întrebarea ce este viața, au fost făcute de multe ori. Există mai mult de o sută de definiții ale vieții, pe care le-au propus la un moment dat reprezentanții diferitelor științe, pe baza diferitelor aspecte ale ei.

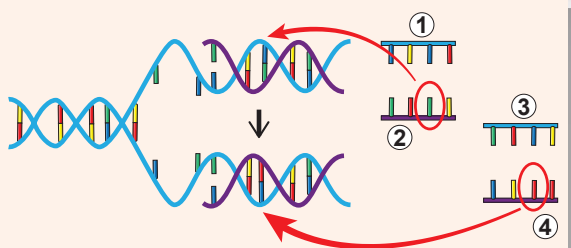
Una dintre cele mai renumite definiții ale vieții a fost dată de Friedrich Engels, care a afirmat că „viața este modul de existență a corpurilor proteice, element esențial al căreia este schimbul continuu de substanțe cu mediul exterior, și odată cu încetarea acestui metabolism încetează și viața, ceea ce duce la descompunerea proteinei”. Această definiție, foarte progresivă pentru timpul ei, desigur, nu poate fi considerată suficient de precisă în lumina cunoștințelor moderne. De exemplu, ea ignoră rolul fundamental al altor, în afară de proteine, biomolecule și nu ia în considerare fenomenul eredității.

O altă formulare a vieții, mai modernă, a fost propusă de biofizicianul Mihail Volkenștein: „Corpurile vii, care există pe Pământ reprezintă un sistem deschis, care are capacitatea de autoreglare, autoreproducere și sunt alcătuite din biopolimeri – proteine și acizi nucleici” (fig. 64.1). Această definiție este mai avansată în comparație cu defi-



**Fig. 64.1. Reproducerea moleculei de ARN (verde) după matricea de ADN (albastră) cu ajutorul proteinei (galbenă) în procesul de transcripție**





**Fig. 64.2. Mutația în timpul replicării este un exemplu de „autoreproducere cu variații”**

1. Catena inițială. 2. Copia corectă.
3. Catena inițială. 4. Copia mutantă.

niția lui Engels, deoarece ia în considerație unele proprietăți fundamentale ale vieții (autoreproducerea) și evidențiază rolul acizilor nucleici. Cu toate acestea, ea totuși rămâne destul de inexactă și generalizată, deoarece ia în considerație nu toate proprietățile organismelor vii și nu ține cont de formele de viață, care nu conțin proteine.

Iată încă câteva exemple de definiții, făcute în diferite epoci de diferiți savanți.

Filosoful antic grec Aristotel a susținut că viața este „nutriția, creșterea și îmbătrânirea organismului”.

Grupul de iluminați francezi, care au lucrat la sfârșitul secolului al XVIII-lea asupra „Dicționarului explicativ de științe, arte și

meserii”, viața au definit-o ca „o stare opusă morții”. Iar savantul francez Marie Francois Bichat a scris, că viața este „un set de funcții, care se opun morții”.

Chimistul francez Antoine Lavoisier a numit viața „funcție chimică”.

Renumitul biolog Boris Mednikov a confirmat că „viața este o proprietate activă a materiei vii, care este însoțită de consumul de energie pentru a menține și a reproduce o structură specifică”.

Din punctul de vedere al biofizicii, viața este un proces sau sistem, a cărui dezvoltare este orientată spre reducerea entropiei proprii prin creșterea entropiei mediului. Entropia reprezintă gradul de dezordonare a sistemului. Adică menținând ordine în sine, sistemele vii creează o dezordine în mediul înconjurător. Fiți atenți la această definiție – vom reveni la ea din nou, când vom discuta despre proprietățile organismelor vii.

Pe baza tuturor definițiilor disponibile biofizicianul Edward Trifonov a propus recent definiția „minimală” a vieții: „Viața este o autoreproducere cu variații” (fig. 64.2). Această definiție se focalizează asupra a două aspecte fundamentale ale vieții – ereditate și variabilitate, dar nu ia în considerare restul.

Foarte aproape de aceasta este definiția oficială a vieții utilizată de Asociația Americană de Aeronautică și Spațiu al SUA (NASA) pentru a căuta viața extraterestră: „Viața este un sistem chimic, care este capabil la automenținere și și la evoluția darwinistă”.

A continua de dat exemple de definiții ale vieții s-ar putea destul de mult, dar are oare sens acest lucru? După cum putem vedea nu există încă nici o definiție a vieții, care ar putea să descrie cât mai pe larg proprietățile ei. Cum credeți, de ce este atât de dificil să definiți un astfel de fenomen „obișnuit”? Probabil, aceasta constă în faptul, că fenomenul vieții se manifestă la diferite scări – de la molecule până la biosferă: amintiți-vă, în § 1 se spunea despre nivelurile de organizare a vieții. Noțiunea de „organisme vii” include doar un nivel de organizare a organismelor vii – cel individual. Încercând să definim viața prin proprietățile organismelor vii, noi nu luăm în considerare restul nivelurilor de organizare a ei; încercând să definim viața ca un fenomen global – noi nu ținem cont de proprietățile organismului viu separat. Să încercăm să ne apropiem de problemă în alt mod: să determinăm proprietățile comune pentru toate organismele vii, pentru ca prin descrierea acestor proprietăți să ne apropiem de înțelegerea fenomenului vieții.

## Proprietățile organismelor vii sunt multiple

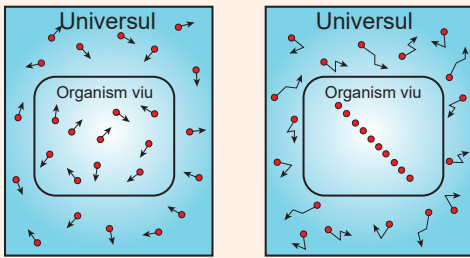
Am constatat că noțiunea de „viață” și „viu” indică la diferite niveluri de organizare ale aceluiași fenomen, și de aceea de dat o definiție cuprinzătoare a vieții este practic imposibil. Posibil că este mai ușor de dat definiția de „viu”, care l-ar deosebi în mod clar de „neviu”? Încercați singuri și veți vedea, că în loc de a căuta o definiție precisă, este mai util de încercat de a găsi unele proprietăți comune ale organismelor, care le deosebesc de obiectele naturii nevie. Multe dintre aceste proprietăți puteți să le numiți singuri. De exemplu, știm cu toții că organismele vii se deplasează, se hrănesc, se reproduc și cresc. Acestea sunt proprietăți foarte importante ale vieții, dar nu trebuie de uitat, că, de exemplu, unii fluturi adulți nu se hrănesc și nu cresc, iar catării nu pot să se reproducă.

Îmbogățindu-ne cu cunoștințe pe parcursul acestui an, putem adăuga la șirul de proprietăți ale vieții și următoarele: unitatea compoziției chimice, prezența metabolismului, structura microscopică complicată, structura celulară, existența mecanismelor de ereditate și variabilitate, capacitatea de a evolua. Aceste proprietăți sunt mai universale decât cele de mai sus, dar, nu insuficient de concrete: multe obiecte artificiale ale naturii nevie (cum ar fi calculatoarele sau o automobilele) consumă energie și au o structură complexă, sunt variabile și „evoluează” (fig. 64.3).

Un nivel mai mare de ordonare în comparație cu natura neînsuflețită și capacitatea de a-și ridica propriul nivel de ordonare prin ridicarea gradului de dezordonare (entropie) a mediului este una dintre cele mai importante proprietăți ale vieții din punctul de vedere al fizicii. Într-adevăr, nici un obiect neînsuflețit nu este capabil să-și ridice de sine stător nivelul de dezordonare, dar la aceasta sunt capabile toate organismele vii. Conform legii a doua a termodinamicii, entropia în Univers poate numai să crească. Organismele vii nu sunt în stare să încălce această lege, dar pot reduce entropia la nivel local – în ei înșiși, consumând pentru aceasta energie și ridicând entropia la nivel global – în restul universului. Organismele sintetizează molecule complexe și creează micro- și macro-



**Fig. 64.3. Evoluția elefanților și a automobilelor BMW**



**Fig. 64.4. Modificarea entropiei de către organismele vii**

*Reducând entropia în interiorul său, organismele o ridică în univers.*

structuri complexe, reducând dezordinea. În același timp, ele scindează moleculele complexe până la cele simple, schimbând compoziția chimică și temperatura mediului înconjurător – toate acestea ridică dezordinea în afara organismelor (fig. 64.4).

Drept urmare a capacității de a menține și a ridica nivelul său de ordonare este capacitatea organismelor vii la autoreglare și la autore stabilire.

Fiecare dintre aceste proprietăți este incapabilă de a caracteriza pe deplin toate ființele vii, și cu totul nu toate ființele vii au un set complet al tuturor acestor proprietăți. În afară de aceasta, fiecare proprietate separată se manifestă și în natură nefinsuflită. Cu toate acestea, descrierea vieții prin pro-

prietățile caracteristice ale organismelor vii este în zilele noastre cel mai bun răspuns la întrebarea ce este viața.

## În loc de postfață

Sperăm că după ce ați studiat biologia în clasa 9-a această noțiune complexă, multilaterală cu multilaterală și infinit de valoroasă – viața – a devenit pentru voi mai clară și mai apropiată. Citind paragrafele, examinând ilustrațiile și îndeplinind însărcinările, voi cu fiecare pagină răsfoită ați devenit tot mai înțelepți, mai deștepți și mai buni. Noi sperăm, că în comparație cu începutul anului voi singuri veți observa aceste diferențe semnificative! Este bine, dacă v-au plăcut călătoriile pe paginile acestui manual, și mai bine, dacă vă place biologia, deoarece, așa cum a spus J. W. Goethe „să învățați puteți doar ceea, ce iubiți!”

### Un proiect pe vară pentru timpul liber

„Viața”

1. Chibzuiți la însemnătatea sistemelor vii în existența planetei noastre în general și în viața voastră în particular. Cum ar fi fost Pământul și cum am fi existat noi fără ele?
2. Prezentați punctele voastre de vedere sub formă de compunere în proză sau versuri, desenați un tablou, filmați un video, scrieți un cântec, faceți o prezentare sau colaj foto – creați în formatul, pe care îl preferați.
3. Prezentați rezultatul muncii voastre la prieteni și familie, în rețelele sociale și numaidecât să-l demonstrați colegilor de clasă în următorul an școlar!

# Cercetare de laborator

## Proprietățile enzimelor

**Scopul:** de a examina influența diferitor factori asupra activității enzimelor.

**Echipamentul:** stative pentru eprubete, cinci eprubete, pipete gradate, un vas cu apă fierbinte, un vas cu gheață, soluție proaspăt preparată de 0,1% amidon, soluție de 9% de acid acetic (oțet), soluție alcoolică de 5% de iod (iod de farmacie).

### Mersul cercetării

1. Clătiți cavitatea bucală de câteva ori cu apă curată. Într-o eprubetă colectați circa 1 ml de salivă și adăugați 9 ml de apă.
2. În fiecare dintre cele patru tuburi numerotate adăugați câte 1 ml de soluție de salivă, reagentul respectiv și după amestecarea minuțioasă amplasați-le în locuri cu temperatură corespunzătoare indicată în tabel.

No eprubetei	Reagentul	Temperatura, °C
1	—	de cameră
2	1 ml de acid acetic de 9%	de cameră
3	—	0
4	—	100

3. Peste 5 minute în fiecare eprubetă adăugați 1 ml de soluție de 0,1% de amidon și lăsați la aceeași temperatură.
4. Încă peste 5 minute scoateți eprubetele din gheață și apă fierbinte și așteptați până când conținutul lor se va răci la temperatura de cameră. Apoi adăugați câteva picături de soluție de 5% de iod. În prezența amidonului în eprubetă apare o culoare albastru-violetă.
5. Analizați, în care condiții enzima salivei amilaza scindează amidonul și culoarea corespunzătoare nu se manifestă, iar în care condiții enzima este inactivă. Explicați fenomenele observate. Faceți concluzii.

# Cercetare de laborator

## Fazele mitozei

**Scopul:** ameliorarea deprinderilor de lucru cu microscopul și preparatele microscopice, de a consolida cunoștințele despre mitoză, de a se învăța a recunoaște fazele mitozei.

**Echipamentul:** microscopul, preparatul fix al celulelor rădăcinilor de ceapă

### Mersul cercetării

1. Pregătiți microscopul și examinați preparatul microscopic.
2. Găsiți zona de diviziune de lângă scufia rădăcinilor și cercetați la o rezoluție mare celulele la diferite etape.
3. Desenați aspectul exterior al celulelor la diferite stadii ale ciclului celular și ale mitozei și numiți elementele lor. Faceți concluzii.



# Cercetare de laborator

## Variabilitatea la plante și animale

**Scopul:** de perfecționat deprinderile de cercetare biologică, de cercetat limitele variabilității la diferite organisme.

**Echipamentul:** riglă, centimetru, obiectele de cercetare (frunzele, tuberculii, rizocarpții de morcovi sau sfeclă, merele, ceapa, semințele de fasole).

### Mersul cercetării

#### *Variabilitatea la plante*

1. Măsurăți lungimea pețiolului frunzelor sau limbului foliar la 20 frunze (lungimea sau numărul de ochiuri la tuberculii de cartof, lungimea rizocarpilor de morcov sau de sfeclă, diametrul merelor sau cepelor, numărul de pete negre pe boabele de fasole).
2. Înscriseți rezultatele înregistrate în ordinea de creștere și indicați numărul de obiecte cu anumită valoare a caracterului. Construiți curba variațională: punând pe axa absciselor valoarea caracterului, iar pe axa ordonatelor – numărul de obiecte cu anumită valoare a caracterului.

#### *Variabilitatea la animale*

3. Măsurăți statura tuturor colegilor voștri de clasă, precum și, dacă există posibilitatea, a elevilor din clasele paralele.
4. Construiți curba variațională, după cum este descris în paragraful 2.
5. Analizați curbele obținute, explicați-le forma și faceți concluzii.

# Lucrări de laborator

## Examinarea diversității de structură și funcționare a celulelor












**Scopul:** de a ameliora deprinderile de lucru cu microscopul și preparatele microscopice, de a învăța cum se dobândesc preparatele temporare, de a vă familiariza cu diversitatea celulelor reprezentanților anumitor grupuri de organisme.

**Echipamentul:** microscopul, lamele și lamelele, acul de preparare, pipetă, bastonaș de sticlă, scobitoare, apă, soluție de 5% de iod, ceapa, o cultură de drojdie.

### Mersul cercetării

1. Pregătiți preparatul microscopic temporar al celulelor epidermei solzilor cărnoși a bulbului de ceapă. Pentru aceasta dezlipiți de pe partea externă a solzului epiderma subțire transparentă. Puneți-o într-o picătură de apă și adăugați o picătură de soluție de iod de 5%. Acoperiți preparatul cu lamelă.
2. Pregătiți preparatul microscopic temporar al celulelor animale din epiteliul cavității bucale. Pentru aceasta cu bastonașul de sticlă treceți de câteva ori pe partea interioară a obrazului. Celulele obținute plasați-le puse într-o picătură de apă pe lamă. Acoperiți-le cu lamelă.
3. Pregătiți preparatul microscopic temporar al celulelor drojdiilor. Pentru aceasta amestecați o cantitate suficientă de drojdie în soluția de apă caldă cu zahăr. Lăsați soluția într-un loc cald timp de câteva ore. Puneți câteva picături de cultură de drojdie pe lamă. Acoperiți-le cu lamelă.
4. Pregătiți un preparat microscopic temporar de celule bacteriene. Cu acest scop cu scobitoarea luați depunerea de pe suprafața dinților și dizolvați-o într-o picătură de apă pe lamă. Acoperiți-le cu lamelă.
5. Examinați preparatele la o rezoluție mare a microscopului. Desenați cele văzute și comparați structura celulelor. Faceți concluzii.

## Resurse Internet biologice utile

Referințe la resursele Internet utilizate în manual		Diverse jocuri intelectuale	
helianthus.com.ua/books		biomanbio.com	sciencegamecenter.org
			
Cursuri de studiere distanțată a biologiei			
ed-era.com	coursera.org	khanacademy.org	alison.com
			
<b>Programe educative interactive</b>	<b>Desene animate biologice, altă informație</b>	<b>Articole biologice interesante</b>	<b>Olimpiada Biologică Internațională</b>
star.mit.edu	shmoop.com	naturalist.if.ua	ibo-info.org
			

*De asemenea, nu uitați de existența versiunii ucrainene Wikipedia, la crearea căreia vă puteți alătura!*

## Bibliografie

1. Reece J., Urry L., Cain M., Wasserman S., Minorsky P., Jackson R. Campbell Biology. – 9<sup>th</sup> ed. – Pearson, 2011.
2. Raven P., Johnson J., Mason K., Losos J., Singer S. Biology. – 10<sup>th</sup> ed. – McGraw-Hill, 2014.
3. Alberts A., Johnson J., Lewis M., Raff K., Roberts K., Walter P. Molecular biology of the cell. – 5<sup>th</sup> ed. – J. Wiley & Sons, 2008.
4. Nelson D., Cox M. Lehninger Principles of Biochemistry. – 6<sup>th</sup> ed. – W. H. Freeman, 2012.
5. Futuyama D. Evolution. – 3<sup>rd</sup> ed. – Sinauer Associates, Inc. – 2013.
6. Pierce B. Genetics. A conceptual approach. – 5<sup>th</sup> ed. – W. H. Freeman – 2013.

# Cuprins

Cuvânt înainte .....	3
§ 1. Biologia ca știință .....	4
<b>CAPITOLUL 1. COMPOZIȚIA CHIMICĂ A CELULELOR ȘI MOLECULE BIOLOGICE</b>	
§ 2. Apa .....	10
§ 3. Proteinele.....	15
Anexa I. Molecule organice mici. Monomeri și polimeri .....	20
§ 4. Glucidele .....	21
Anexa II. Despre deficit de lactază .....	24
§ 5. Lipidele .....	26
Anexa III. Problema transportului lipidelor prin organism.....	30
§ 6. Enzimele .....	32
§ 7. Acizii nucleici .....	36
Anexa IV. Căutările „nebune” ale helixului bicatenar.....	40
<b>Lucrarea practică № 1. Rezolvarea exercițiilor elementare de structură a proteinelor și acizilor nucleici .....</b>	<b>42</b>
§ 8. ATP .....	43
<b>CAPITOLUL 2. STRUCTURA CELULEI</b>	
§ 9. Structura celulelor eucariote .....	50
§ 10. Citoplasma și organitele .....	56
§ 11. Nucleul .....	61
§ 12. Tipurile de celule .....	66
Anexa V. Teoria endosimbiozei: mitocondriile .....	70
§ 13. Celulele vegetale și animale .....	72
Anexa V (continuare). Teoria endosimbiozei: cloroplastele.....	79
§ 14. Metodele de studiu al celulelor .....	80
<b>CAPITOLUL 3. PRINCIPIILE FUNCȚIONĂRII CELULELOR</b>	
§ 15. Metabolismul și energia .....	86
§ 16. Scindarea substanțelor.....	90
§ 17. Mecanismele biochimice ale respirației.....	95
§ 18. Fotosinteza .....	100
§ 19. Chemosinteza .....	105
§ 20. Principiile proceselor sintetice .....	109
<b>CAPITOLUL 4. PĂSTRAREA ȘI REALIZAREA INFORMAȚIEI EREDITARE</b>	
§ 21. Dublarea ADN-ului.....	114
§ 22. Transcripția.....	119
§ 23. Tipurile de ARN.....	124
§ 24. Codul genetic.....	129
Anexa VI. Cum a fost descifrat codul genetic?.....	133
§ 25. Biosinteza proteinelor.....	135
<b>Lucrarea practică № 2. Rezolvarea exercițiilor elementare de replicare, transcripție și translație .....</b>	<b>140</b>
§ 26. Genele .....	141
Anexa VII. Ipoteza „o genă – o proteină”.....	145
§ 27. Genomurile .....	147
Anexa VIII. Cum au fost descifrat genomul? .....	151
§ 28. Ciclul celular. Mitoza .....	153
Anexa IX. Celulele canceroase nu pot să înceteze să se dividă .....	158
§ 29. Meioza .....	159
§ 30. Celulele sexuale și ciclurile vitale.....	164

## CAPITOLUL 5. LEGITĂȚILE MOȘTENIRII CARACTERELOR

§ 31. Genotipul și fenotipul. Alelele .....	172
§ 32. Legea moștenirii independente .....	177
§ 33. Interacțiunea genelor .....	182
§ 34. Înlănțuirea genelor și crossing-overul .....	187
§ 35. Genetica sexului .....	191
§ 36. Variabilitatea .....	195
§ 37. Mutațiile și bolile .....	199
§ 38. Metodele clasice ale geneticii .....	204
Lucrearea practică № 3. Alcătuirea schemelor de încrucișare .....	208
Proiectul I. Alcătuirea genealogiei proprii și demonstrarea moștenirii caracterelor .....	209
§ 39. Metodele moderne ale geneticii .....	210

## CAPITOLUL 6. EVOLUȚIA LUMII ORGANICE

§ 40. Populația .....	216
§ 41. Dezvoltarea concepțiilor evoluționiste .....	221
§ 42. Factorii evoluției .....	227
§ 43. Mecanismele speciației .....	232
§ 44. Dovezile evoluției .....	237
§ 45. Evoluția omului .....	242
§ 46. Originea vieții .....	247

## CAPITOLUL 7. DIVERSITATEA BIOLOGICĂ

§ 47. Sistematica biologică .....	254
§ 48. Principalele grupe ale organismelor vii .....	259
Lucrearea practică № 4. Compararea structurii și procesului de reproducere a formelor celulare de viață și a virușilor .....	263
§ 49. Biodiversitatea eucariotelor .....	264
Anexa X. Diversitatea protozoarelor .....	268

## CAPITOLUL 8. SISTEMELE BIOLOGICE SUPRAORGANISMICE

§ 50. Diversitatea ecosistemelor .....	272
§ 51. Legăturile trofice .....	276
Anexa XI. Cum plantele rezistă la acțiunea animalelor erbivore? .....	280
§ 52. Circuitul substanțelor și a elementelor .....	282
§ 53. Factorii ecologici .....	287
§ 54. Stabilitatea ecosistemelor .....	292
§ 55. Biosfera ca sistem integrat .....	297
§ 56. Protecția și conservarea biosferei .....	301
Proiectul II. Determinarea nivelului influenței antropice în ecosistemele ținutului natal .....	305
§ 57. Protecția naturii .....	306

## CAPITOLUL 9. BIOLOGIA CA BAZĂ A BIOTEHNOLOGIEI ȘI MEDICINEI

§ 58. Domesticirea animalelor și introducerea în cultură a plantelor .....	314
§ 59. Selecția .....	319
§ 60. Biotehnologiile tradiționale .....	323
Anexa XII. Prin ce ceaiul negru diferă de cel verde? .....	327
§ 61. Ingineria genetică și celulară .....	328
§ 62. Rolul biotehnologiei în medicină .....	333
§ 63. OMG .....	338
§ 64. Proprietățile sistemelor vii .....	343
Practicumul de laborator .....	347
Resurse Internet biologice utile .....	349



*Навчальне видання*

ШАЛАМОВ Руслан Васильович  
НОСОВ Георгій Андрійович  
ЛИТОВЧЕНКО Олександр Анатолійович  
КАЛІБЕРДА Микита Сергійович

# БІОЛОГІЯ

Підручник для 9 класу  
загальноосвітніх навчальних закладів  
з навчанням румунською мовою

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України*

**Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено**

Переклад з української  
Перекладач *Андрій Волуца*

Румунською мовою

Редактор *Олена Апетрі*  
Коректор *Денис Апетрі*  
Верстка *Сергія Максимця*

Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ум. друк. арк. 28,512. Обл.-вид. арк. 22,00.  
Наклад 1887 прим. Зам. 1224.

Видавець і виготовлювач видавничий дім „Букрек”,  
вул. Радищева, 10, м. Чернівці, 58000.

**www.bukrek.net**

Свідоцтво про внесення До державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ЧЦ № 1  
від 10.07.2000 р.