

БИОЛОГИЈА

за I и II разред средње школе

ДРАГОСЛАВ МАРИНКОВИЋ
КАТИЦА ПАУНОВИЋ
ВЕЉКО ТЕРЗИЈА



Др ДРАГОСЛАВ МАРИНКОВИЋ
мр КАТИЦА ПАУНОВИЋ
мр ВЕЉКО ТЕРЗИЈА

БИОЛОГИЈА

ЗА I и II РАЗРЕД СРЕДЊЕ ШКОЛЕ



ЗАВОД ЗА УЧБЕНИКЕ
БЕОГРАД

Рецензенти

проф. др МИЛОШ ПОПОВИЋ,

Институт за болести дигестивног система Универзитетског клиничког центра, Београд

др АЛЕКСАНДАР КРСТИЋ,

Медицински факултет, Нови Сад

др СЛОБОДАН РАДМАНОВИЋ,

Дечја клиника, Универзитетски клинички центар, Београд

др ЗАГОРКА МРВОШ,

Медицинска школа „Београд“, Београд

КОВИНА ЈОЈКИЋ,

Медицинска школа „7. април“, Нови Сад

Уредник

ТАМАРА БАЈЧЕТА

Одговорни уредник

ТАТЈАНА КОСТИЋ

Главни уредник

ДРАГОЉУБ КОЈЧИЋ

За издавача

ДРАГОЉУБ КОЈЧИЋ,

директор

Просветни савет Републике Србије одобрио је овај уџбеник
за издавање и употребу својим решењима 601-04-149/91 од
20. јуна 1991. и 650-523/89 од 26. јуна 1989. године.

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

37.016:57(075.3)

МАРИНКОВИЋ, Драгослав, 1934–

Биологија : за I и II разред средње школе / Дра-
гослав Маринковић, Катица Пауновић, Вељко Терзија
; [цртежи Драгана Јовчић]. – 18. изд. – Београд : Завод
за уџбенике, 2016 (Нови Сад : Сајнос). – 199 стр. :
илустр. ; 24 cm

Тираж 5.000.

ISBN 978-86-17-19382-7

1. Пауновић, Катица, 1941–2005 [аутор]

2. Терзија, Вељко, 1933– [аутор]

COBISS.SR-ID 222039820

© ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ, Београд (1989–2016)

Ово дело не сме се умножавати, фотокопирати и на било који начин репродуковати,
ни у целини ни у деловима, без писменог одобрења издавача.

САДРЖАЈ

<i>Предговор</i>	5
КАРАКТЕРИСТИКЕ ЖИВОТА	7
ЗАЈЕДНИЧКЕ ОСОБИНЕ ЖИВИХ БИЋА	7
РАЗЛИКЕ ИЗМЕЂУ БИЉАКА И ЖИВОТИЊА	9
БИОЛОШКИ СИСТЕМИ	9
УПРАВЉАЊЕ БИОЛОШКИМ СИСТЕМАМА	11
ВИРУСИ	12
БАКТЕРИЈЕ	15
БАКТЕРИЈЕ КАО ИЗАЗИВАЧИ БОЛЕСТИ ЧОВЕКА И ЖИВОТИЊА	17
ЗНАЧАЈ БАКТЕРИЈА У ПОЉОПРИВРЕДИ	18
ЗНАЧАЈ БАКТЕРИЈА У ПРИВРЕДИ	19
БИОЛОГИЈА ЋЕЛИЈЕ	21
ХЕМИЈСКИ САСТАВ ЋЕЛИЈЕ	23
НЕОРГАНСКИ Састојци Ћелије	23
ОРГАНСКИ Састојци Ћелије	24
БИОПОЛИМЕРИ	29
ГРАЂА ЋЕЛИЈЕ	34
ЈЕДРО И ХРОМОЗОМИ	39
ДЕОБА ЋЕЛИЈЕ	43
ПРОСТА ДЕОБА – АМИТОЗА	43
МИТОЗА	44
МЕЈОЗА	46
МЕТАБОЛИЗАМ	49
ФЕРМЕНТИ – ЕНЗИМИ	50
КАТАБОЛИЧКИ ПРОЦЕСИ	52
ЋЕЛИЈСКО ДИСАЊЕ	54
ВРЕЊЕ (ФЕРМЕНТАЦИЈА)	56
ТИПОВИ ИСХРАНЕ	56
ФОТОСИНТЕЗА	57
ХЕМОСИНТЕЗА	60
ЖИВОТНИ ФЕНОМЕНИ КОЈИ ПРОИСТИЧУ ИЗ МЕТАБОЛИЧКИХ ПРОЦЕСА	61
ЕНЕРГЕТИКА ЧОВЕКА	61
УЛОГА НЕРВНОГ И МИШИЋНОГ СИСТЕМА У ПРОЦЕСУ РАДА	63
УЛОГА РЕСПИРАЦИОНОГ И КАРДИОВАСКУЛАРНОГ СИСТЕМА У ПРОЦЕСУ РАДА	64
БИОЛОШКА РИТМИКА	65
БИОЛОШКА РИТМИКА ИНФРАКРАТКИХ ПЕРИОДА	66
БИОЛОШКА РИТМИКА КРАТКИХ ПЕРИОДА	66
БИОЛОШКА РИТМИКА СРЕДЊЕ ДУГИХ ПЕРИОДА	67
БИОЛОШКА РИТМИКА ДУГИХ ПЕРИОДА	68
БИОЛОШКА РИТМИКА УЛТРАДУГИХ ПЕРИОДА	69
РАДНЕ СПОСОБНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТ РАДА	70

БИОЛОГИЈА РАЗВЕТА	71
ГАМЕТОГЕНЕЗА	73
ОПЛОЂЕЊЕ И РАНИ СТУПЊЕВИ ЕМБРИОГЕНЕЗЕ	78
ОРГАНОГЕНЕЗА	83
ЕМБРИОНАЛНИ ОМОТАЧИ КОД СИСАРА	84
РАСТ И ДИФЕРЕНЦИЈАЦИЈА ЋЕЛИЈА	85
ПОСТНАТАЛНИ ПЕРИОД	89
СТАРЕЊЕ ОРГАНИЗМА И СМРТ	91
ОСНОВИ ГЕНЕТИКЕ	93
МОЛЕКУЛСКЕ ОСНОВЕ НАСЛЕЂИВАЊА	93
ГЕНЕТИЧКА КОНТРОЛА МЕТАБОЛИЧКИХ ПРОЦЕСА	95
БИОСИНТЕЗА ПРОТЕИНА	96
ГЕНИ, ГЕНОТИП И ФЕНОТИП	99
ОСНОВНА ПРАВИЛА НАСЛЕЂИВАЊА	101
ТИПОВИ НАСЛЕЂИВАЊА ОСОБИНА КОД БИЉАКА И ЖИВОТИЊА	106
КОМБИНАТИВНА ВАРИЈАБИЛНОСТ	109
ПРОМЕНЕ У СТРУКТУРИ И БРОЈУ ХРОМОЗОМА	112
УТИЦАЈ СРЕДИНЕ НА ИЗАЗИВАЊЕ НАСЛЕДНИХ ПРОМЕНА	116
ГЕНЕТСКА СТРУКТУРА ПОПУЛАЦИЈЕ	120
СЕЛЕКЦИЈА И ОПЛЕМЕЊИВАЊЕ ОРГАНИЗАМА	122
БИОТЕХНОЛОГИЈА И ГЕНЕТИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО	126
НАСЛЕДНОСТ И ВАРИРАЊЕ ОСОБИНА КОД ЉУДИ	128
НАСЛЕДНЕ БОЛЕСТИ ЧОВЕКА	131
ПЛАНИРАЊЕ ПОРОДИЦЕ	134
ГЕНЕТИЧКА УСЛОВЉЕНОСТ ЧОВЕКОВОГ ПОНАШАЊА	135
ОСНОВИ ЕВОЛУЦИЈЕ	139
ПОРЕКЛО ЖИВОТА НА ЗЕМЉИ	139
БИОХЕМИЈСКА ЕВОЛУЦИЈА ПРВОБИТНИХ ЖИВИХ СИСТЕМА	142
ЕВОЛУЦИЈА И ФИЛОГЕНИЈА – ПОСТАНАК ПОЈЕДИНИХ ГРУПА ОРГАНИЗАМА	144
ДОКАЗИ ЕВОЛУЦИЈЕ	146
ДАРВИНИЗАМ И САВРЕМЕНО СХВАТАЊЕ ОРГАНСКЕ ЕВОЛУЦИЈЕ	149
АДАПТАЦИЈЕ И ПРИРОДНА СЕЛЕКЦИЈА	153
ПОСТАНАК ВРСТА И ТЕОРИЈА СПЕЦИЈАЦИЈЕ	156
ПОРЕКЛО И РАЗВОЈ ЧОВЕКА	160
БИОЛОШКА И КУЛТУРНА ЕВОЛУЦИЈА	162
ПЕРСПЕКТИВЕ ДАЉЕ ЕВОЛУЦИЈЕ ЧОВЕКА	164
РАЗНОВРСНОСТ ЖИВОГ СВЕТА	167
РАЗНОВРСНОСТ БИЉНОГ СВЕТА	168
БИЉНА ТКИВА И ОРГАНИ	170
КОРЕН, СТАБЛО И ЛИСТ	173
ЦВЕТ, ЦВАСТИ, ПЛОД И СЕМЕ	178
УПОТРЕБА БИЉАКА У ЛЕЧЕЊУ	183
ЛЕКОВИТИ САСТОЈЦИ БИЉАКА	188
ГАЂЕЊЕ И ПРИМЕНА ЛЕКОВИТОГ И АРОМАТИЧНОГ БИЉА	195

ПРЕДГОВОР

Уџбеник *Биологија* за I и II разред средње школе написан је према програмима за све средње стручне школе у којима се биологија изучава два часа недељно, с тим што је један час посвећен екологији. Уџбеник из екологије је издвојен и представља засебну целину.

Овим уџбеником обухваћен је минималан програм за највећи број средњих стручних школа, али и програми за стручне школе III и IV степена у којима се биологија изучава више часова недељно.

Пошто је Уџбеник писан тако да задовољи захтеве више програма, за већи број образовних профила, било је тешко конципирати наставно градиво као јединствену логичку целину. Редослед излагања градива у Уџбенику не поклапа се увек са редоследом наставних тема у програму одговарајуће струке. Делови текста наставних тема које се обрађују у школама већи број часова штампани су ситнијим слогом. Ове делове текста могу користити ученици који желе више да сазнају. Зато при изради распореда градива, односно наставних планова наставници треба првенствено да користе програм, а затим Уџбеник, узимајући из њега само оне делове који се односе на програм одређене струке. Исто тако, наставници треба ученике детаљно да упуте како да користе Уџбеник.

Аутори очекују да ће наставници својим знањем и искуством приближити ученицима изложене наставне садржаје и да при томе неће инсистирати на свим детаљима. Ученици треба да се упознају са основним биолошким чињеницама и законитостима.

И поред великог труда аутора, Уџбеник вероватно неће у потпуности испунити сва очекивања. Зато ће добронамерне критичке примедбе и сугестије професора и ученика бити с пажњом размотрене и искоришћене за евентуалну корекцију текста у наредним издањима.

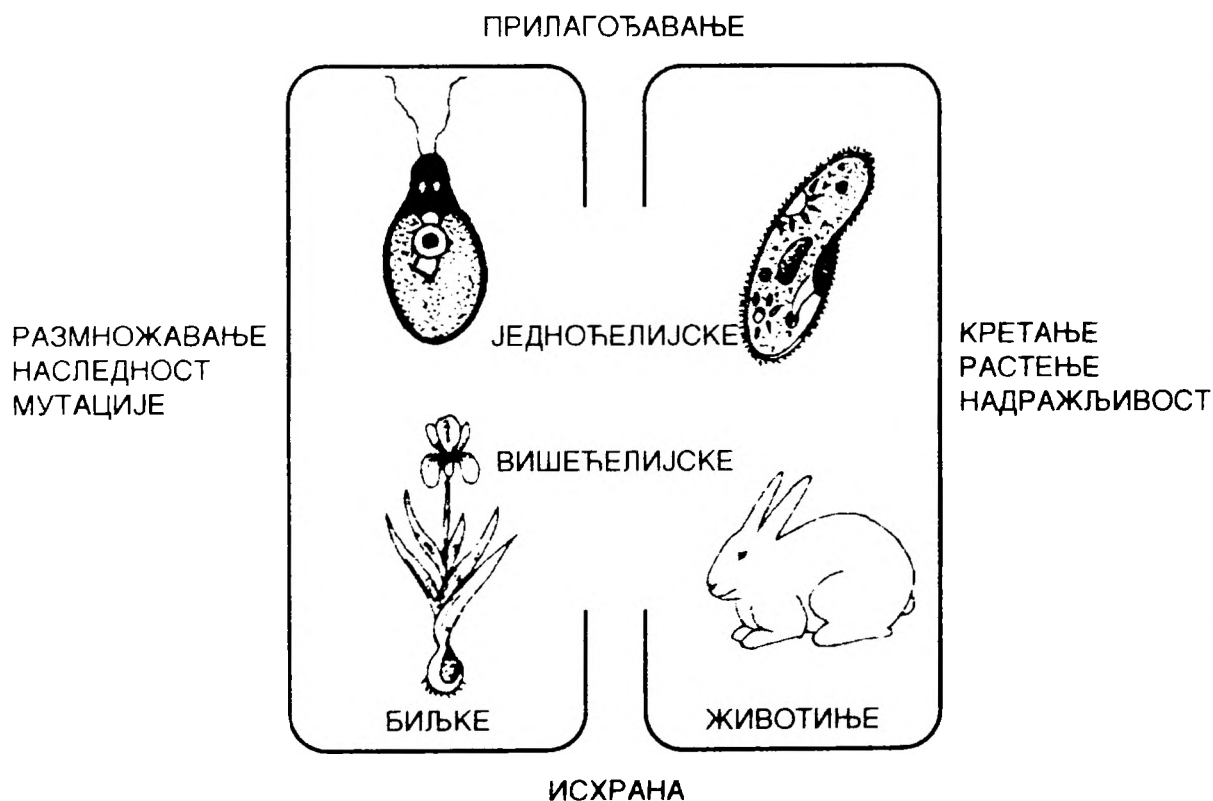
Аутори

КАРАКТЕРИСТИКЕ ЖИВОТА

Живот представља планетарну појаву и, према данашњим сазнањима, постоји само на Земљи. Носиоци живота су жива бића. Њих чине четири велике организационе групе: биљке, животиње, микроорганизми и гљиве.

ЗАЈЕДНИЧКЕ ОСОБИНЕ ЖИВИХ БИЋА

Жива бића поседују низ заједничких особина, а то су: ћелијска грађа, исхрана, дисање, излучивање, кретање, растење, надражљивост, размножавање, наследност, променљивост, прилагођавање условима спољашње средине и др. (слика 1).



Слика 1. – Шематски приказ заједничких особина живих бића

Ћелијска грађа представља основу структуре скоро сваког организма изграђеног од неорганских и органских молекула. Неки организми састоје се само од једне ћелије (једноћелијски организми), док су други изграђени од великог броја ћелија (вишећелијски организми). Свака ћелија је структурна јединица организоване живе материје у којој се одвијају многобројни сложени биохемијски процеси. Међутим, међу живим бићима има и таквих код којих организација живе материје одступа од грађе типичних ћелија. Ти организми називају се нећелијски (ацелуларни). Такви организми су вируси.

Исхрана, дисање и излучивање су значајни процеси који се одвијају у сваком организму. Исхраном се обезбеђује органска материја. Она се у организму хемијски и енергетски трансформише. Уз стални процес дисања, током којег се троши кисеоник, обавља се излучивање. Као крајњи резултат промета материје излучује се у спољашњу средину неутрошени остатак материје и енергије, који се не може искористити.

Кретање је способност организма да мења свој положај. Ова особина је типична за животиње и неке ниже биљке. Већина биљака нема ту особину – непокретне су. Међутим, код свих организама постоји унутрашње кретање у сваком делу тела, које је врло специфично и значајно.

Растење је увећање масе и размере организма на рачун хранљивих материја унетих из спољашње средине. Организам је способан да своје специфично тело изграђује од хранљивих материја и тако га увећава од једноставног зачетка, па све до одраслог стања. За разлику од других организама, зелене биљке за растење користе органске материје које су саме изградиле од неорганских материја (фотосинтеза).

Надражљивост је способност организма да прими утицаје из спољашње средине и да на њих адекватно реагује (нпр. када се човек опече, нагло трза руку, амеба се креће према храни, биљка се окреће према светлости итд.).

Размножавање је способност живог организма да рађа себи сличне потомке, а потомци, чији живот почиње од једне ћелије, пролазе сличан пут развића као и њихови родитељи, што представља наследност. Ова појава наставља се из генерације у генерацију.

Мутација је својство организма да мења своју наследну основу. Дешава се да се у новом поколењу појаве особине које нису раније постојале ни код родитеља, ни код предака.

Прилагођавање условима спољашње средине је својство које омогућава еволуцију живог света. Пошто се услови спољашње средине стално мењају, и организми морају да се мењају и на адекватан начин прилагођавају својом грађом и начином живота. Без овог својства били би осуђени на изумирање.

РАЗЛИКЕ ИЗМЕЂУ БИЉАКА И ЖИВОТИЊА

Речено је да се у живом свету разликују три групе организама: микроорганизми, биљке и животиње. То су, у ствари, два облика постојања и одржавања живог света на Земљи. Разлике међу њима су у грађи, начину живота и, уопште, у одржавању животних функција.

Највећа и основна разлика између биљака и животиња је у начину коришћења енергије, из чега произлазе и разлике у организацији телесне грађе. Сунчеву енергију биљке претварају у потенцијалну енергију кроз процес фотосинтезе. Животиње користе потенцијалну енергију која потиче од биљака. Ипак, има биљака које нису способне да врше фотосинтезу јер у свом телу немају хлорофил. Зато се оне морају хранити, слично животињама, готовим органским супстанцама које узимају из тела других биљака и животиња. Такве су многобројне бактерије и гљиве.

Иако и биљке и животиње имају ћелију као структурну и функционалну јединицу, разлика је у томе што биљке имају ћелијски зид који обавија ћелијску мембрану. Осим тога, у ћелијама биљака са хлорофилом постоји зелени пигмент, хлорофил, који омогућава да се у биљним ћелијама изграђује органска материја.

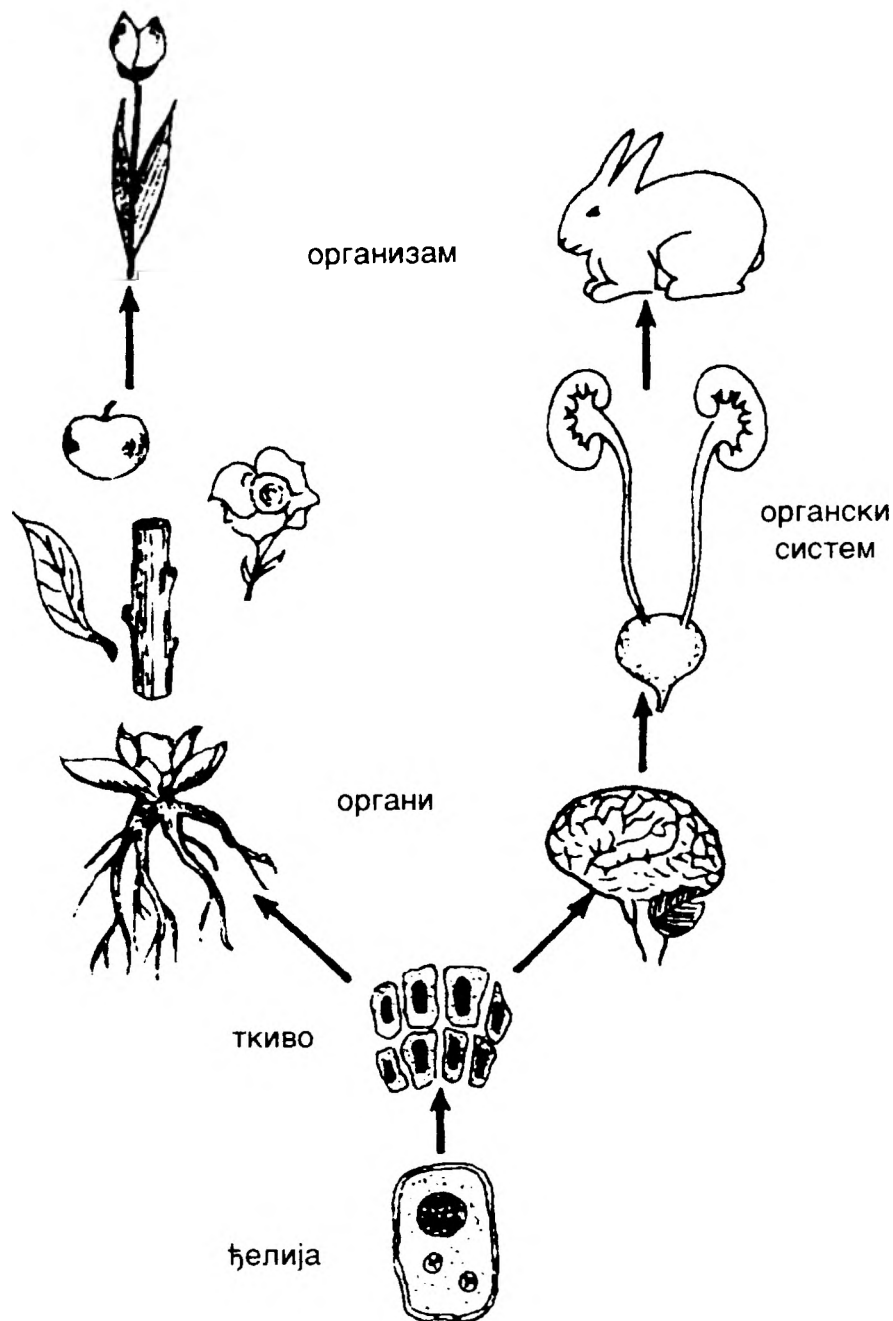
Разлика између биљака и животиња састоји се и у томе што је већина животиња покретна, док је већина биљака учвршћена на једном месту. При томе биљка кореном упија из подлоге воду и минералне соли, а Сунчеву енергију прима преко листова.

Битне разлике постоје и међу самим биљкама и животињама. Свака организована група биљака или животиња на свој начин користи услове средине и „решава“ проблеме одржавања живота у променљивој животној средини. Тако, на пример, између алги и маховина постоје знатне разлике у коришћењу животних услова, а исто тако и између риба и водоземаца.

БИОЛОШКИ СИСТЕМИ

Сав живи свет показује *сложивост* у погледу своје *структурне и функционалне организованости*. Структурна организованост јавља се на стадијуму ћелије, ткива, органа, система органа и индивидуалног организма. Сваки од ових стадијума чини посебан биолошки систем (слика 2). На сваком наредном степену организованости компоненте претходног биолошког система уграђују се у нову целину. То доприноси квалитету нових структурних и функционалних система.

Ћелија представља анатомску и функционалну целину у којој постоје бројне интеграције између њених делова, а нарочито између једра и цитоплазме. Кроз ћелијску мембрану одржава се веза са спољашњом средином.



Слика 2. – Шематски приказ биолошких система

Ткиво чини вишу јединствену интеграцију између ћелија сличне грађе и исте функције. Према функцији коју обављају разликује се више различитих ткива, на пример: заштитно, проводно, везивно, механичко и др. Између биљних и животињских ткива постоји, такође, структурална и функционална разлика.

Органи представљају интеграцију ткива и ћелија, одликују се посебном грађом и карактеристични су за поједине организме. Тако се код биљака разликују посебни органи: корен, стабло, лист, цвет, плод и семе, а код животиња: језик, зуби, срце, јетра, панкреас, бубрези и др.

Органски системи чине интеграцију органа који заједнички обављају одређене сложене функције и међусобно су зависни. Карактеристични су само за животињски свет. Тако се код животиња разликују: кожни систем, систем органа за кретање, варење, крвоток, излучивање, нервни систем и ендокрини систем.

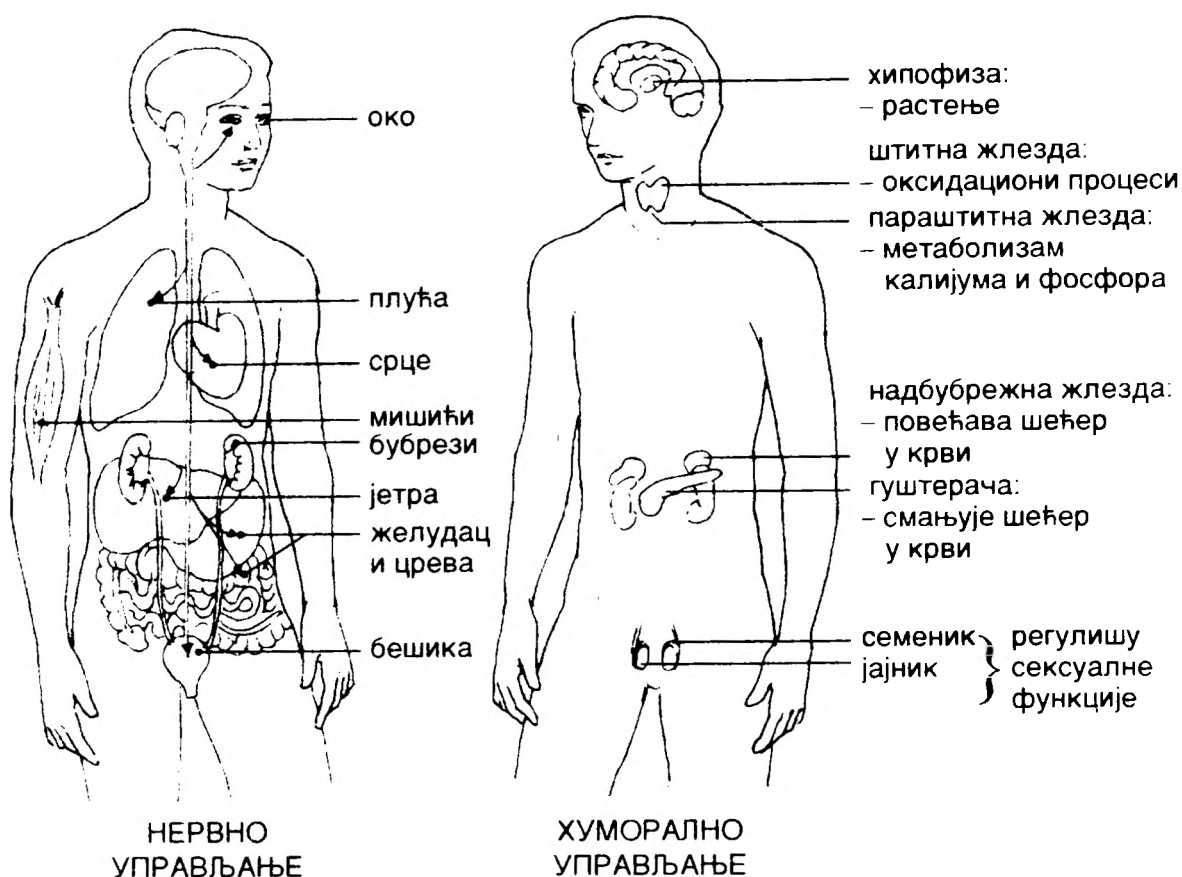
Индивидуални **организам** представља систем који се самостално одржава у природним условима, размножава се и прилагођава условима животне средине. Неки организми могу да функционишу самостално на стадијуму једне једине ћелије. То су једноћелијски организми и бројни су у биљном (бактерије, извесне алге и гљиве) и животињском свету (протозое). Вишећелијски организам представља интеграцију ћелија, ткива, органа и система органа. Између појединих делова индивидуалног организма постоји сталан узајамни однос, што обезбеђује јединствену анатомску и функционалну целину.

УПРАВЉАЊЕ БИОЛОШКИМ СИСТЕМИМА

Функционалну повезаност и укупну интеграцију свих делова организма обезбеђују гени и биохемијске реакције. Код виших животиња и човека повезаност се остварује и хуморалним путем и нервним системом. На овај начин омогућени су управљање и координација у свим биолошким системима (слика 3).

Хуморална регулација постиже се хормонима (хемијски активне материје које настају у ендокриним жлездама), који се излучују директно у крв. Крвотоком хормони доспевају до удаљених органа, ткива и ћелија, где се појачава или смањује њихова активност. Међутим, они делују само на одређене ћелије. На пример, већи број хормона предњег режња хипофизе делује на ћелије других ендокриних жлезда и регулише њихов рад. Други, пак, делују на ћелије коштаног ткива и утичу на раст дугачких цевастих костију.

Управљање и координација помоћу нервног система постижу се брже него хуморалним путем. Дрази из спољашње средине примају се помоћу рецептора, где се трансформишу у надражаје који се путем нерава проводе до централног нервног система и даље ка периферији до органа који на њих реагује. На овакав начин одржава се функционална веза између удаљених органа. Централни нервни систем остварује нервну регулацију усмеравањем надражаја, координацијом њихових дејстава, стварањем услова за њихов настанак и ширење нових надражаја. Он сједињује читав низ функција. Витални органи (срце, плућа, органи за варење, излучивање и др.) координирани су вегетативним (аутономним) нервним системом, који је релативно независан. Нерви вегетативног система делују антагонистички, јер једни активирају вегетативне органе (симпатички нерви), а други коче рад вегетативних органа (парасимпатички нерви). Помоћу периферног, централног и вегетативног нервног система обезбеђује се корелација рада појединих органа, као и организма у целини.



Слика 3. – Шематски приказ управљања биолошким системима

Код животиња и нервни и хуморални систем доприносе правилном функционисању и регулацији појединих органа и организма у целини. Међутим, биљке немају нервни систем, а функционисање и регулација појединих органа и организма остварује се хормонима, који настају у појединим деловима тела биљке. Тако, постоје хормони који регулишу растење, цветање, плодоношење и др.

ВИРУСИ

Вируси су најмањи и најједноставнији организми, а откривени су тек крајем XIX века. Најважнија особина ових организама је да се могу размножавати само у живим ћелијама биљака, животиња и човека. Назив вирус потиче од латинске речи *virus*, што значи „живи отров“. Најмањи вируси су величине око 10 nm, а највећи око 300 nm (један нанометар = 10^{-9} m).

По облику вируси могу бити кугласти, штапићасти, цигласти, полиедрасти итд.

Вируси немају чак ни ћелијску грађу. У живе системе се убрајају захваљујући особини да поседују генетску информацију (поруку) неопходну за сопствену репликацију (удвајање). Ову особину, односно генетски континуитет имају сва жива бића.

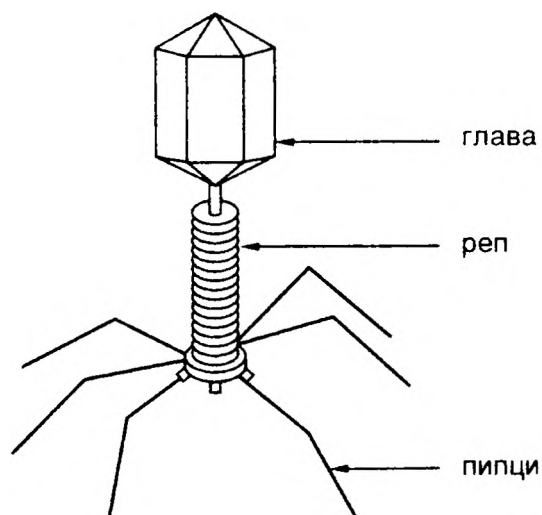
Честица вируса назива се вирион и састоји се од једне нуклеинске киселине, дезоксирибонуклеинске (ДНК) или рибонуклеинске (РНК), и беланчевинастог омотача. Неке врсте вируса имају и спољашњи омотач, који се састоји од угљених хидрата (полисахарида) и масти (липиди), и најчешће су ћелијског порекла. Вируси не поседују неопходне компоненте за стварање енергије и синтезу протеина (ензима и органела).

Вируси су инертни ван живе ћелије и нису у стању самостално да врше метаболичке процесе и да се размножавају. Међутим, пошто у својој нуклеинској киселини носе генетску информацију, уласком у живу ћелију вируси користе супстанце и др. од домаћина за синтезу својих специфичних протеина, растење и размножавање. Овај процес доводи до промена у ћелији домаћина, а на крају и до њене смрти.

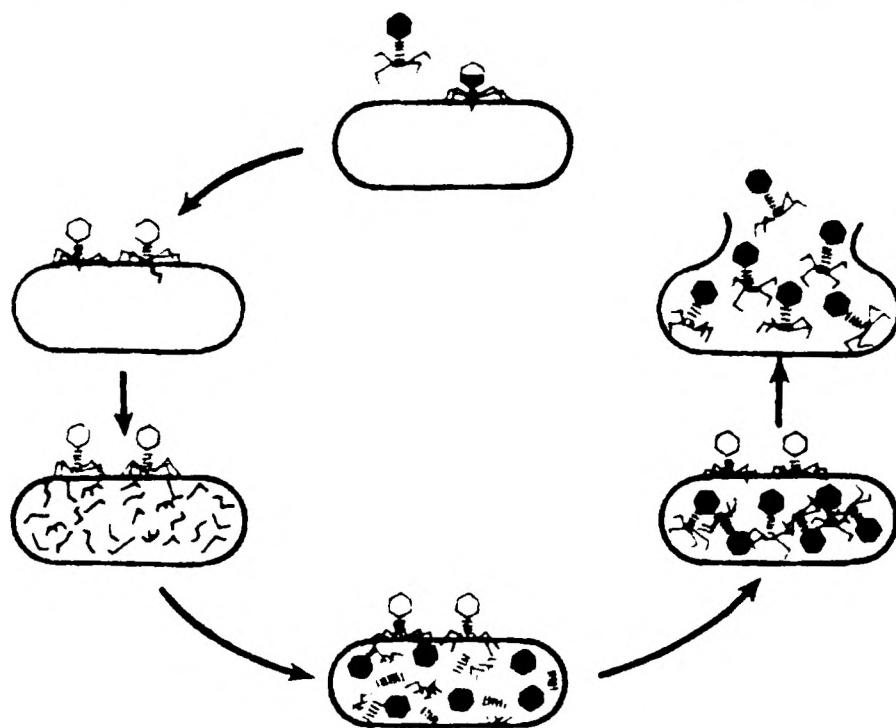
Грађа вируса је једноставна (слика 4). Захваљујући електронском микроскопу данас је познато да се вируси састоје од једне нуклеинске киселине (ДНК или РНК) коју окружује протеински омотач, тзв. **капсид**. Нуклеинска киселина и капсид сачињавају **нуклеокапсид**. Нуклеокапсид може бити без додатног омотача или обавијен омотачем ћелијског порекла.

Вирус који паразитира у ћелијама бактерија назива се бактериофаг или, краће, **фаг**. Већина фага има облик сперматозоида, који се састоји од главеног дела, репног дела и шест веома танких кукица. Нуклеинска киселина (углавном ДНК) налази се у главеном делу.

Размножавање вируса одвија се у живим ћелијама у више фаза животног циклуса, а почиње инфекцијом (зараженошћу) ћелије домаћина (слика 5).



Слика 4. – Грађа бактериофага



Слика 5. – Размножавање вируса на примеру бактериофага

Основне фазе животног циклуса вируса су сличне, било да вируси нападају бактеријску ћелију (бактериофаг), биљну ћелију (биљни вируси) или животињску ћелију (животињски вируси). Неопходно је да нуклеинска киселина вируса дође у ћелију домаћина.

У првој фази бактеријске ћелије се заразе вирусима – фагима на тај начин што се за површину ћелије „закачињу“ вируси помоћу кукица. У другој фази долази до скупљања главног и репног дела вируса и истискивања нуклеинске киселине, која кроз ћелијски зид и мембрану пролази у цитоплазму. Трећа и четврта фаза обухватају синтезу специфичних протеина и репликацију ДНК до ослобађања зрелих честица вируса (фага) кроз ћелијску мембрану, односно ћелијски зид који прска.

Последица вирусне инфекције може бити смрт ћелије домаћина или њена трансформација (низ промена у ћелији).

Количина нових вируса који се образују из једне ћелије при вирусној инфекцији зависи од особина вируса.

Вирусне болести или **виروزе** су обољења биљака, животиња и човека изазвана вирусима.

Међу вирусним болестима биљака најпознатија је мозаична болест дувана. Ова болест се испољава на листу жућкастим пегама у облику мозаичних шара. Вирус дувана је штапићаст и веома је отпоран. Вироze се јављају на житарицама, поврћу и воћу. Најзначајнија вироза воћа јавља се на лишћу и плодовима шљиве. Ова болест назива се шарка шљиве и знатно смањује принос и квалитет плодова. Шарка се веома тешко сузбија.

Вирусне болести животиња су честе и веома тешке. Због преношења ваздухом и кратке инкубације врло брзо се шире, а изазивају обољења органа за дисање. Честа вирусна обољења код човека су инфекција и параинфекција. Заразне болести нервног система изазване вирусима су: енцефалитис, менингитис, беснило итд. Међу тешким болестима које изазивају вируси је и вариола (велике богиње). Ова болест је, захваљујући вакцинацији, у Европи готово искорењена.

Међу болестима које изазивају вируси је и сида или AIDS. Ова болест до данас није довољно проучена, нити за њу има лека. Преноси се најчешће полним путем, на тај начин што је један од партнера носилац ове болести. Постоје и други начини преношења болести, најчешће преко ране или посекотине, када вируси доспевају у организам путем крви. Сида изазива разарање имуног система у организму и завршава се смрћу.

Најважнија превентивна мера кад је у питању сида јесте избегавање полних контаката са непознатим особама и хигијенски режим евидентираних болесника. Као превентивно средство треба да се користи кондом (презерватив), мада ни ова мера није сасвим сигурна.

Против вирусних болести још нема правих лекова. Заштита од појединих вирусних болести постиже се вакцином.

Порекло вируса ни до данас није разјашњено. По једнима, они потичу од предћелијских облика живе материје, а по другима, вируси су настали регресивном еволуцијом бактерија или других микроорганизама.

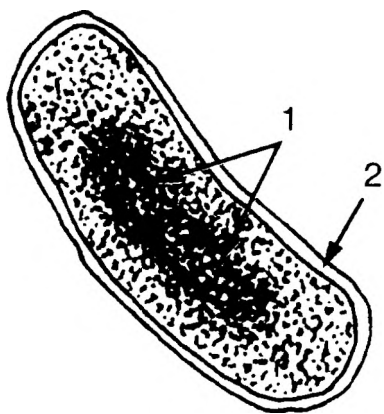
БАКТЕРИЈЕ

Бактерије су веома бројна група микроорганизама. Њихова величина најчешће износи 0,5 – 8,0 nm, већином су без хлорофила, а по саставу су једноћелијски организми.

Бактерије су веома распрострањене у природи (на живим бићима, на земљи, у ваздуху и води). У земљишту нађубреном људским или животињским фекалијама у једном граму може се наћи на милијарде бактерија. На лединама, песковитим и стеновитим местима има мало бактерија.

Ношене ваздушном струјом, приљубљене уз честице прашине, бактерије се уздижу високо изнад подлоге. Бактеријама обилују реке у које се сливају канализационе и друге отпадне воде. Човечји и животињски организми су велики расадници бактерија. Оне се налазе у унутрашњости тела, а нарочито на кожи и слузокожи, у каналима и шупљинама које су у вези са спољашњом средином.

Ове бактерије карактерише нарочит тип ћелије. Бактеријска ћелија нема организовано једро. У бактеријама, слично као у једру, налази се нуклеинска киселина у облику кружног хромозома. Отуда се организми без правог једра називају прокариоти, у које, осим бактерија, спадају модрозелене алге.



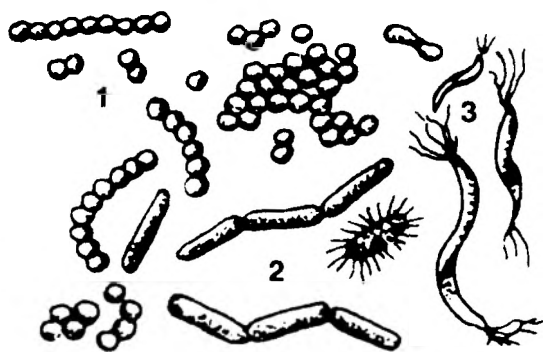
Слика 6. – Грађа бактерија: 1 – једров материјал; 2 – ћелијски зид

ског зида је цитоплазматична полупропустљива опна. Цитоплазма ћелије садржи бројне органске молекуле, као и 70–80% воде. У цитоплазми се може издвојити део, тзв. нуклид или хромозом – који се састоји од дволанчаног молекула дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК). Овај молекул служи за чување и преношење генетских информација (порука).

Неке бактерије имају један или више бичева (трепљи), који се зачињу у цитоплазматичној мембрани. Захваљујући бичевима многе бактерије могу да се крећу.

Неке бактерије су обавијене слузавим омотачем који се назива **капсула**. У састав капсуле најчешће улазе сложени шећери – полисахариди. Она има улогу да штити бактеријску ћелију од утицаја физичких и хемијских чинилаца средине.

У неповољним условима бактерије образују споре или коме и на тај начин преживљавају.



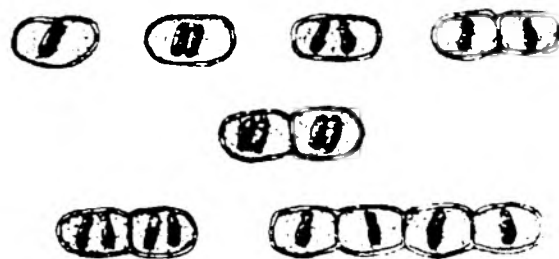
Слика 7. – Облици бактерија: 1 – коке; 2 – бацили; 3 – спирили

Грађа бактерија је веома сложена (слика 6). Бактеријска ћелија оивичена је ћелијским зидом, који се разликује од зида зелених биљака. Састоји се од масти (липида), аминокиселина, беланчевина (протеина) и шећера (угљених хидрата). Код неких бактерија ћелијски зид је вишеслојан. Поред тога што ћелији даје облик и чврстину, ћелијски зид учествује и у одржавању интегритета (целовитости) ћелије. Уколико се наруши структура ћелијског зида, долази до разлагања и смрти ћелије. Испод ћелиј-

Облик бактерије може бити тројак: лоптаст – коке (*coccus* – зрно), штапићаст – бацили (*bacillus* – штапић) и спирални – спирили (*spirillum* – опруга) (слика 7).

Пошто се бактерије деле простом деобом, новонастале ћелије могу да се одвоје или да остану заједно, у групи. Груписање бактерија је важна одлика која служи за препознавање бактеријских врста. Ако од једне коке настану две засебне, свака од њих се назива **ми-**

крокока, по две у пару су **диплококе**, у низу су **стрептококе**, у грозду – **стафилококе**, по четири су **тетракоке**, а у пакетићу – **сарцине**. Уколико две штапићасте ћелије остану заједно после деобе, оне дају парове који се називају **диплобацили**.



Слика 8. – Размножавање бактерија

Размножавање бактерија обавља се дељењем (слика 8.). При дељењу од једне ћелије настају две. Овом процесу у ћелији претходи удвајање (репликација) дезоксирибонуклеинске киселине (ДНК), која код бактерија представља хромозом. Од једне дезоксирибонуклеинске киселине настају две нове, потпуно исте ДНК, око којих се ствара цитоплазматични омотач. На тај начин настају две нове ћелије, које се одвајају једна од друге стварањем преграда од периферије ка средини ћелије. Код штапићастих бактерија ствара се попречна преграда и од једне родитељске ћелије настају две нове. Овај процес траје око 20 минута.

Бактерије се могу размножавати и вештачки (у лабораторијама, на хранилиштима, тзв. бактериолошким подлогама – бујон, агар). На подлогама, у повољним условима, при температури од 22°C, свака бактерија се размножава и ствара једно насеље, једну колонију. Изглед и боја колонија карактеришу поједине врсте бактерија.

Према начину исхране, бактерије, као и сви остали организми, могу бити аутотрофне и хетеротрофне.

Аутотрофне бактерије су оне које узимају азот из амонијака, нитрата и нитрита, а угљеник из угљен-диоксида. Енергију добијају од Сунца (фотосинтетичке бактерије) или оксидацијом неорганских једињења, разних сулфида, тиосулфата, амонијака и нитрита (хемосинтетичке бактерије).

Хетеротрофне бактерије користе храну из органских једињења. Већина ових бактерија узима азот из органских једињења, осим неких које користе елементарни азот из ваздуха (такав је случај са азотним бактеријама на махунаркама). Енергију добијају претежно оксидацијом органских једињења.

БАКТЕРИЈЕ КАО ИЗАЗИВАЧИ БОЛЕСТИ ЧОВЕКА И ЖИВОТИЊА

Бактерије као изазивачи болести су веома бројне. Преносе се водом, храном, ваздухом, непосредним додиром са извором заразе. Од неких болести оболевају и животиње и људи, а често се на човека болести и преносе преко животиња.

Најчешће болести животиња су: антракс, сакагија, тетанус, бруцела, туберкулоза и др. **Антракс** је честа болест говеда, оваца, свиња и ко-

ња. Стока се зарази пасући загађену траву, поједе споре које доспевају у желуцац, затим у танко црево, у коме се бацил размножи и преко цревне слузокоже доспева у крв и лимфу. Најчешћи исход ове болести је смрт животиње. Заштита је вакцинација. Човек може да се инфицира у додиру са животињом преко њене коже, длаке или меса. **Сакаганја** или малеус је болест копитара, нарочито коња. Оболеле животиње луче секрет из ноздрва и на њиховој кожи појављују се пликови. **Бруцела** је болест оваца и коза, а ређе крава и свиња. Животиње се могу заразити храном (сеном, сламом) у којој има бацила. Код скотних женки долази до побачаја. **Туберкулоза** је болест животиња и човека. Патогено дејство појединих типова бацила туберкулозе на човека и поједине животињске врсте је различито. Човек се може заразити туберкулозом и преко млека оболелих животиња.

Честе болести човека су: ангина, дифтерија, дизентерија, трбушни тифус, ботулизам, запаљење зглобова и средњег уха, гонореја, колера, гасна гангрена и др. **Ангину** изазивају стрептококе, које проузрокују упалу дисајних путева. **Дифтерију** изазивају бацили који луче отрове (токсине) који проузрокују гнојна запаљења ждрела и грла, тако да може доћи до затварања дисајних путева. **Дизентерију** изазивају бацили шигеле, који проузрокују крварење у дебелом цреву. **Трбушни тифус** изазивају бактерије салмонеле, које инфицирају слузокожу црева, а затим продиру у крв. **Гонореја** је искључиво болест човека. Бактерије гонкоке изазивају гнојно запаљење изводних канала полног система и вежњаче ока. **Ботулизам** је болест коју изазива бактерија клостридијум ботулис. Преноси се загађеном храном, нарочито поквареним конзервираним месом. Болест се често завршава смрћу.

ЗНАЧАЈ БАКТЕРИЈА У ПОЉОПРИВРЕДИ

Бактерије, заједно са другим микроорганизмима, имају важну улогу у стварању и одржавању пољопривредног земљишта. Бактерије учествују у разлагању свежих органских супстрата биљног и животињског порекла у земљишту. Деловањем бактерија свеже материје у земљишту трансформишу се у хумусне материје колоидне природе, које земљишту дају одређену структуру, плодност и друга хемијска и физичка својства. Ове хумусне материје су још увек специфична органска једињења, која биљке не могу да користе, па се даље минерализују у неорганска једињења, која биљке могу да употребе. За пољопривреду су значајне нитрификационе, сулфидне и гвожђевите бактерије.

Неке врсте бактерија (азотне) живе на корењу биљака лептирњача и у стању су да везују атмосферски азот и да га преображавају у азотне соли које биљке могу да користе.

Многе врсте бактерија изазивају болести гајених биљака. Ове болести називају се бактериозе. Извори зараза могу бити заражено семе, за-

ражен садни материјал, одрасле заражене биљке, заражени остаци угинулих биљака, заражена земља и животињски организми. Паразитске бактерије продиру у биљни организам кроз природне отворе и озлеђена места. Ове бактерије изазивају на оболелим биљкама физиолошке, анатомске и морфолошке промене.

Физиолошке промене настају услед поремећаја различитих функција. Тако бактерије изазивају пегавост лишћа, што доводи до смањења броја хлоропласта. На тај начин се смањује и интензитет фотосинтезе. Промене могу да се испоље и у виду изумирања ћелија биљке. Неке бактерије изазивају бујање ћелија, тако да настају неправилне израслине и гукe. Под утицајем патогених бактерија код оболелих биљака могу закржљати поједини органи, па и цела биљка.

Досад су утврђене 24 врсте бактерија које изазивају обољења на зељастим биљкама и око 8 врста бактерија које изазивају обољења дрвенастих биљака. На пример, код кромпира је позната болест труљења кртоле, а код шећерне репе – болест која изазива мрке шупљине на корену. На корену коштуњавих и јабучастих воћки и винове лозе често се јавља бактериозни рак (разне врсте израслина).

Да би се сузбиле бактерије, потребно је предузети превентивне мере. Оне се састоје у сађењу здравог садног материјала и уклањању оболелих листова и других оболелих делова биљака. За сузбијање болести користе се разни хемијски препарати (нпр. бордовска чорба).

ЗНАЧАЈ БАКТЕРИЈА У ПРИВРЕДИ

Корисну улогу бактерије имају у производњи намирница, разних хемијских једињења која се користе у хемијској и фармацеутској индустрији и др. Штетно деловање бактерија овде се огледа у изазивању кварења разних намирница и другог материјала.

Бактерије млечног врења изазивају млечну ферментацију и на тај начин се добијају млечни производи. Под дејством ових бактерија, у анаеробним условима угљени хидрати се у процесу врења трансформишу у млечну киселину као главни производ. У производњи кисело-млечних напитака (јогурта, киселог млека, кефира, кулиса) бактерије млечне киселине, односно ферментација коју оне изазивају има изузетно велику примену.

Производња киселог купуса заснива се на млечнокиселинском врењу које изазивају бактерије. Бактерије учествују и у производњи сирћетне киселине. Као сировина користи се етил-алкохол. Осим тога, могу се користити и разне воће и скробне сировине, у којима је претходно обављено алкохолно врење.

Сумпорне бактерије учествују у оксидацији сулфидних руда: пирита, халкопирита, молибдена итд.

БИОЛОГИЈА ЋЕЛИЈЕ

Биолошка дисциплина која се бави проучавањем ћелије, њеног облика, грађе, функционалне организације и животних процеса у њој назива се **цитологија**. То је комплексна наука јер ћелију проучава са више аспеката. Постоји више биолошких дисциплина: **цитоморфологија**, **цитофизиологија**, **цитогенетика**, **цитоекологија** и друге.

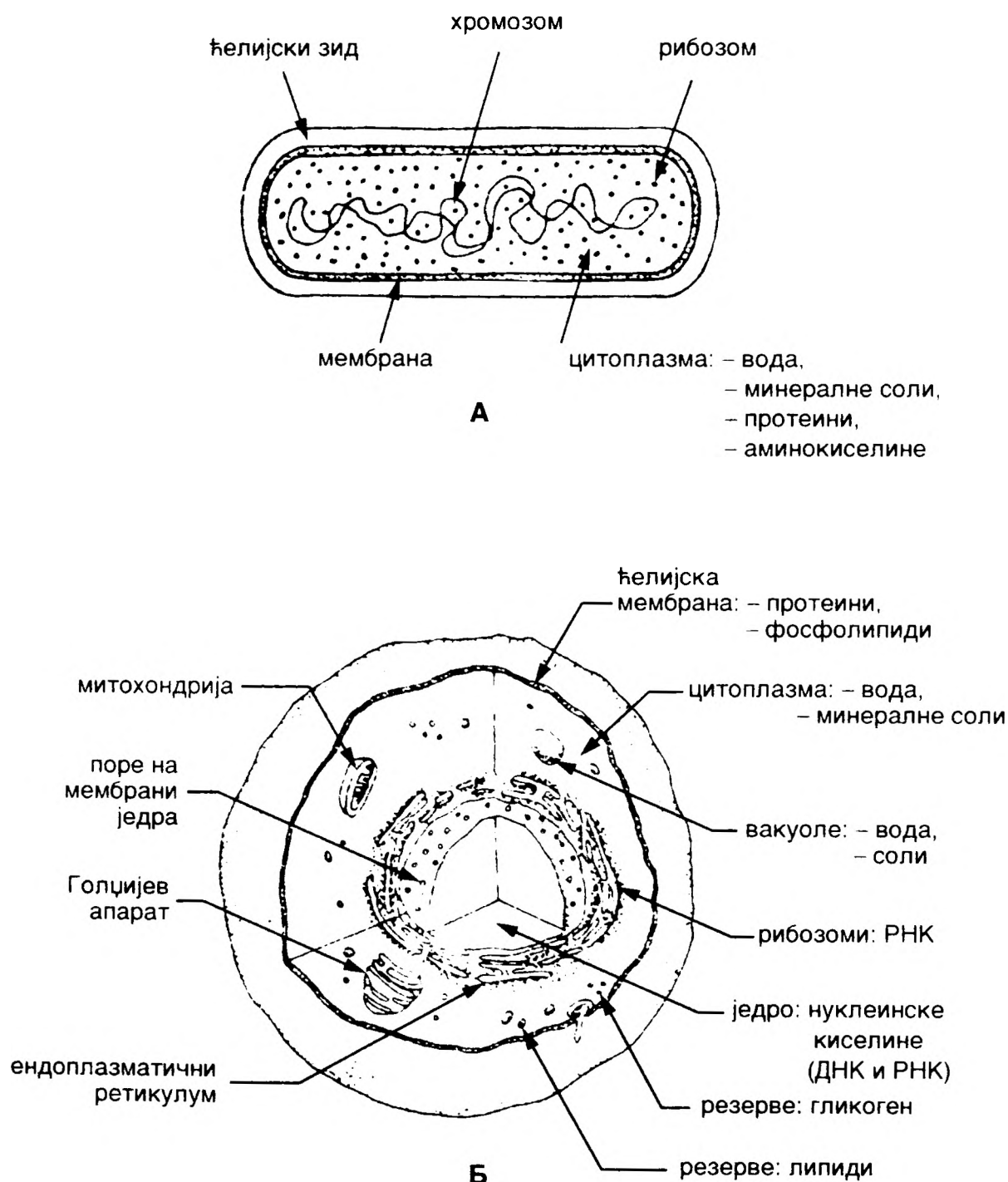
Од времена открића ћелије (Роберт Хук, 1665) и постављања ћелијске теорије (Теодор Шван, 1839) цитологија је била дескриптивна наука јер су научници углавном проучавали и описивали грађу ћелије. Повезивање цитологије са другим наукама и примена метода и резултата биохемије, физиологије, биофизике и других научних дисциплина у цитолошким истраживањима довели су до њеног даљег развоја. Данас је то фундаментална наука у оквиру које се решавају кључни проблеми у вези са феноменима живота.

Ћелија је основна јединица грађе и функције живих организама. Она представља основу биолошке организације, основну јединицу структуре и основну јединицу животних активности свих организама. То је веома сложен биолошки систем, изграђен од великог броја супћелијских делова у којима се обављају основни животни процеси. Зато она представља елементарну јединицу живота, структурну и функционалну, и може постојати само као целина. Сви делови ћелије и сви процеси које ти делови обављају зависе једни од других, међусобно су повезани и налазе се под контролом организма као целине. Ћелија представља основни ниво на коме се јавља живот.

Првобитно се претпостављало да су све ћелије, животињске, биљне, бактеријске, организоване по истим принципима да имају исту грађу и да су им метаболичке активности исте, што би значило да користе исти метаболички пут за добијање енергије.

Проблем ћелијске структуре разрешен је тек педесетих година овог века. На основу многих биохемијских и генетичких студија дошло се до сазнања да постоје два, у принципу различита типа ћелије: прокариотска, која нема диференцирано једро, и еукариотска, која има организовано једро (слика 9). Ова два типа ћелије вероватно воде порекло од истог претка, али његова природа није позната. Основна разлика између прокариотске и еукариотске ћелије састоји се у томе што ћелијски

материјал прокариота није издељен унутрашњим системом мембрана на поједине делове (ћелијске органеле) у којима се обављају специфичне функције ћелије. У еукариотским ћелијама се током еволуције диференцирао сложен систем мембрана које одвајају једров материјал од цитоплазме и образују читав низ органела ћелије. Према типу ћелија од којих су изграђени, ови организми су подељени у две групе: **прокариоте** и **еукариоте**. Групу прокариота чине бактерије и модрозелене алге, док сви други организми припадају великој групи еукариота.



Слика 9. – Ћелија: А – прокариота, и Б – еукариота

ХЕМИЈСКИ САСТАВ ЋЕЛИЈЕ

НЕОРГАНСКИ САСТОЈЦИ ЋЕЛИЈЕ

Ћелија садржи велики број (око петсто милиона) различитих врста молекула, неорганских и органских, а сви они учествују у организацији и изградњи механизма који јој обезбеђују функционисање, односно одржавају је у животу. Ћелија је изграђена од истих елемената који се налазе у неживој природи, само је њихова релативна количина различита. Од 92 природна елемента само шест учествује у изградњи већине једињења у ћелији и они чине 99% живог ткива. То су: угљеник, водоник, кисеоник, азот, фосфор и сумпор. Ови елементи имају значајне карактеристике које омогућавају одвијање биохемијских реакција. Пре свега, њихови атоми су мали и лакши, а електрони им се налазе близу језгра и способни су да образују стабилне хемијске везе.

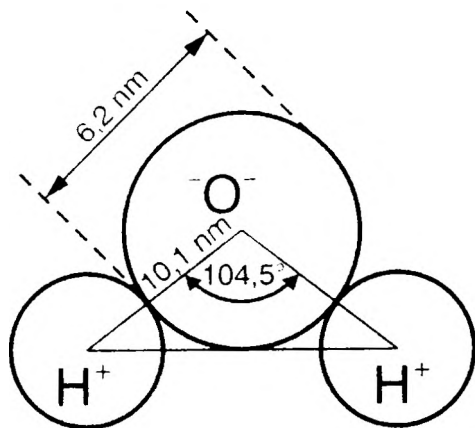
Поред ових, још 12 елемената се сматрају неопходним за живот: калцијум, калијум, магнезијум, гвожђе, манган, бакар, цинк, молибден, хлор, натријум, кобалт и јод. Елементи потребни организмима у већој количини означени су као макрометаболички елементи. Они који су потребни у малим количинама, или се у ћелијама налазе у траговима, називају се микрометаболички елементи. Између ове две групе елемената разлика је само квантитативна, иначе су за живот подједнако значајни.

Свака од многобројних супстанци које учествују у изградњи и функционисању ћелије као живог система и организма као целине представља, издвојена за себе, неживу материју, ма како она била хемијски сложена. Уопште, живи молекули не постоје. Али, специјално организоване и повезане у ћелији, све те супстанце сачињавају живи систем и дају ћелији и организму својства живота.

Различити типови ћелија показују разлике у хемијском саставу. Релативне количине и врсте супстанци варирају у ћелијама и ткивима, што зависи од физиолошких или метаболичких активности ћелија, али и од њихове старости.

Вода. – Испитивања различитих ткива организама показују да у ћелијама има око 50–95% воде. Изузетак чине ћелије коштаног ткива, зубни емајл, плута, мртва кора, хитин и слично. Између количине воде у ћелији и метаболичке активности ћелије постоји одговарајући однос: ћелије које имају интензивнији метаболизам садрже већу количину воде.

Вода има низ посебних карактеристика које је чине идеалном компонентом живих бића. Она се налази у течном стању у температурним границама 0–100°C, што је шире од температурних граница животних активности. Према томе, живот се одвија у границама у којима је вода у течном стању. Као таква, она је идеалан растварач за највећи број супстанци. Електролити дисосују на јоне под утицајем поларних молекула воде. Поларност је условљена распоредом атома водоника у моле-



Слика 10. – Грађа молекула воде

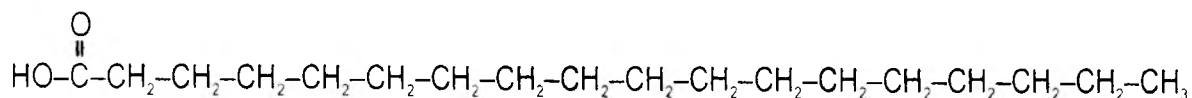
кулу (слика 10). Вода представља инертну средину у којој растворене материје слободно ступају у биохемијске реакције. На тај начин вода омогућава ток биохемијских реакција. Геометријска форма водених молекула омогућава образовање слабих водоничних хемијских веза. Ове везе се лако раскидају и успостављају, што је значајно за образовање и функционисање великих молекула, протеина и нуклеинских киселина, у чији састав

вода улази. Такође, вода директно учествује у многим биолошким процесима, или се из њих ослобађа као метаболичка вода.

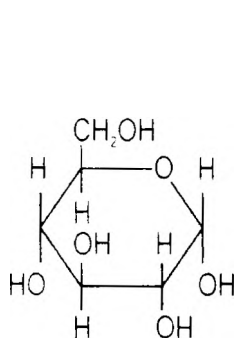
Минералне соли и јони. – Минерални елементи, који се у ћелији налазе у облику соли (фосфата, карбоната, хлорида, сулфата) или јона, обављају у организму различите функције. Често један исти елеменат може имати више различитих улога. Минерални елементи су састојци ћелијских мембрана и цитоплазме, као течне компоненте ћелије, а улазе и у састав неорганских и органских једињења – протеина, нуклеинских киселина, хлорофила, хемоглобина итд. Осим тога, минералне соли и јони имају утицаја на осмотски притисак у ћелијама, као и на киселост ћелијске средине (pH). Пропустљивост ћелијских мембрана одређена је присуством или одсуством појединих минералних соли. Јони K^+ и Na^+ повећавају, а јони Ca^{++} , Mg^{++} и Al^{+++} смањују пропустљивост мембрана. Јони неких елемената учествују у каталитичким процесима биохемијских реакција. За нормално функционисање ћелија неопходан је уравнотежен однос различитих минералних соли.

ОРГАНСКИ САСТОЈЦИ ЋЕЛИЈЕ

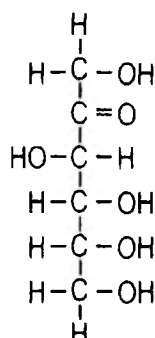
У просеку 60–70% садржаја ћелије као живог система чини вода, а око 1% минералне соли и јони. Остатак у хемијском смислу чине органски молекули, односно молекули који садрже угљеник. Угљеник има централно место и улогу у једињењима битним за грађу и функционисање ћелија. Атом угљеника је најлакши атом који је способан да формира четири ковалентне везе. У свим органским једињењима која улазе у састав живих система угљеник је четворовалентан. Комбинујући се са другим атомима угљеника или атомима других елемената, угљеник образује врло различита сложена једињења ланчане или прстенасте форме. У основи, сви органски молекули добијају облик првенствено захваљујући скелету који образују атоми угљеника. Специфична својства органских једињења зависе од различитих функционалних група које се за тај скелет везују.



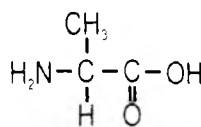
стеаринска киселина



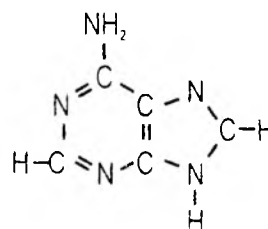
глюкоза



фруктоза у воденом
раствору поприма
облик прстена



аланин



аденин

Слика 11. – Основни органски молекули у ћелији

У ћелијама су најзаступљеније четири врсте органских молекула које се сматрају битним и значајним за грађу и функционисање живих система: шећери, масне киселине, аминокиселине и азотне базе (слика 11).

Шећери (сахариди) изграђени су од скелета угљеникових атома за које су везани атоми водоника и кисеоника у односу 1 : 2 : 1, а садрже кето- или алдехидну групу, које су за њих карактеристичне. У воденом раствору ланац угљеника образује прстен. Шећери се растварају у води захваљујући присуству ОН-група. Прости шећери, моносахариди, и њихови полимери, полисахариди, чине групу важних органских једињења у ћелији.

Масне киселине садрже дуге ланце атома угљеника и водоника и зато је њихов молекул неполаран и хидрофобан (одбија молекуле воде). Карбоксилна група, која се налази на једном крају молекула, чини овај угљоводонични ланац киселином (COOH-група је функционална група свих органских киселина). Масне киселине су структурне компоненте већине масти.

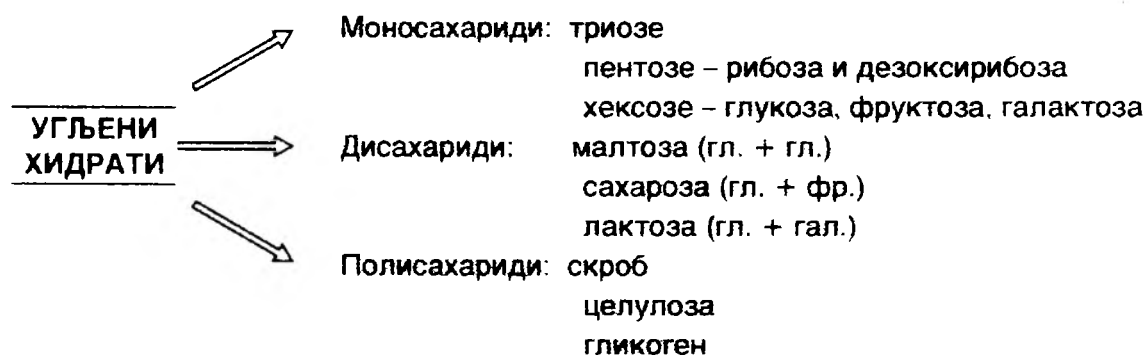
Аминокиселине су основни градивни елементи беланчевина. То су сложени молекули изграђени од једног централног атома угљеника, повезаног са атомом водоника и три функционалне групе. Једна група је увек карбоксилна (-COOH) и она аминокиселини даје својства слабе киселине. Друга је аминоксидна (-NH₂), због које аминокиселина има карактеристике слабе базе. Трећа група је радикал (R). Радикал је по сложености и карактеристикама различит за разне аминокиселине.

Азотне базе су једињења у чијој се основи налази прстен изграђен од угљеника и азота. Аминогрупа, коју ови молекули садрже, даје им особине база. Азотне базе су састојци многих важних молекула у ћелији. Они су и главне компоненте нуклеотида који граде нуклеинске киселине.

Ове четири врсте органских молекула чине мономере, а они полимеризацијом (међусобним повезивањем) граде веома сложена једињења – полимере, чија специфична молекулска организација омогућава животне манифестације.

Угљени хидрати (сахариди). – То су сложена органска једињења која се састоје од угљеника, водоника и кисеоника. Том саставу одговара општа формула $C_n(H_2O)_n$, а водоник и кисеоник налазе се у истом односу као код воде (2 : 1), па су ова једињења добила назив хидрати угљеника или угљени хидрати. Општа формула је $(CH_2O)_n$, где n показује колико се пута мономер налази у једном полимеру.

Сахариди се јављају у форми обичних, простих шећера, моносахарида, и у облику полимера, дисахарида, олигосахарида и полисахарида. Општа карактеристика им је да оксидацијом (разлагањем) ослобађају енергију. Зато су они основни извор хемијске енергије у готово свим живим системима, али имају и градивну улогу (слика 12).



Слика 12. – Класификација угљених хидрата

Моносахариди су прости шећери који се хидролизом не могу даље разлагати, а оксидацијом дају угљен-диоксид и воду, крајње продукте из којих и настају, при чему се ослобађа енергија. Има их више врста и разликују се по томе колико угљеникових атома садрже. За живе системе су значајне триозе (садрже три угљеникова атома), пентозе (садрже пет угљеникових атома) и хексозе (садрже шест угљеникових атома). Веома важни пентозни шећери су рибоза и дезоксирибоза, јер улазе у састав нуклеотида. Од хексоза, у ћелијама су заступљене: глюкоза – гликоза (грожђани шећер), фруктоза (воћни шећер) и галактоза (млечни моносахарид). Основни извор енергије у ћелијама кичмења-

ка је глукоза ($C_6H_{12}O_6$). Синтетизује се у процесу фотосинтезе биљака. У организму се сви шећери, процесима разлагања и трансформације, доводе до облика глукозе. Она затим доспева до свих ћелија и улази у процес ћелијског дисања, током којег се разлаже до угљен-диоксида и воде. Ослобођена енергија се користи за обављање животних процеса.

Дисахариди су изграђени од два молекула моносахарида, међусобно повезана алфа или бета глюкозидном везом. Код многих организама шећери се транспортују у облику дисахарида, а не у облику глукозе. То је нарочито карактеристично за биљке. Од дисахарида, посебно је значајна сахароза, односно шећер који се налази у свакодневnoj употреби, а добија се прерадом шећерне репе. Изграђен је од једног молекула глукозе и једног молекула фруктозе. Малтоза је дисахарид који се састоји од два молекула глукозе и добија се хидролизом скроба. Лактоза се налази само у млеку и зато се назива млечни шећер. Састоји се од једног молекула глукозе и једног молекула галактозе. Да би се користили као извор енергије, сви ови шећери се претходно процесом хидролизе морају разложити.

Полисахариди су сложени шећери састављени од више молекула моносахарида, међусобно повезаних у дуге ланце. То су периодични (правилни) полимери, што значи да су настали везивањем истих мономера. Неки полисахариди представљају резервне облике шећера. Скроб је полимер глукозе и резервни је шећер већине биљака. Резервни облик шећера код животиња више телесне организације је гликоген. Код кичмењака је углавном депонован у ћелијама јетре и мишића. Хидролизом резервних полисахарида добија се глукоза која се користи као извор енергије.

Полисахариди су и структурне компоненте ћелија. Код биљака је то целулоза, од које је изграђен ћелијски зид већине ћелија. Целулоза је, такође, полимер глукозе, али има нешто другачију структуру од скроба и гликогена. Хидролизу целулозе могу да врше само неки микроорганизми. Хитин је структурни полисахарид који представља главну компоненту спољашњег скелета инсеката.

Маси или **липиди**. – Ова једињења представљају групу супстанци у коју се сврставају обичне маси (лој, уља, воскови), сложене маси (фосфолипиди) и деривати липида (стероиди). Основна карактеристика липида је да су хидрофобни (одбијају молекуле воде), па се у води не растварају. Имају важну улогу у ћелији и, као и угљени хидрати, представљају извор енергије. Маси су резервни облик масних киселина. Сложени липиди су структурне компоненте ћелије. Они, заједно са беланчевинама, граде ћелијске мембране.

Молекул маси састоји се од три молекула масних киселина, најчешће стеаринске, палмитинске и олеинске, који су везани за један моле-

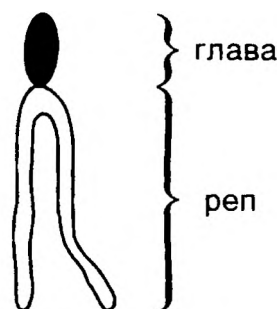
кул трохидроксилног алкохола глицерола. По својој хемијској природи то су естри. Масти које садрже незасићене масне киселине су течне, а оне које садрже засићене масне киселине су чврсте. Молекули масти који служе као извор енергије депонују се у ћелијама масног ткива и тамо се налазе у облику липидних капљица. Масти поседују више хемијске енергије од угљених хидрата.

Фосфолипиди су основне структурне компоненте ћелијских мембрана (слика 13). Од обичних масти разликују се по томе што је трећа масна киселина замењена фосфатном групом. Фосфатна група представља хидрофилну главу молекула, док је хидрофобни „реп“ састављен од масних киселина. Захваљујући оваквој структури, фосфолипиди у води спонтано образују двослојни филм у коме су молекули окренути тако да је глава постављена према спољашњости (према води), а реп молекула према унутрашњости. Овакав распоред молекула фосфолипида представља основу структуре ћелијских мембрана.

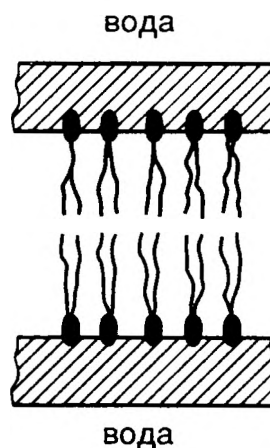
У структурне липиде убрајају се и масти из масног ткива које окружује бубреге сисара и штити их од физичког шока, као и поткожни слој масти који представља термичку изолацију.

Стероиди се по структури веома разликују од других липида, али се убрајају у ову групу једињења јер су нерастворљиви у води. Стероидима припада холестерол који је присутан у свим ћелијским мембранама. Таложењем холестерола образују се масне насlage у унутрашњости крвних судова. Тиме се еластичност крвних судова смањује, а може доћи и до њиховог потпуног зачепљења. Последице оваквих промена су повишени крвни притисак, срчани или možдани удар.

У стероиде се убрајају и полни хормони и хормони коре надбубрежне жлезде. Они представљају регулаторне липиде јер регулишу неке физиолошке функције у организму.



Слика 13. – Изглед фосфолипида



Слика 14. – Два слоја фосфолипида у воденој средини

БИОПОЛИМЕРИ

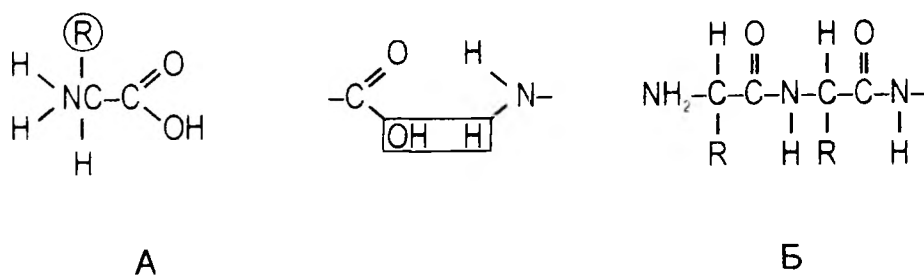
Протеини. – Беланчевине или протеини су најзаступљенији органски молекули у живим системима и чине више од 50% њихове суве масе. Они су веома разноврсни у погледу функције коју обављају. По структури, то су непериодични (неправилни) полимери линеарно повезаних аминокиселина (што значи да се на сваком месту у полимеру може налазити неки други мономер, односно нека друга аминокиселина). Довољно је да се у два полимера на истом месту налазе различите аминокиселине, па да то буду две различите беланчевине, иако су на свим осталим местима аминокиселине идентичне. Отуда потиче огромна разноврсност ових молекула.

Све аминокиселине имају исту основу молекула ($\text{NH}_2\text{-CH-COOH}$), али се међусобно разликују по бочној групи или радикалу (R). Радикал може да садржи атом или групу атома и, у зависности од састава, може бити позитивно или негативно наелектрисан, може да привлачи молекуле воде или да их одбија када је без наелектрисуња.

Теоријски је могуће постојање великог броја аминокиселина јер оне у саставу беланчевина могу да претрпе различите промене. Међутим, само 20 слободних аминокиселина улази у састав протеина различитих организама.

У протеинима су аминокиселине повезане међусобно пептидном везом (слика 15). То је ковалентна веза која се формира између карбоксилне групе претходне аминокиселине и аминогрупе следеће аминокиселине, уз издвајање молекула воде. Редослед аминокиселина у молекулу беланчевине одређује биолошки карактер самог молекула. Протеински молекули су велики и често садрже више стотина аминокиселина. Зато се беланчевине убрајају у групу великих (или макро) молекула. Број комбинација ових 20 аминокиселина у беланчевинама је огроман, а самим тим је огромна и могућа варијабилност протеинских молекула.

Протеини који садрже до 50 аминокиселина у низу називају се **пептиди**. Ако се повеже више пептидних ланаца, те се у низу нађе више од



Слика 15. – Општа формула аминокиселина (А)
и образовање пептидне везе (Б)

50 аминокиселина, онда су то полипептиди. Беланчевине које су изграђене само од аминокиселина убрајају се у групу простих беланчевина, иако се могу састојати од неколико полипептидних ланаца. Сложене беланчевине, поред аминокиселина, садрже и неку непротеинску компоненту. Тако фосфопротеини садрже фосфор, липопротеини – масти, а феропротеини – гвожђе.

Количина протеина у организму је различита. Бактерија *Escherichia coli* (ешерихија коли) садржи само 600–800 различитих врста протеина. Виши организми садрже најмање неколико хиљада различитих протеина. Сваки од њих има јединствену природу и посебну функцију.

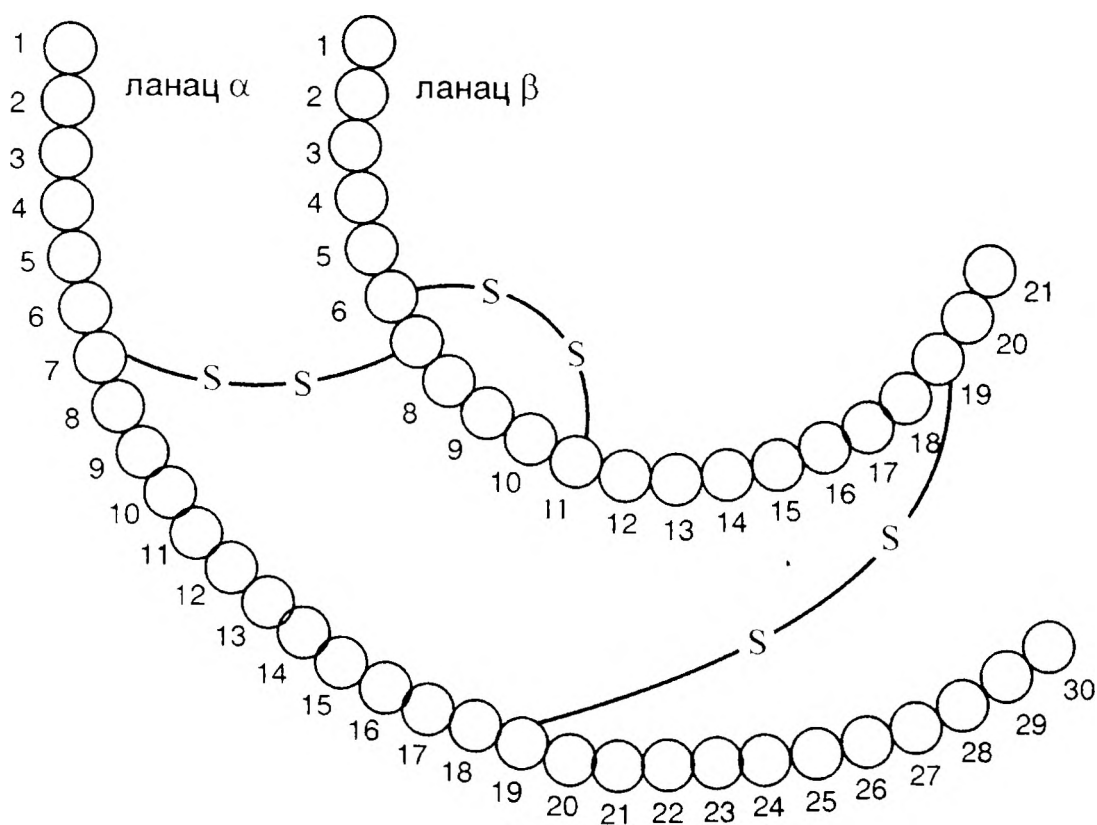
Постоје многи, функционално врло различити протеини: ензими, неки хормони, антитела, транспортни протеини (хемоглобин, цитохроми – преносиоци електрона), фотосинтетички (хлорофил), контрактилни (актин и миозин, у мишићним ћелијама), резервни протеини (у јајима, семенкама) и различити структурни, односно градивни протеини. Структурни протеини, који се налазе унутар ћелија, одређују њихов облик и величину и учествују у покретима или кретању ћелија. Вишећелијски структурни протеини повезују ћелије међусобно и омогућавају њихово растење. Заједно са мастима, протеини граде ћелијске мембране.

Све ове разноврсне функције беланчевине могу да обављају захваљујући својој специфичној грађи. Линеарни распоред аминокиселина у полипептидном ланцу, који зависи од структуре одговарајућег гена, представља примарну структуру протеина. Различити протеини имају различиту примарну структуру, у зависности од броја, врсте и редоследа аминокиселина. Она је одређена наследном основом организма.

Сваки ланчasti молекул протеина има спирални облик који настаје интеракцијама амино- и карбоксилних група аминокиселина (α -спирала). То представља други стадијум (секундарну структуру) грађе беланчевина. Многе беланчевине остају на овом стадијуму грађе и то су фибриларни протеини. Фибриларни протеини су колаген, еластин, кератин и други.

Многи полипептидни ланци се посебно „пакују“ и имају облик лоптице (глобуле). Ова тродимензионална структура представља трећи стадијум (терцијарну структуру) грађе протеина и карактеристична је за глобуларне протеине. Глобуларна форма протеина образује се и одржава водоничним везама између радикала различитих аминокиселина из увијаног полипептидног ланца. Многи специфични протеини, као што је већина ензима, протеински хормони, протеини крви и други, имају глобуларну структуру (слика 16).

Неки протеини имају и четврти стадијум (квартернарна структура) грађе, који настаје образовањем агрегата глобула. У овом облику своју функцију обављају велики ензимски системи.

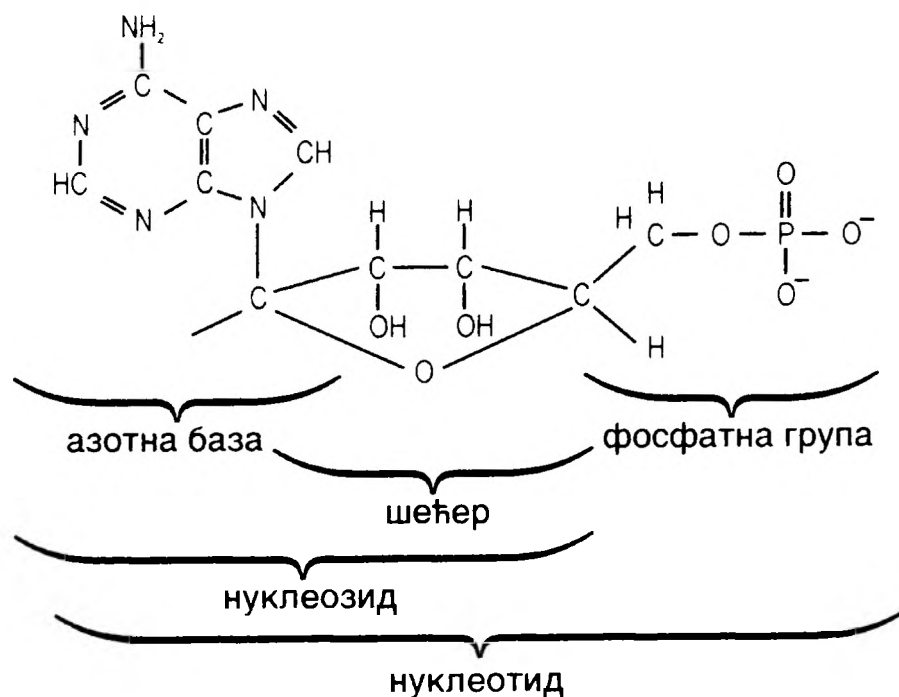


Слика 16. – Шематски приказ грађе инсулина

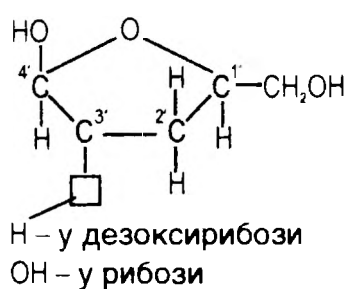
Беланчевине су веома осетљиве на промену температуре или киселости средине јер се у тим случајевима раскидају водоничне везе и нарушава њихова природна структура. Овај процес назива се денатурација.

Нуклеотиди. – То су сложена органска једињења изграђена од пентозног шећера за чији је први угљеников атом везана азотна база, а за пети – фосфатна група. У зависности од врсте пентозног шећера који улази у њихов састав, неуклеотиди могу бити рибонуклеотиди или дезоксирибонуклеотиди (слика 17).

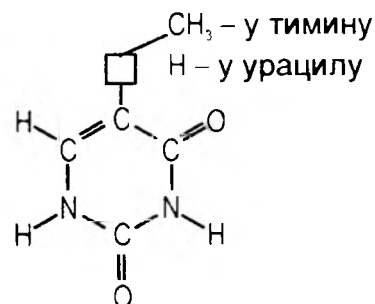
Азотне базе у нуклеотиду могу бити пуринске или пиримидинске. Пуринске базе су аденин (А) и гуанин (Г). Оне се састоје од два повезана прстена и зато су дуже од пиримидинских база које садрже један прстен. Пиримидинске базе су цитозин (Ц), тимин (Т) и урацил (У). Пуринске базе су комплементарне пиримидинским. Азотна база тимин налази се у саставу дезоксирибонуклеотида, док је урацил присутан искључиво код рибонуклеотида. Остале три врсте азотних база: аденин, гуанин и цитозин, јављају се код обе врсте нуклеотида. Нуклеотиди су добили назив према бази коју садрже (слика 18 и 19).



Слика 17. – Грађа нуклеотида



Слика 18. – Разлика у грађи пентозних шећера



Слика 19. – Разлика у грађи тимина и урацила

Шећер и азотне базе без органске фосфатне групе чине нуклеозид који за себе може да везује неоргански (иноргански) фосфор (P_i). Оваква једињења су по хемијским својствима киселине, а према бази коју садрже добила су назив аденозин, гуанозин итд. Према броју молекула неорганског фосфора, могу бити монофосфати, дифосфати или трифосфати. Најчешћи су: аденозин-монофосфат (AMP), аденозин-дифосфат (ADP) и аденозин-трифосфат (ATP). Нуклеозиди имају две веома значајне функције у ћелијама: преносе енергију и улазе у састав ензима.

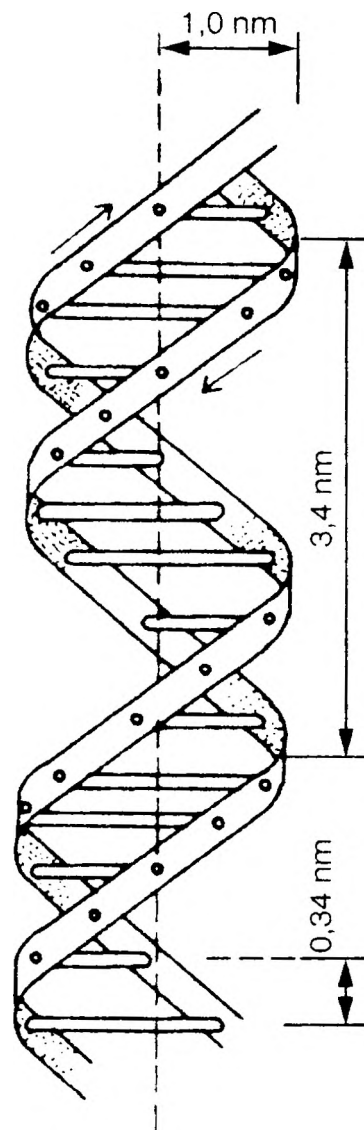
Нуклеотиди представљају основне компоненте генетичког материјала ћелије.

Нуклеинске киселине. – Откривене су још у XIX веку, али је њихов значај схваћен тек четрдесетих година XX века. Пошто су откривене у једру ћелија (лат. *nucleus* – једро), по томе су и добиле назив. Постоје два типа нуклеинских киселина: дезоксирибонуклеинска киселина (ДНК) и рибонуклеинска киселина (РНК).

Дезоксирибонуклеинска киселина је неперидични полимер дезоксирибонуклеотида – аденина и гуанина (који садрже пуринске базе) и цитозина и тимина (који садрже пиримидинске базе). Нуклеотиди се полимеризацијом повезују у полинуклеотидне ланце преко остатка фосфорне киселине (PO_4). Повезани делови нуклеотида шећер – фосфат чине скелет молекула, односно неспецифични део ДНК. Полинуклеотидни ланци се у нивоу азотних база попречно везују водоничним везама. Азотне базе су специфични део молекула ДНК. Њихово везивање је комплементарно и специфично: аденин се везује са тимином, а гуанин са цитозином, дакле – увек један пурин, један пиримидин, и обрнуто. Између аденина и тимина образују се две, а између гуанина и цитозина три водоничне везе (слика 20).

Молекул ДНК има облик двојне спирале јер се при везивању азотних база међусобни положај нуклеотида мења, тако да се добија спирална форма. Према томе, молекул ДНК се састоји од два комплементарна полинуклеотидна ланца који су спирално увијени један око другог. Специфично везивање азотних база унутар молекула ДНК (А-Т и Ц-Г) обезбеђује исту ширину молекула читавом дужином, а огроман број водоничних веза обезбеђује његову стабилност.

Молекул ДНК је највећи молекул у природи и такође спада у групу макромолекула. Његова молекулска маса износи око милион. Иако садржи само четири врсте нуклеотида, број његових комбинација у молекулу је скоро бесконачан и износи 4^n (где је n број мономера у полимеру). Хемијске анализе су показале да је однос база 1 : 1 између аденина



Слика 20. – Молекул ДНК

и тимина, као и између цитозина и гуанина. Међутим, однос парова база (А-Т/Ц-Г) је врло различит и специфичан је за молекуле ДНК различитих организама. Број и редослед нуклеотида у молекулу ДНК представља генетичку шифру о редоследу аминокиселина у протеинима.

ДНК у једру ћелија чини наследну основу свих организама, осим неких вируса код којих ту улогу има РНК. Делови ДНК чији редослед нуклеотида представља генетичку шифру за синтезу једног протеина, односно полипептида, представљају гене.

Молекул ДНК има особину коју нема ниједан други молекул у природи: он може сам себе да ствара. Процес саморепродукције ДНК назива се репликација. Захваљујући овом својству ДНК, генетичка информација може да се преноси и у простору (процес биосинтезе протеина у ћелијама) и у времену (процесом размножавања генетичка шифра се преноси на следеће генерације).

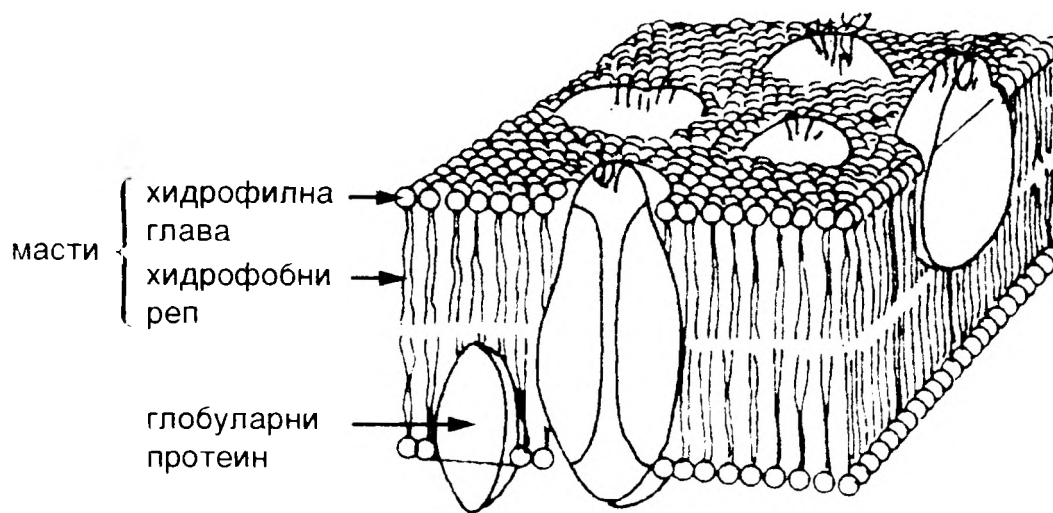
Рибонуклеинске киселине (РНК) изграђене су од рибонуклеотида који се полимеризују и образују једноструке полинуклеотидне ланце. Они нису спирално увијени. Синтетизују се у једру, на молекулу ДНК; и код њих се, уместо тимина, налази азотна база урацил. Молекули РНК су краћи од ДНК и одговарају величини једног гена.

Постоје три типа РНК: информациона (иРНК), транспортна (тРНК) и рибозомна (рРНК). Информациона РНК преноси генетичку информацију са ДНК, на којој се синтетизује, до рибозома, у којима се врши биосинтеза протеина. Транспортна РНК преноси активирани аминокиселине са периферије цитоплазме у рибозом и „чита“ (преводи) шифру на основу које се аминокиселине везују и образују полипептидни ланац. Рибозомна РНК улази у састав рибозома. Она се специфично „пакује“ заједно са протеинима, образујући унутар рибозома две коморице у којима се врши полимеризација аминокиселина.

ГРАЂА ЋЕЛИЈЕ

Ћелије су веома различите по величини, облику и функцији коју обављају у склопу ткива и органа, али су по грађи у суштини сличне. Свака ћелија има ћелијску мембрану, диференцирано једро и различите ћелијске органеле.

Ћелијска мембрана или плазма-мембрана обавија ћелију, даје јој облик, одређује њену величину и штити је од различитих утицаја. Осим тога, она омогућује константну размену материја са околином, а обезбеђује одржавање разлике у концентрацији између ћелијског садржаја и средине у којој се ћелија налази. Ћелијска мембрана је високоселективни филтар који одржава различиту концентрацију јона у ћелији и ван ње.



Слика 21. – Грађа ћелијске мембране

Такође одређује који ће молекули улазити у ћелију и омогућава продукцију метаболита (непотребним и штетним материјама) да изађу из ћелије. Унутрашње мембране ћелије, као што су оне које окружују митохондрије, хлоропласте и једро, контролишу путем селективне пропустљивости пролажење материја до различитих делова ћелије и на тај начин унутрашњу средину ћелије одржавају константном.

Све биолошке мембране имају у суштини исту општу грађу. На основу снимака начињених помоћу електронског микроскопа, као и биохемијских података, предложен је, и данас општеприхваћен, **флуидно-мозаички модел** грађе ћелијских мембрана: оне се састоје од континуалног дуплог слоја липидних молекула у који су уграђени различити протеини. Два слоја молекула масти одређују основну структуру мембране. Протеини омогућавају да мембране функционишу на посебан начин. Највећи део протеинских молекула представља ензимске системе који омогућавају преношење различитих молекула у ћелију и из ћелије (слика 21).

На површини ћелије налази се и зона богата угљеним хидратима. То је **гликокаликс**, чија улога још није позната. Код биљних ћелија се са спољашње стране мембране налази ћелијски зид.

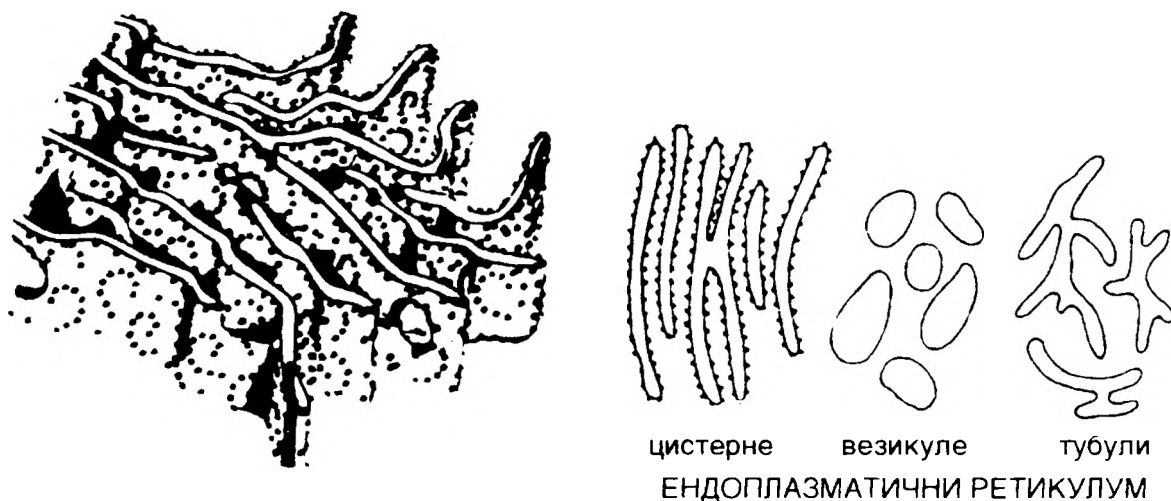
Ћелијске органеле су мембрански делови у унутрашњости ћелије, са специфичном функцијом. Многи биохемијски процеси од животног значаја, као што су фотосинтеза или синтеза самих компонената мембране, ћелијско дисање итд., одвијају се у мембрани или на њеној површини. Зато је унутрашњост ћелије испуњена додатним мембранама које увећавају њену површину и одвајају места одвијања једних процеса од других. Сваки одељак ограничен затвореном, селективно пропустљивом

вом мембраном представља једну ћелијску органелу. Ћелијске органеле су снабдеване ензимима који омогућавају обављање специфичних функција.

Под појмом цитоплазме данас се подразумевају ћелијске органеле и течна компонента ћелије у којој се те органеле налазе. Течна компонента је означена као цитосол. Цитоплазма садржи и различита протеинска влакна која одржавају облик ћелије, омогућују покрете цитосола и вероватно обезбеђују места за причвршћивање различитих ћелијских органела. Ова влакна представљају ћелијски скелет или цитоскелет.

У цитосолу се, пре свега, налази велики број рибозома, ћелијских органела у којима се обавља синтеза протеина. Сваки рибозом се састоји од велике и мале субјединице изграђене од рРНК. Субјединице се у време синтезе протеина спајају и образују комплетну ћелијску органелу.

Све ћелије садрже **ендоплазматични ретикулум (ЕР)** (слика 22а). То је ћелијска органела састављена од система мембрана које увећавају унутрашњу површину ћелије и одржавају комуникацију између једра и ћелијске мембране. За спољашњу површину мембране ЕР везују се рибозоми у време када се у њима синтетизују протеини.



Слика 22а. – Ендоплазматични ретикулум

Голџијев апарат или Голџијев комплекс је систем спљоштених мембрана са којих полазе везикуле (кесице) са „упакованим“ метаболичким продуктима ћелије. Обично се налази у близини једра, а окренут је ка ћелијској мембрани. Број ових органела варира у зависности од типа ћелија. Нарочито су заступљене у ћелијама жлезданих ткива, јер им је основна улога да учествују у секреторним функцијама ћелије (слика 22б).

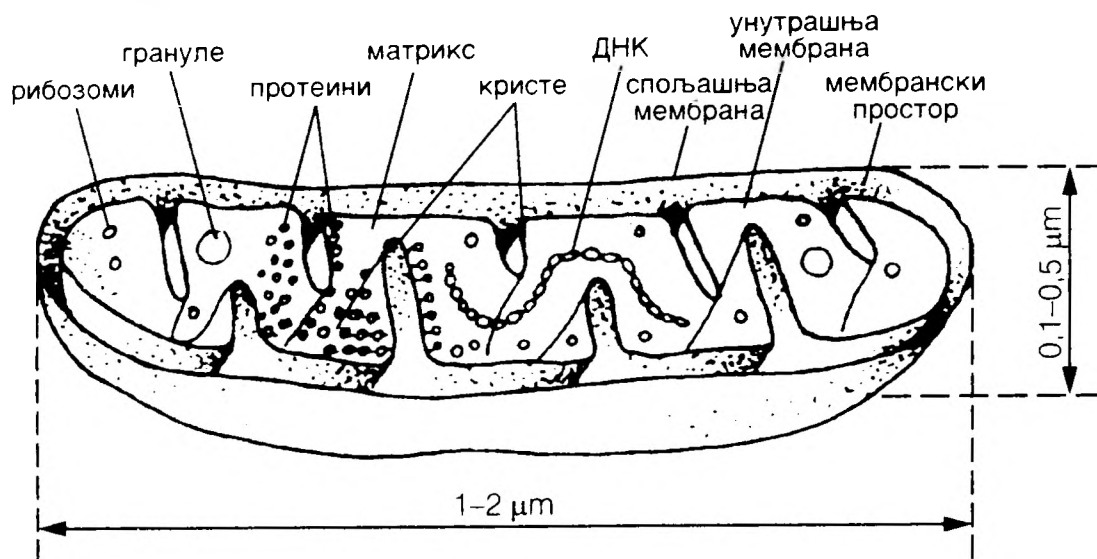


Слика 226. – Голџијев апарат

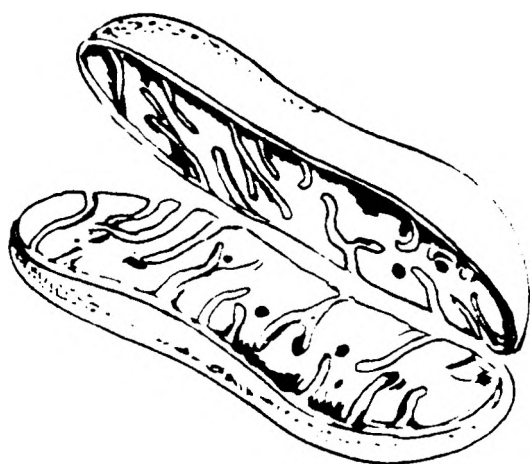
Лизозоми су ћелијске органеле, углавном лоптастог облика, овијене једноструком мембраном. Они садрже хидролитичке ензиме и у њима се разграђују различити молекули и делови ћелије који јој више не користе или су дефектни.

Митохондрије и хлоропласти су ћелијске органеле са двојном мембраном у којима се синтетизује АТФ, при чему се користе различити извори енергије. За синтезу АТФ-а у митохондријама се користе шећери и масне киселине, а у хлоропласту Сунчева енергија. Зато су обе врсте органела организоване на сличан начин и имају сличне механизме синтезе АТФ-а. Митохондрије су скоро универзалне за све врсте ћелија, док се хлоропласти налазе само у ћелијама фотосинтетичког ткива биљака.

Митохондрије су заступљене у свим ћелијама. Иако су релативно крупне, њихова структура се може видети само под електронским микроскопом. Имају облик кратке цевчице или ламеле и обавијене су двојном мембраном. Спољашња мембрана је глатка и пропустљива за велике молекуле, док је унутрашња мембрана слабије пропустљива. Унутрашња мембрана гради читав низ испуста (крита) који улазе у унутрашњост митохондрије. На површини криста налазе се бројне кратке избочине (чворићи) које су протеинског састава и представљају ензиме. Ензима има и у самој унутрашњој мембрани, као и у течној компоненти која испуњава унутрашњост митохондрије. Ензими омогућавају одвијање аеробне фазе процеса ћелијског дисања које се обавља у митохондрији. Митохондрија садржи и неколико малих молекула митохондријалне ДНК и сопствене рибозоме (слика 23).



Слика 23а. – Митохондрија (пресек)

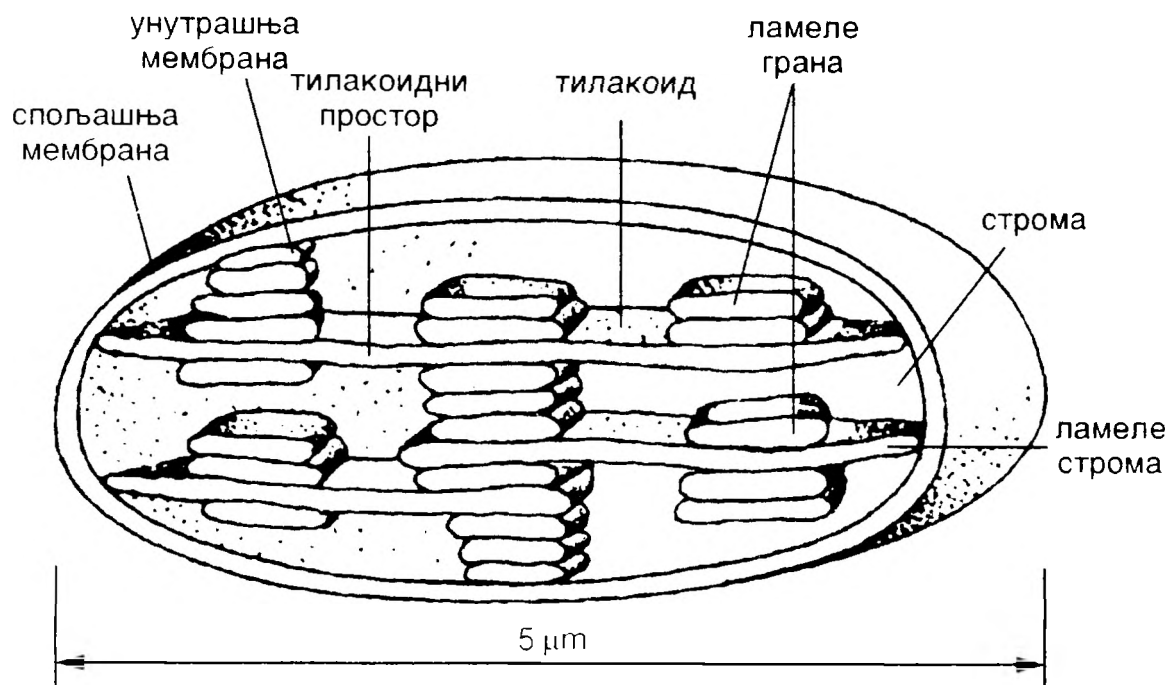


Слика 23б. – Митохондрија

Хлоропласти су карактеристичне органеле ћелија биљака са хлорофилом. Најчешће су овалног облика, али им и облик и величина варирају према врсти ћелија у којима се налазе. Слични су митохондријама, али садрже још једну врсту мембране. Обавијени су спољашњом, високоселективном, и унутрашњом, мање селективном мембраном у којој се налазе специфични перотеини. Течна компонента унутрашњости хлоропласта такође садржи читав низ ензима. Посебна мембрана (тилакоидна)

формира као диск спљоштене, паралелно постављене кесице – тилакоиде, који су наслагани један на други и чине ламеле грана. Ламеле грана су повезане ламелама строма. У ламелама грана налазе се пигменти, пре свега хлорофил, и ензими који обезбеђују одвијање светле фазе фотосинтезе. Тамна фаза фотосинтезе одвија се у ламелама строма (слика 24).

Флагеле и цилије. – Све ћелије показују неки облик кретања: струјање цитосола, кретање хромозома, промена облика ћелије при деоби, кретање ћелија у току раних ступњева ембрионалног развића, кретање микроорганизама под утицајем физичких или хемијских дражи итд. Све ове врсте кретања омогућују микроцевчице (микротубуле) у цилијама и флагелама.



Слика 24. – Хлоропласт

Цилије (трепље) и флагеле (бичеви) јесу издужене творевине које полазе са површине многих ћелија. Структура им је иста, само су флагеле дуже од цилија. Изграђене су од микроцевчица које су протеинске природе.

Базална телашца и центриоле. – У основи сваке трепље или бича налазе се базална телашца, такође изграђена од микроцевчица. Базално телашце преноси АТР и, вероватно, хранљиве материје у цилије и флагеле.

Центриоле имају идентичну структуру као базална телашца. Цилиндричног су облика и леже у паровима, под правим углом један у односу на други. Код животињских ћелија су постављене близу једрове овојнице и имају улогу у формирању деобног вретена при ћелијској деоби. Биљне ћелије не садрже центриоле и није познато на који начин се код њих организује деобно вретено.

ЈЕДРО И ХРОМОЗОМИ

У животу ћелије разликују се два периода: интерфаза, период између две деобе, и деоба. У току интерфазе одвија се највећи део метаболичких активности ћелије и у њима једро има значајну улогу. Оно је директивни, организациони и контролни центар ћелије. Зато интерфазно једро има специфичну грађу.

Једро је ћелијска органела. Углавном је крупно и зато видљиво под светлосним микроскопом. Најчешће је лоптастог облика и обично има централни положај. Од цитоплазме је одвојено мембранама једровог

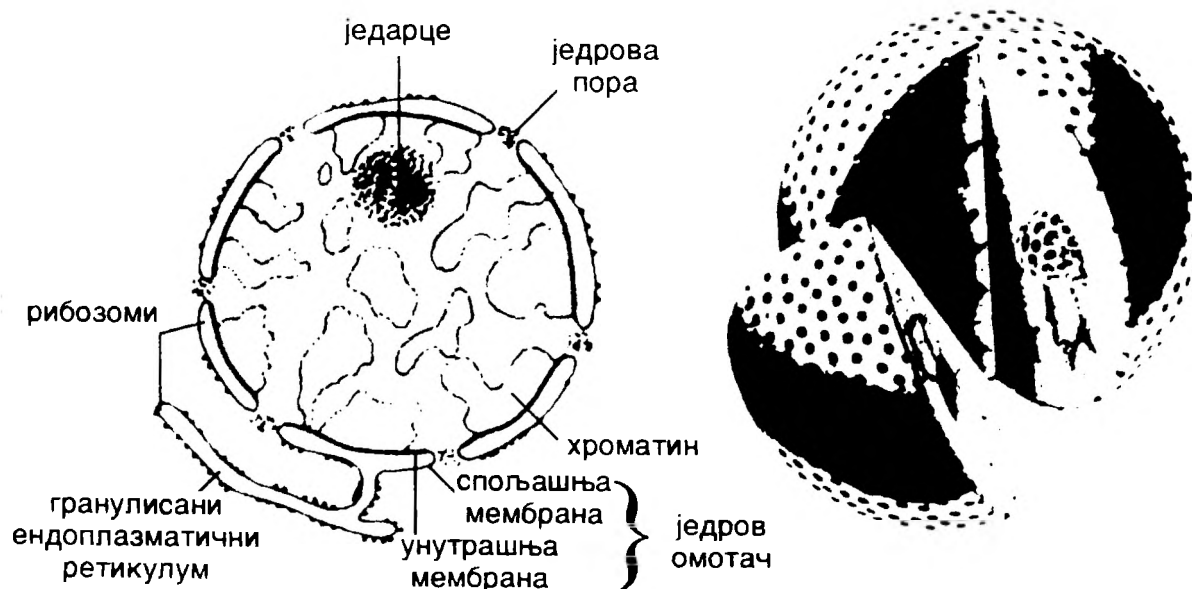
омотача. **Једров омотач** има две мембране. Спољашња мембрана се наставља на ендоплазматичну мрежу и често се на њој налазе рибозоми. Унутрашња мембрана је права једрова мембрана. Једров омотач или овојница има поре. У области пора унутрашња мембрана је повезана са спољашњом. Иако су физички повезане, оне су биохемијски и функционално различите. Сматра се да је улога пора једровог омотача веома значајна. РНК и рибозоми, који своју функцију обављају у цитоплазми и синтетизују се у једру, пролазе кроз поре у цитосол. Исто тако, протеини једра, који се синтетизују у цитоплазми, прелазе кроз поре из цитосола у једро.

Унутрашњост једра је испуњена **нуклеоплазмом**, течном компонентом у којој се налази основни једров материјал. У суштини, то је ДНК повезана са посебном врстом протеина и представља **хромозоме**. У интерфазном једру хромозоми су издужени, делом растресити а делом спирализовани и налазе се у форми хроматина. Светлији делови хроматина су означени као **еухроматин**, а тамнији као **хетерохроматин**. Сматра се да су еухроматични делови активни а хетерохроматични неактивни у погледу синтезе протеина (слика 25).

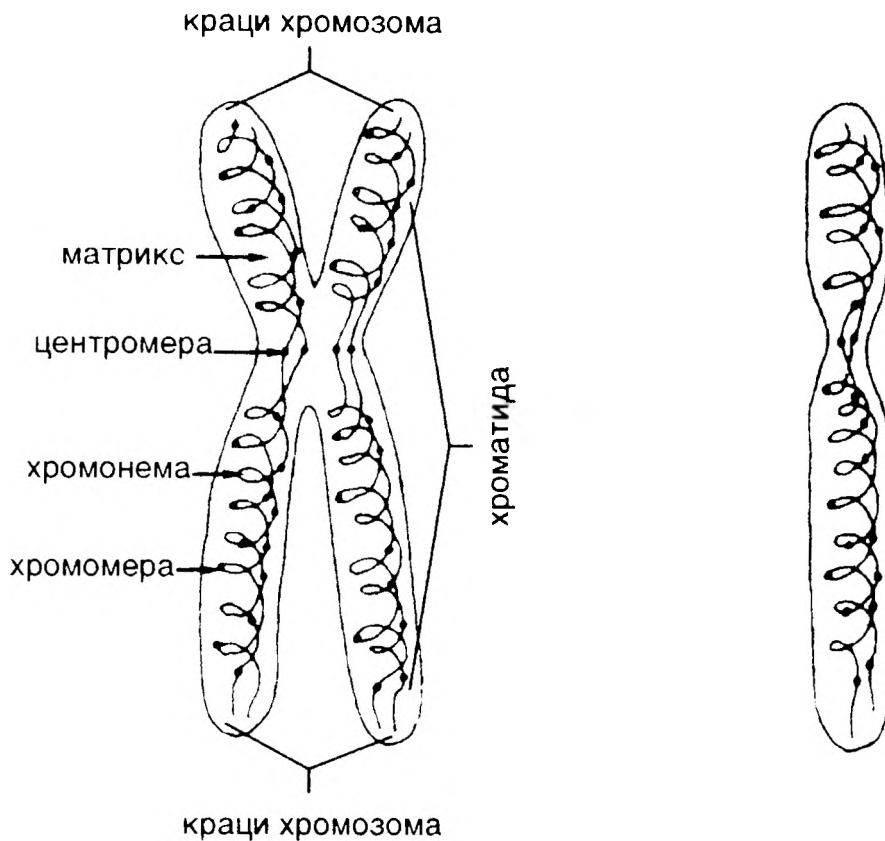
У једру се уочава и једно или више једараца. Једарце (нуклеолус) представља место синтезе РНК и рибозома.

Основна физиолошка улога једра је да управља синтезом РНК. Код ћелија које се налазе у фази раста или диференцијације, у једру се одвијају интензивни метаболички процеси.

У току деобе ћелије ДНК се спирализује и уобличава градећи хромозоме који се у ћелији јасно уочавају.



Слика 25. – Грађа интерфазног једра еукариотске ћелије

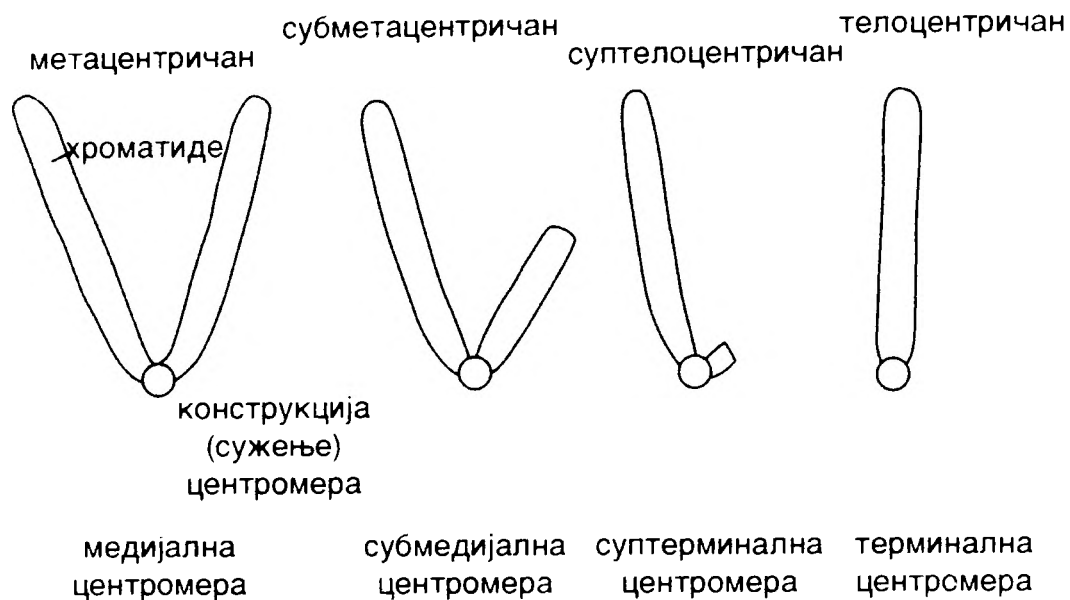


Слика 26. – Изглед и грађа хромозома; метафазни хромозом (лево), анафазни хромозом (десно)

Хромозоми се најбоље могу посматрати у стадијуму метафазе када су максимално кондензовани и стога јасно морфолошки формиран. Обично имају изглед кратких штапића и величина им је различита. Биљке већином имају крупније хромозоме него животиње. На телу сваког хромозома налази се примарно сужење, означено као центромера (или кинетохор), којим је хромозом подељен на два крака. За центромеру се везују нити деобног вретена. Метафазни хромозом је у области кракова уздужно подељен на две хроматиде, уздужне половине хромозома, које су спојене само у области центромере.

Свака хроматида садржи по један молекул ДНК, спирализован и „упакован“. Само у области центромере ДНК није спаривана. То значи да је хромозом у претходним фазама животног циклуса ћелије већ удвојен и у току деобе, на крају метафазе, хромозоми се уздужно деле само у области центромере. Тада свака хроматида постаје нови хромозом који сада садржи један молекул ДНК и то је анафазни хромозом (деобом хромозома ћелија улази у анафазу) (слика 26).

Краци хромозома могу бити исте или неједнаке дужине, у зависности од тога на коме се месту налази центромера. Код хромозома истог типа центромера има увек одређено и стално место. Према положају



Слика 27. – Основне врсте хромозома

центромере, разликују се четири основна типа хромозома. Када се центромера налази у средњем делу тела хромозома, оба крака су приближно једнаке дужине и такав се хромозом означава као **метацентричан**. Ако је центромера мање или више удаљена од средине хромозома, краци су неједнаке дужине и такав хромозом је **субметацентричан**. Центромера се може налазити испод самог врха хромозома тако да је мањи крак сведен на сасвим мали део и такав хромозом је означен као **суптелоцентричан** (акроцентричан). Најзад, има случајева да се центромера налази на самом врху хромозома. Тада хромозом има само један крак и означен је као **телоцентричан** (слика 27).

Хромозоми су основне компоненте једра јер су носиоци наследних јединица, гена, који својом активношћу одређују и регулишу процесе у ћелијама. Гени су линеарно распоређени у хромозому. Пошто представљају делове хромозома, односно делове ДНК, одликују се способношћу саморепродукције. Деобом се њихов континуитет одржава кроз генерације ћелија. Тиме се обезбеђује преношење наследних информација са једне генерације организама на другу.

Број хромозома је код различитих врста различит, али је за сваку врсту одређен и сталан. Скуп свих хромозома у гаметској ћелији означава се као хромозомска гарнитура. Код организама са полним размножавањем гамети имају хаплоидан број хромозома (n), а телесне ћелије имају удвојен, диплоидан број ($2n$) јер садрже две хаплоидне гарнитуре пореклом од два родитеља. При спајању гамета и образовању зигота хромозоми сваке гарнитуре задржавају своју целовитост и у једру телесних ћелија које настају деобом зигота представљају парове

родитељских хромозома означене као хомологи или парни хромозоми. Хаплоидни број хромозома представља основни, најмањи број хромозома који садржи комплетну гарнитуру гена једног организма и означава се као геном.

Број, величина и облик хромозома, као и садржај гена у њима, карактеристични су за врсту. Сви они заједно у ћелији чине **кариотип**. Поређани у хомологе парове и одређене групе представљају **кариограм**. Шематски приказ кариограма, у циљу детаљнијег проучавања, означава се као **идиограм**.

Према томе, у току живота ћелије, који је означен као ћелијски циклус, може се говорити о два облика постојања једра. Један представља интерфазно, а други деобно једро. То објашњава двојаку улогу једра. Оно учествује у процесима метаболизма и диференцирања ћелија, а пошто садржи генетичку информацију, оно је преносилац наследних својстава.

ДЕОБА ЋЕЛИЈЕ

Репродукција ћелије представља универзални животни феномен којим се одликују сви живи системи. То је једна од битних карактеристика организама. Деобом ћелије обавља се умножавање једноћелијских и растење вишећелијских организама. Зарастање рана и замена оштећених или изгубљених делова тела, што се означава као регенерација, такође се обавља деобом ћелија.

ПРОСТА ДЕОБА – АМИТОЗА

Процеси амитотичке деобе ћелије нису још довољно познати. Управо зато се ова деоба назива простом. Ћелија се једноставно издужи, угне по средини и од једне ћелије настају две. То је бинарна деоба. Она је нешто боље проучена код бактерија. Митоза се не јавља јер у бактеријским ћелијама једро није издиференцирано. Генетички материјал је представљен прстенастим, али незатвореним хромозомом који је изграђен само од ДНК, без протеина. Обе нове ћелије добијају исту гарнитуру гена коју је имала ћелија од које су настале. Пре деобе изврши се репликација ДНК, односно хромозома.

Претпоставља се да је хромозом бактерије повезан са ћелијском мембраном. Места спајања налазе се у зони раста бактерије, па се сматра да је то значајно за координацију раста ћелије и репликације хромозома. Растом мембране ћелија се издужује, два хромозома настала репликацијом се на овај начин међусобно удаљују, а цитоплазма се једноставно подели. Тако настају две нове бактеријске ћелије.

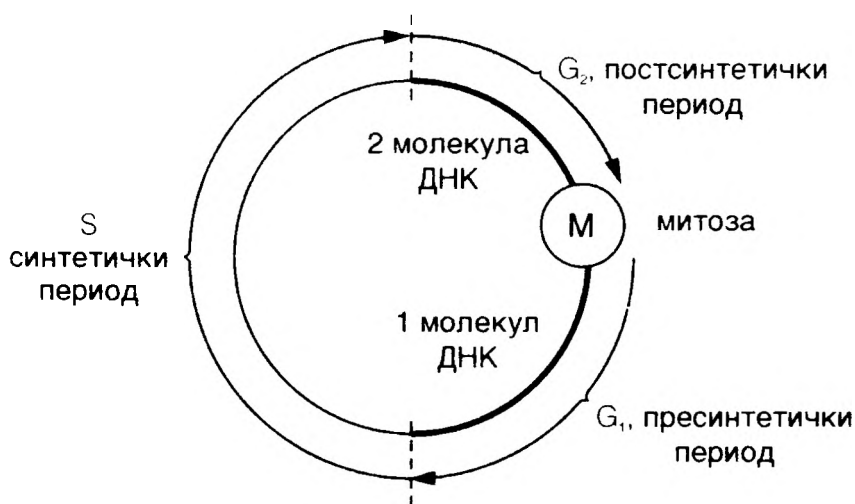
МИТОЗА

Животни циклус ћелије (ћелијски циклус) обухвата релативно дуг период интерфазе, током кога се одвија раст цитоплазме и једра, односно увећање масе ћелије, и период деобе, који је релативно кратак. Процес деобе се у основи одвија на исти начин код свих организама у чијим се телесним ћелијама налази издиференцирано једро. Процес обухвата деобу једра – кариокинезу, и деобу цитоплазме и њених органела – цитокинезу. Деоба телесних ћелија означена је као митоза.

Процес деобе је континуиран, али се у њему могу уочити и издвојити карактеристични моменти који су од значаја за разумевање деобе у целини.

Интерфаза. – Ова фаза представља период ћелијског циклуса између две деобе. Ћелија је тада метаболички активна јер се биохемијски процеси интензивно одвијају. У интерфазном једру хромозоми су највећим делом деспирализовани, јако хидратисани и налазе се у форми хроматина. Деспирализовани делови хромозома су активни, што значи да се одвија синтеза РНК или репликација ДНК.

У интерфази се разликују три периода. Одмах после деобе ћелије следи G_1 или пресинтетички период. У току тог периода синтетишу се протеини потребни за следећи, синтетички или S-период. Током S-периода врши се репликација, односно удвајање ДНК-хромозома. Постсинтетички период, G_2 , претходи митози. У овом периоду се синтетишу протеини неопходни за ћелијску деобу, односно за формирање деобног вретена (слика 28).



Слика 28. – Ћелијски циклус

Метаболички процеси током интерфазе омогућују раст ћелије и она се тако припрема за деобу.

Профаза. – Видљива промена у једру која означава почетак деобе јесте лагана спирализација хромозома и они се уочавају као издужене

кончасти творевине. Синтеза РНК престаје. Центриоле које се налазе у близини једра, око половине периода профазе раздвајају се и крећу према супротним половима ћелије. Између њих се образује деобно вретено. Поједине нити деобног вретена везују се за центромере хромозома и омогућавају њихову деобу. Почетком профазе једарце је још уочљиво, али се постепено смањује и губи. Једров омотач се кида и постепено ишчежава, а нуклеоплазма се слободно меша са цитосолом.

Метафаза је најкраћа, али најкарактеристичнија фаза митозе. Деобно вретено је потпуно формирано. Хромозоми су максимално спирализовани, потпуно формиран и зато добро видљиви. У овој фази је са сигурношћу могуће утврдити њихов број, облик и величину. Помоћу центромера они су везани за нити деобног вретена, налазе се по средици ћелије и образују екваторијалну плочу. Хроматиде су оријентисане једна ка једном, а друга ка супротном полу ћелије. Деоба хромозома у области центромере означава крај метафазе.

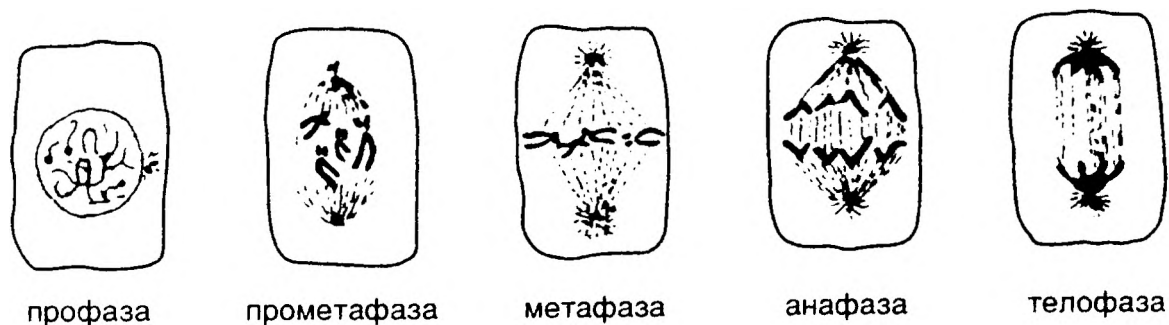
Анафаза. – После деобе хромозома у области центромере свака хроматида постаје нови хромозом и они се повлаче ка половима ћелије скраћивањем нити деобног вретена. Сваки анафазни хромозом сада има по један молекул ДНК.

Телофаза. – Хромозоми стижу на супротне полове ћелије. Ћелијски омотач се реконструише, једарце постаје видљиво, губи се деобно вретено, а хромозоми се деспирализују и постају мање компактни.

Цитокинеза. – Код ћелија животиња у екваторијалном делу започиње сужавање цитоплазме и појављује се деобна бразда. Она се све више усеца и на крају предваја ћелију, те од једне ћелије настају две.

У биљним ћелијама, које су оивичене ћелијским зидом, у центру екваторијалне равни деобног вретена још у току анафазе појављују се везикуле, вероватно пореклом од Голџијевог апарата или ендоплазматичног ретикулума. Везикуле се сједињују најпре у централном делу, а затим то сједињавање напредује према ћелијској мембрани. Тако се формира ћелијска плоча, којом се ћелија дели на две нове ћелије.

Дељењем цитоплазме мање или више равномерно се поделе ћелијске органеле (слика 29).



Слика 29. – Митотичка деоба ћелије

Значај митозе. – Резултат митозе су две ћелије које садрже исти број хромозома ($2n$) као и ћелија која је почела да се дели. Исти број хромозома добија се деобом хромозома на крају метафазе. На овај начин новонастале ћелије добијају исту генетску информацију. Свака ћелија сада поново улази у интерфазни период метаболичке активности, расте и припрема се за нову деобу. После извесног броја деоба ћелија се диференцира, добија одређену функцију и више или мање губи способност да се дели. Број хромозома се на овај начин одржава од једне генерације ћелија до друге, тако да све телесне ћелије једног организма имају исти број хромозома карактеристичан за врсту.

Деоба ћелије интензивно је изучавана и морфолошке промене су детаљно описане и јасне. Међутим, многи биохемијски процеси који се налазе у основи ових морфолошких промена, фактори који подстичу деобу, као и механизми њене контроле и регулације нису још сасвим објашњени. Непознати су узроци наглих и интензивних неконтролисаних деоба ћелија појединих ткива, што доводи до појаве тумора.

МЕЈОЗА

Код организама са полним размножавањем у полним жлездама образују се полне ћелије које настају мејозом, специфичном деобом ембрионалних телесних ћелија полних органа.

У интерфази ових ћелија, које садрже $2n$ хромозома, ДНК се реплицира и генетички материја се удвостручује. Тиме се, поред дупликације гена, количина хроматина квантитативно увећава. Затим ћелије почињу да се деле мејотички. У суштини, процес се састоји од две деобе. Прва деоба је редукциона и у њој се диплоидни број хромозома ($2n$) смањује на хаплоидни (n). Друга деоба је еквациона и представља нешто измењену митозу, тј. одлазак хроматида на полове.

Профаза I. – Ова фаза мејотичке деобе представља најдужу и најсложенију фазу мејозе и у њој се издваја пет следећих потфаза.

Лептотен. – На почетку лептотена хромозоми се спирализују, издужени су, кончасти и постају видљиви. Пошто се спирализација наставља, хромозоми постају краћи и дебљи, тако да се лако уочавају у једру. Они су у овом стадијуму својим крајевима везани за једров омотач.

Зиготен. – У овој фази хромозоми се још више скраћују, а хомологи парови се проналазе, приближавају један другом и чак конјугирају (приљубљују се). Спајање хомологих парова често почиње на крајевима којима су хромозоми спојени са једровим омотачем и наставља се читавом дужином хромозома. Овај процес се назива синапсис (везивање). Као резултат везивања настају биваленти, структуре изграђене од два јако приљубљена хромозома.

Пахитен. – Хромозоми су још више скраћени и задебљали и на њима се запажа уздужна бразда којом су подељени на хроматиде. Приљубљени један уз други, са по две хроматиде, означени су као тетраде.

Диплотен. – Веза између приљубљених хромозома слаби и они почињу да се одвајају један од другог. Одвајање, међутим, није потпуно јер хомологи хромозоми остају спојени на појединим местима, образујући мостове или хијазме. На месту хијазми одвија се процес размене генетичког материјала или кросинг-овер (*crossing-over*). Наиме, на нивоу хијазми долази до размене хомологих делова између хроматида два хомолога хромозома (најчешће између две унутрашње хроматиде). Број хијазми може бити различит и зависи од дужине самих хромозома. Међутим, пошто су краци слободни, кросинг-овер се чешће одвија на крајевима хромозома него у области центромере. Значај кросинг-овера је у томе што се њиме добијају нове комбинације гена или рекомбинације.

Дијакинеза. – Ова потфаза означава крај профазе I. Хромозоми, и даље у паровима, али не више приљубљени, померају се ка периферији једра. Ишчезава једарце, а једров омотач почиње да се раствара.

Метафаза I. – Једров омотач потпуно нестаје и формира се деобно вретено. Парови хромозома образују екваторијалну плочу, при чему су хромозоми сваког пара оријентисани ка једном, односно ка другом полу.

Анафаза I. – Крај метафазе и почетак анафазе I мејотичке деобе обележен је раздвајањем парова хомологих хромозома. Хромозоми везани нитима деобног вретена за центромеру крећу се један ка једном, а други ка супротном полу ћелије. На овај начин се диплоидни број хромозома своди на половину. Овде се не деле хромозоми, већ се само дели њихов број. Они и даље остају са по две хроматиде.

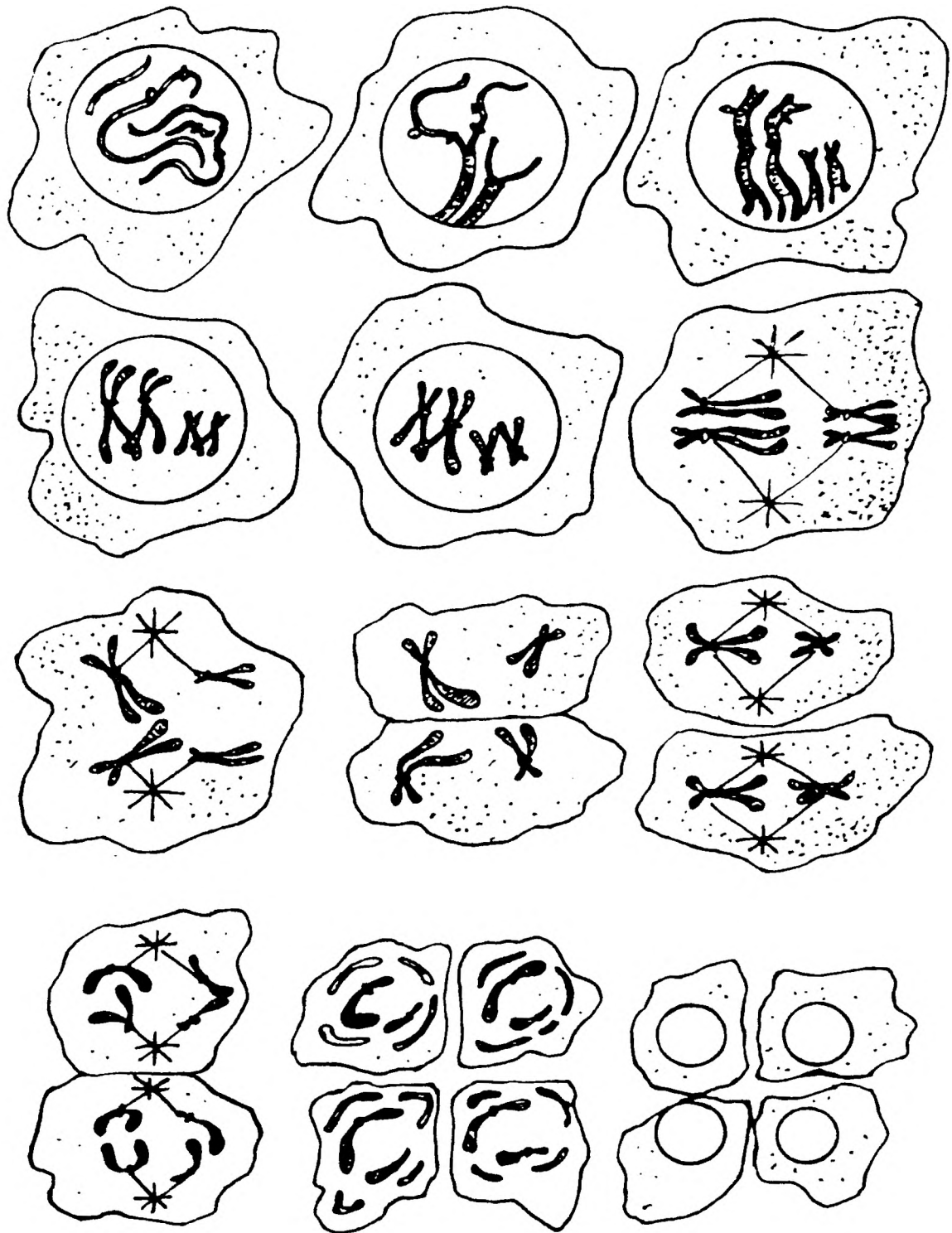
Телофаза I. – Ова фаза траје кратко и није типична. Хаплоидна једра се реконструишу, дели се цитоплазма и настају две ћелије са хаплоидним бројем хромозома. Ове ћелије не улазе у интерфазу, већ у њима одмах отпочиње друга мејотичка деоба.

Профаза II. – Ова фаза мејотичке деобе такође траје кратко и одмах наступа метафаза II. Једров омотач ишчезава, образује се деобно вретено, а хромозоми се постављају у екваторијалној равни. Крајем метафазе II хромозоми се деле у области центромере, свака хроматида постаје нови хромозом и они се повлаче ка половима ћелије. То је већ анафаза II. Дели се цитоплазма и у време телофазе II настају четири ћелије са хаплоидним бројем хромозома (слика 30).

Према томе, резултат мејозе су четири ћелије са упола мањим бројем хромозома него што је имала ћелија која је почела да се дели. То је постигнуто раздвајањем хомологих хромозомских парова на крају метафазе I и деобом хромозома на крају метафазе II. Од једне ћелије са $2n$ хромозома настају четири полне ћелије са n хромозома. Спајањем полних ћелија при оплођењу поново се успоставља диплоидан број хромозома карактеристичан за врсту. Код мушког пола све ове ћелије постају сперматозоиди. Код женског пола једна од њих постаје јајна ћелија, док се друге три дегенеришу још током процеса деобе.

У време мејотичке деобе одвијају се значајни процеси. У току профазе I одвија се кросинг-овер. На крају метафазе I обавља се случајно

комбиновање родитељских хромозома при раздвајању хомологих парова. При оплођењу, такође се обавља случајно комбиновање гамета. Јасно је, према томе, да се гамети квалитативно разликују од телесних ћелија. Сви процеси који се одвијају током њиховог настанка представљају, поред мутација, основни извор варијабилности живог света. У томе је значај мејозе.

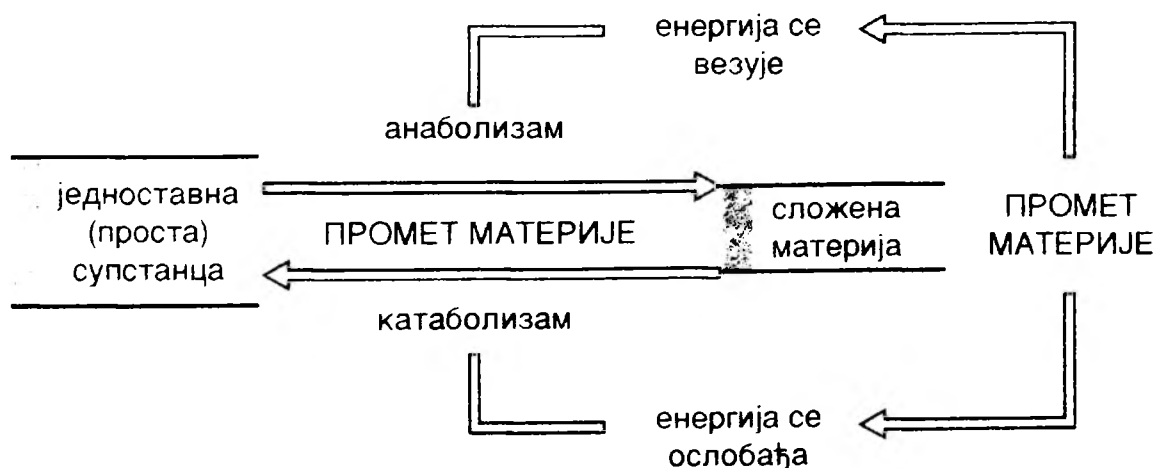


Слика 30. – Мејоза

МЕТАБОЛИЗАМ

Неорганске и органске супстанце које доспевају у ћелију подлежу биохемијским променама. С једне стране, разлажу се унете супстанце и ослобађа енергија, а с друге, синтетизују се нове супстанце које улазе у састав ћелије, при чему се везује енергија. У овим процесима ослобађају се крајњи производи и као непотребни излучују се из ћелије у виду екскрета. Цео овај биохемијски процес назива се **промет материје и енергије** или **метаболизам** (слика 31).

Биохемијски процеси који се одвијају у ћелијама су многобројни, разноврсни и на врло различите начине испреплетани. Процес разлагања сложених органских супстанци на простије назива се **катаболизам**, а процес синтезе сложених супстанци од простијих назива се **анаболизам**. Пи катаболичким процесима долази до везивања енергије. Ова два процеса су супротна, али су међусобно условљена и зависна, те чине основу динамичких промена у ћелији као биолошком систему.



Слика 31. – Шематски приказ промета материје – метаболизма

ФЕРМЕНТИ – ЕНЗИМИ

Све биохемијске промене у биолошким системима одвијају се само уз учешће специфичних биолошких катализатора који се називају ферменти или ензими.

Ензими су колоидне природе, по хемијској грађи просте или сложене беланчевине које омогућавају ток биохемијских процеса у ћелији, односно у организму. Ензими су производи ћелије. Једни делују у ћелијама где су настали, и то су **ендоферменти**, а други, који делују ван ћелије, у појединим деловима цревног канала, јесу **ектоферменти**.

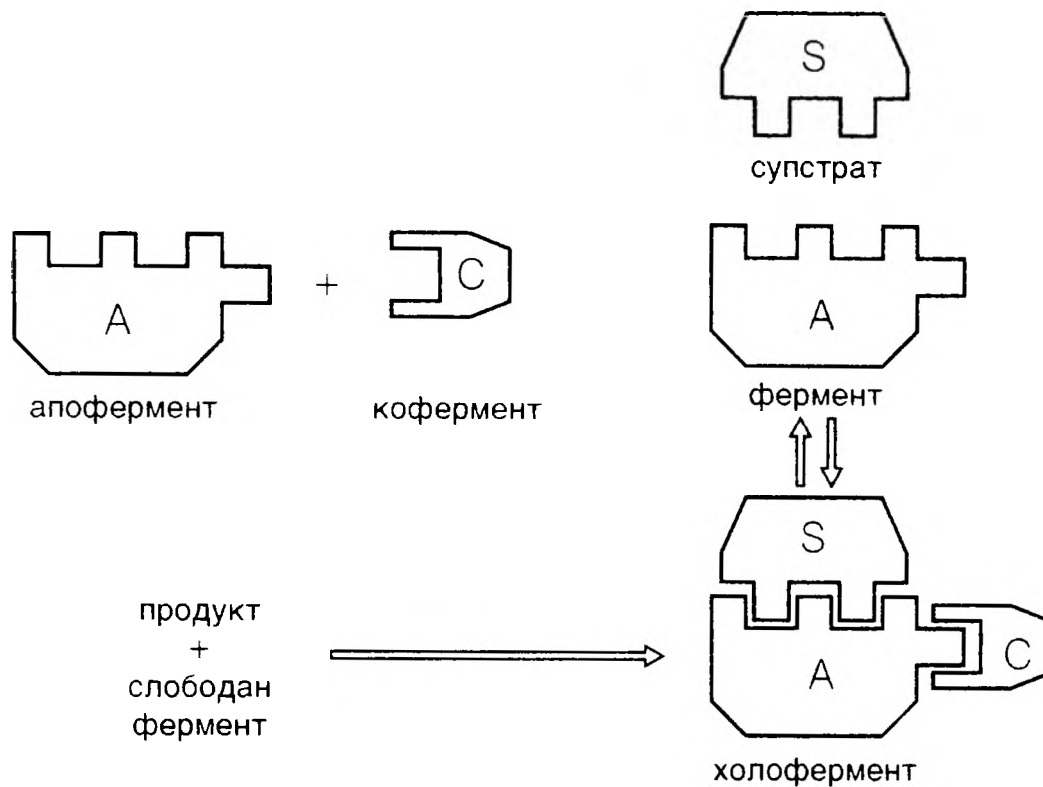
Већина фермената добила је назив по супстанци на коју фермент делује, уз додавање наставка **-аза**. На пример, фермент који делује на угљени хидрат малтозу назива се **малтаза**, фермент целулозе – **целулаза** итд. Неки ферменти имају и своје посебне називе. На пример, фермент пљувачке који делује на разлагање скроба назива се **птијалин**, фермент желуца који разлаже сложене беланчевине назива се **пепсин** итд.

Према хемијском саставу ферменти могу бити **протеин-ферменти**, чији се молекули састоје од простих беланчевина, и **протеид-ферменти**, чији молекули имају сложене беланчевине и небеланчевинасти део, тзв. **простетичну групу**. Беланчевинасти протеид-фермент је **колоидни носилац (апофермент)**, а простетична група назива се **активном групом (кофермент)**. Апофермент и кофермент чине **холофермент (целовит фермент)**, тј. протеид-фермент. Сваки од ових делова фермента има одређену улогу. Од кофермента зависи врста биохемијске промене (оксидација, уграђивање угљен-диоксида у органске молекуле, преносење неких органских група итд). Апофермент је специфичан и зависи од супстрата, тј. органског једињења на које ће деловати фермент (слика 32).

За максимално деловање фермената у ћелији или ван ћелије потребни су одређена температура, киселост средине и концентрација. Оптимална температура за ферменте човечјег тела је $36^{\circ}\text{--}37^{\circ}\text{C}$. На нижој температури смањује се активност фермената, а висока температура разорно делује на њих.

Неки ферменти оптимално делују у мање киселој, а неки у више киселој средини. Уколико је киселост средине у којој фермент делује већа, његова ефикасност слаби, а потом сасвим престаје.

Између фермента и супстрата постоји квантитативан однос. Уопште узев, за ефикасно деловање фермента довољно је присуство минималних количина фермента у односу на укупну количину супстрата.



Слика 32. – Шематски приказ грађе сложеног фермента и његово деловање на супстрат

Ферменти смањују енергију активације која је неопходна да се покрене нека биохемијска реакција. Тако, на пример, у организму се разграђује скроб до глукозе захваљујући ферментима. У епрувети скроб се може разложити до глукозе ако се загреје и дода му се јака киселина. То значи да се повећава енергија активације.

Сви ферменти не испољавају исту активност после синтезе, било да остају у ћелији или се излучују у органе за варење. За неке ферменте постоје посебни активатори. Постоје и инхибитори (парализатори) активности фермената. Активатори и инхибитори обезбеђују усклађено одвијање сложених биохемијских процеса у живим бићима.

Фермената има веома много. Међу њима је најбројнија група **хидролаза**. Хидролазе омогућавају разлагање сложених органских једињења (угљени хидрати, масти, беланчевине) на простије састојке, уз ослобађање одговарајућег броја молекула воде. Од тих простијих састојака могу се синтетизовати сложенија органска једињења, уз везивање воде. Према томе, ферменти хидролазе омогућавају биохемијске процесе разлагања и синтезе. При процесима разлагања ослобађа се мала количина енергије.

Велика група фермената омогућава оксидо-редукционе процесе, односно коначно разграђивање органских једињења. Ови ферменти дово-

де до раскидања хемијских веза између угљеникових атома, отварања прстенова цикличних једињења и одвајања појединих хемијских група и радикала. Ти ферменти се називају **дезмолазе**.

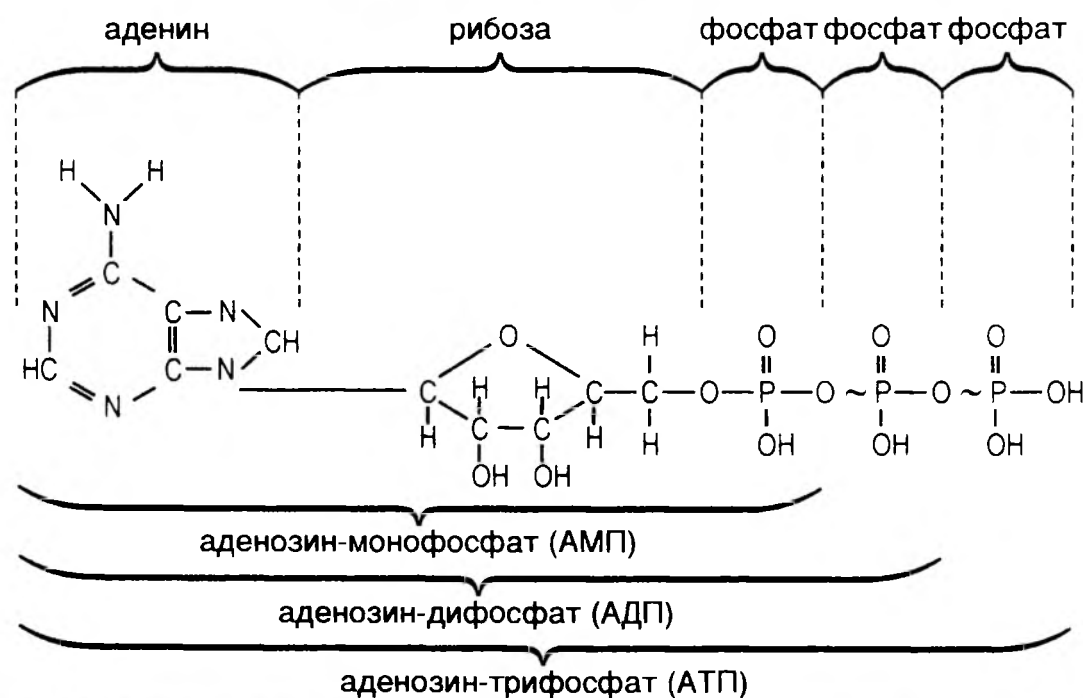
КАТАБОЛИЧКИ ПРОЦЕСИ

Речено је да се под катаболизмом подразумева процес разлагања органских једињења, при чему се ослобађа енергија. Неке ћелије и ткива одликују се интензивним процесима разлагања јер садрже молекуле једињења богатих енергијом.

За снабдевање ћелија енергијом значајни су оксидо-редукциони процеси.

Ако неки атом који је у саставу молекула ослободи један електрон, каже се да је молекул оксидисао, односно да се извршила **оксидација**. Међутим, ако неки атом прими електрон, каже се да је извршена **редукција**. Оксидација и редукција су узајамно повезане и условљене јер електроне који се ослобађају прихватају други молекули и тако, прелажењем електрона са једног на други молекул, долази до ослобађања енергије.

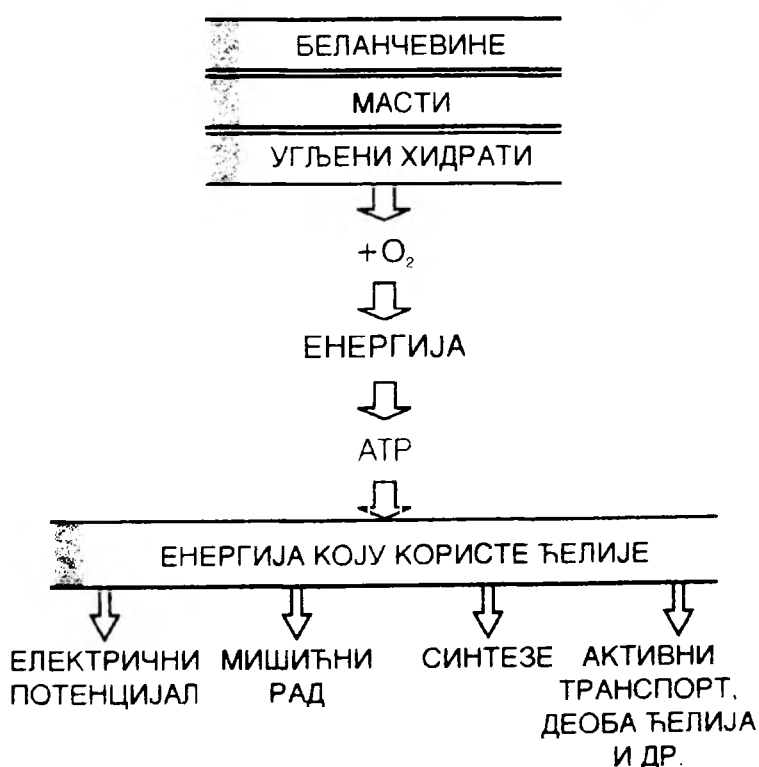
У живим системима постоје посебни молекули богати енергијом коју могу лако да ослободе. То су молекули **аденозин-трифосфата (АТР)** (слика 33).



Слика 33. – Аденозин-монофосфат (АМП), аденозин-дифосфат (АДП), аденозин-трифосфат (АТР)

Аденозин-трифосфат или аденозин-трифосфорна киселина је једињење састављено од азотне базе **аденина** (пентозног шећера), **рибозе** и три **фосфатне групе** (PO_4). Прва фосфатна група везана је за рибозу стабилном хемијском везом, сиромашном енергијом, и то је **аденозин-монофосфат** (AMP). Ако је везана још једна фосфатна група чија веза није тако слободна, такво једињење је **аденозин-дифосфат** (ADP). Везивањем још једне фосфатне групе нестабилном везом која је богата енергијом и лако се кида добија се **аденозин-трифосфат** (ATP).

Одвајањем крајње фосфатне групе која се везује за друге молекуле ти молекули се обогаћују енергијом. Тај процес се одвија уз помоћ одговарајућих фермената. На пример, разлагање молекула глукозе започиње тек после везивања једне фосфатне групе одвојене од молекула ATP-а. Губљењем фосфатне групе ATP прелази у аденозин-дифосфат (ADP), уз ослобађање једног дела енергије. Међутим, ADP се путем фосфорилације (везивања фосфатне групе) поново обогаћује енергијом и прелази у ATP. Енергија се у току оксидо-редукције опет ослобађа, па поново постаје ADP. Ови процеси у ћелијама чине основу промета материје и енергије организма као целине и непрекидно се одвијају. Тако се обезбеђује енергија за рад, разне активности и др. (слика 34).



Слика 34. – Извори и коришћење енергије у организму животиња

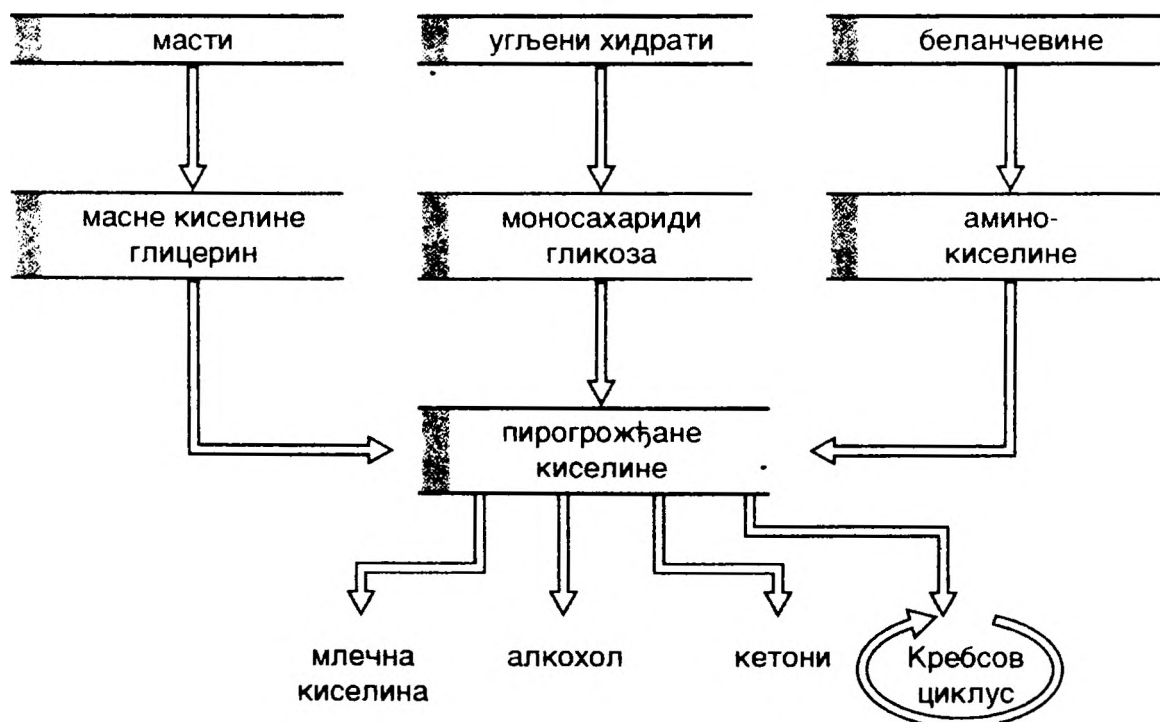
Енергија настала у ћелијама користи се за одржавање животних процеса.

Уколико организам добије више хранљивих супстанци него што је ћелијама у ткивима потребно, део тих супстанци се таложи у облику резерве. Тако се у организму стварају резерве или депои угљених хидрата и масти, који чине тзв. **животне резерве**. Угљени хидрати се депонују код биљака у биљним органима као скроб, а код животиња у јетри и мишићима као гликоген. Масти се код биљака депонују најчешће у семени, а код животиња у везивном ткиву и око трбушних органа. Ове резерве масти углавном потичу од угљених хидрата, а мање од беланчевина.

ЋЕЛИЈСКО ДИСАЊЕ

Ћелијско дисање представља низ реакција током којих се сложена органска једињења у биљним и животињским ћелијама разлажу на једноставнија, уз поступно ослобађање хемијске енергије. У разграђивању органских материја учествују ферменти. Енергија која је потребна за дисање обезбеђује се из молекула аденозин-трифосфата.

Основни материјал који се користи у процесу дисања чине угљени хидрати, односно глукоза. Пошто се највише резерви угљених хидрата у човечјем организму налази у облику гликогена, он се помоћу ферментата мора довести до глукозе.

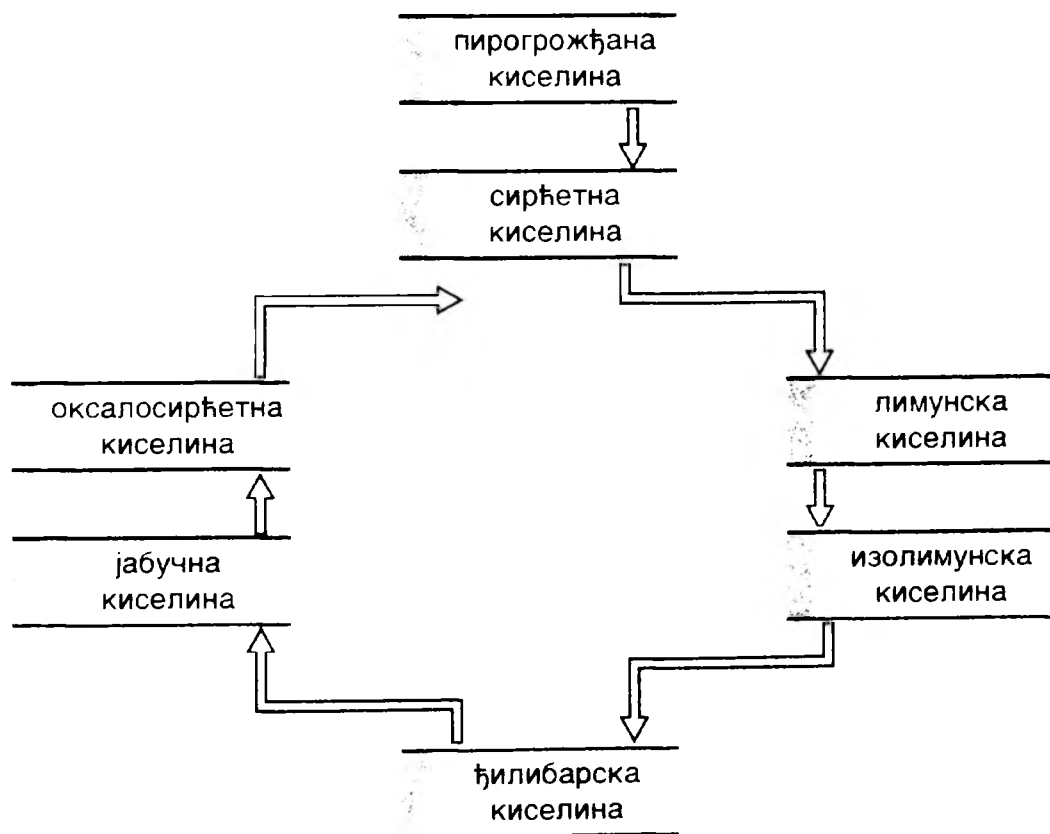


Слика 35. – Гликолиза

Разграђивање глукозе обавља се у свакој ћелији. Само малим делом (нпр. у црвеним крвним зрнцима, централном нервном систему и још неким ткивима) разлагање глукозе и ослобађање енергије обављају се директном оксидацијом, тј. уз присуство кисеоника. Процес ћелијског дисања одвија се у две етапе, а то су **гликолиза** и **Кребсов циклус**.

Гликолиза је процес разлагања глукозе, са низом међупроизвода. Крајњи производ процеса су два молекула **пирогрођане киселине** (слика 35). Цео овај процес одвија се у цитоплазми ћелија, без присуства кисеоника. Услед недостатка кисеоника у ткивима, при напорном раду, долази до нагомилавања **млечне киселине**, што изазива замор организма. За време одмора из мишићног ткива нестаје млечна киселина. Настанак пирогрођане и млечне киселине је повратан јер ће се само обрнутим редоследом поново синтетизовати глукоза.

Кребсов циклус или циклус **трикарбонских киселина**, односно циклус **лимунске киселине**, јесте низ хемијских реакција које се одвијају у ћелијској органели – **митохондрији** (слика 36). Преко низа реакција из **пирогрођане киселине** настају **сирћетна** и **оксалосирћетна киселина**, а затим оне дају **лимунску киселину**. Низом реакција од лимунске поново настаје **оксалосирћетна киселина**, а она се разлаже до угљен-диоксида и воде, при чему се ослобађа енергија. Највећи део енергије даје аденозин-трифосфат који настаје управо у Кребсовом циклусу. Од укупне добијене енергије 50% користе живи системи за синтезу, разлагање и биолошки рад. Остатак енергије губи се у облику топлоте.



Слика 36. – Кребсов циклус

Осим угљених хидрата, у току дисања разлажу се масти и беланчевине, из којих се такође ослобађа енергија. Треба имати у виду да су масти знатно богатије енергијом него угљени хидрати. При дисању, масти и беланчевине ослобађају одговарајућу енергију и разлажу се до угљен-диоксида и воде.

ВРЕЊЕ (ФЕРМЕНТАЦИЈА)

Пирогрожђана киселина настаје у процесу гликолизе, како у аеробним (уз присуство кисеоника), тако и у анаеробним (без присуства кисеоника) условима. Има организама који живе у анаеробним условима, а разлажу глукозу. У овом случају разграђивањем глукозе настају нека органска једињења. Тај процес назива се **анаеробно дисање** или **врење (ферментација)**. У зависности од тога која органска једињења настају, разликују се алкохолно и млечнокиселинско врење. Процес врења одвија се уз помоћ анаеробних бактерија.

ТИПОВИ ИСХРАНЕ

Храном се сматрају органске супстанце (угљени хидрати, масти, беланчевине) које дају енергију. Храна је потребна сваком живом бићу јер омогућава све животне активности. Међу живим бићима постоје она која самостално стварају храну и користе је. То су **аутотрофни** организми, а такав начин исхране је **аутотрофан**. Биљке са хлорофилом добијају енергију потребну за процес фотосинтезе из Сунчеве енергије, уносе је у органска једињења и у том процесу стварају храну. Такви организми су фотоаутотрофни. Неке ниже биљке (талофите), као што су извесне бактерије, у процесу изградње органских супстанци не зависе од Сунчеве енергије. Оне потребну енергију добијају путем процеса оксидације неорганских супстанци. Синтеза која се врши уз помоћ тако добијене енергије назива се **хемосинтеза**, а такви организми називају се хемосинтетички. Пошто производе храну, називају се још и произвођачи (продуценти).

Организми који се хране готовим органским супстанцама које су створили аутотрофни организми јесу **хетеротрофни** организми, а њихов начин исхране је **хетеротрофан**. Сви хетеротрофни организми су потрошачи (конзументи), а они који органске материје разлажу до неорганских су разлагачи (редуценти). Хетеротрофни организми су све животиње, већи број бактерија и гљиве. Једна група хетеротрофних организама храни се органским супстанцама угинулих организама. То су **сапрофитски** организми, а таква исхрана се назива **сапро-**

фитска. Другу групу организама чине они који се хране органским супстанцама живих организама. То су **паразити**, а начин исхране је **паразитски**.

Неке животиње се хране само биљкама и то су **биљоједи**, друге се хране месом и то су **месоједи**, а треће се хране биљном и животињском храном и то су **сваштоједи**. Неке врсте биљака узимају азотна једињења из животињских организама и то су **месоједе** биљке.

ФОТОСИНТЕЗА

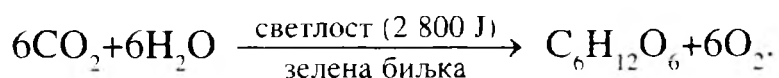
Фотосинтеза је јединствен процес на Земљи. То је животна функција биљака са хлорофилом. У процесу фотосинтезе настају органске супстанце (беланчевине, масти, угљени хидрати) и кисеоник.

Фотосинтеза се одвија уз присуство Сунчеве светлости. Биљни свет је снабдевач хетеротрофних организама органским супстанцама.

Фотосинтеза се одвија у зеленом делу биљке. Ћелије које обављају фотосинтезу садрже **хлоропласте**, у којима се налази зелени **пигмент** – **хлорофил**. Осим хлорофила, у хлоропластима се налазе и друге бојене материје и ферменти.

Хлоропласти виших биљака су обавијени двојном мембраном. Унутрашња опна се уврће ка унутрашњости хлоропласта и образује ламеле – **тилакоиде**. Тилакоиди су груписани и густо збијени.

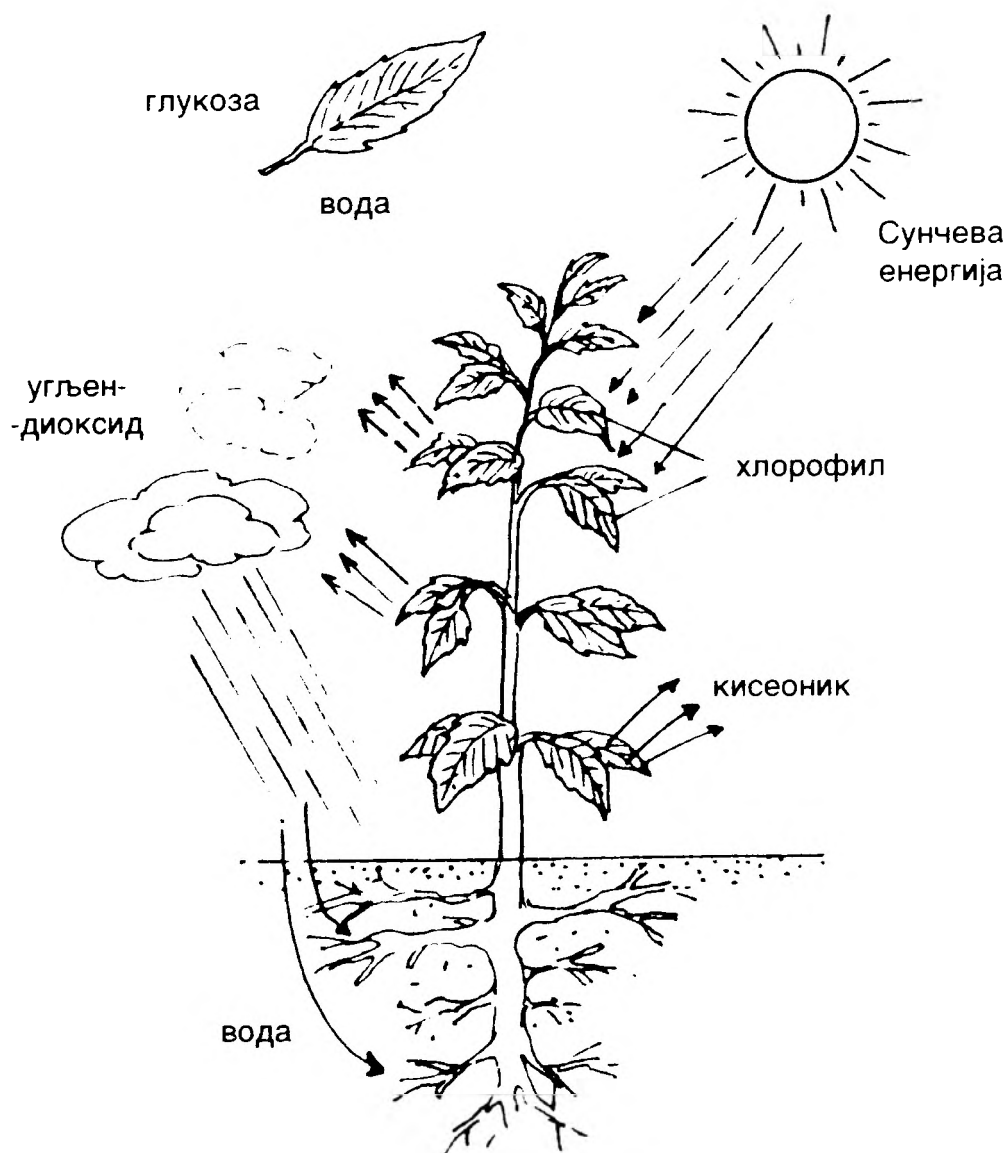
Фотосинтеза је сложен процес који се састоји од читавог низа реакција. Процес се поједностављено може приказати једначином:



Из приказане једначине може се схватити да су угљени хидрати настали простим сједињавањем CO_2 и H_2O . Међутим, фотосинтеза је, у ствари, процес у коме се CO_2 редукује, а H_2O оксидује.

Целокупан процес фотосинтезе има две фазе: **светлу** и **тамну**.

Светла фаза. – Ова фаза почиње осветљавањем хлоропласта. Том приликом долази до разлагања молекула воде, при чему се ослобађа молекула кисеоника (O_2). За разлагање воде користи се енергија светлости, па се ова реакција назива **фотолиза** воде. Од светлости зависи и друга реакција активирања молекула хлорофила. Тиме хлорофил постаје оксидован, а прималац (преносилац) електрона редукован. Преносиоци електрона су једињења богата енергијом, која се налазе у мембранама тилакоида. Ова једињења примањем, односно отпуштањем електрона прелазе из оксидованог стања у редуковано.



Слика 37. – Фотосинтеза

Тамна фаза. – Ова фаза фотосинтезе састоји се од низа биохемијских процеса. Угљен-диоксид који је ушао кроз стоме раствара се у ћелији листа и везује за пентозни шећер, који је прималац угљеника. Затим настаје ново једињење од шест угљеникових атома које је нестабилно. Тек после низа промена уз помоћ АТР-а из светле фазе настају тзв. примарни продукти фотосинтезе: фруктоза и глюкоза.

Различити угљени хидрати, као први примарни производи фотосинтезе, служе као почетна једињења за синтезу других органских једињења. Секундарни производи фотосинтезе (сахароза, скроб, аминокиселине, просте беланчевине и масти) стварају се у хлоропластима. На светлости се у хлоропластима појављују скробна зрнца (грануле). Скроб из ћелија листа транспортује се ноћу у друге органе. Масти се

синтетишу из угљених хидрата, и то у зависности од реакција које су повезане са процесом дисања.

Фотосинтеза зависи од низа фактора спољашње средине: светлости, воде, угљен-диоксида, температуре и минералних соли.

Светлост делује на процес фотосинтезе својим интензитетом, таласном дужином и трајањем. Иначе, за фотосинтезу се користи мали део светлосне енергије Сунца (у најбољем случају око 5%). Са повећањем јачине светлости до извесне границе повећава се интензитет фотосинтезе. Од јачине светлости зависи и број хлоропласта. Тако биљке које су прилагођене да расту у сенци имају више хлоропласта него оне које расту у условима директне светлости. Од састава и таласне дужине светлости зависи и количина створених угљених хидрата и беланчевина. На плавој светлости образује се већа количина беланчевина, а на црвеној већа количина угљених хидрата.

Биљке користе угљен-диоксид у нормалним условима у концентрацији 0,03%. Оне могу да обављају фотосинтезу и ако се концентрација CO_2 смањи на 0,08% до 0,01%. Ако се садржај угљен-диоксида смањи испод ове границе, фотосинтеза престаје. Међутим, биљке подnose и веће концентрације угљен-диоксида од нормалних.

Температура је важан фактор за фотосинтезу. Ниске температуре успоравају фотосинтезу, а на 0°C она потпуно престаје. Са порастом температуре за сваких 10° интензитет фотосинтезе се повећава 2–3 пута. За већину биљака процес фотосинтезе је најинтензивнији на температури од 20° до 35°C јер је то оптимална температура за деловање већине фермената. Неке врсте четинара могу да обављају фотосинтезу и на -35°C , а лишаји могу да узимају угљен-диоксид на -24°C .

Фотосинтеза је условљена и присуством воде. Тако у случају дуже суше фотосинтеза сасвим престаје. Биљке најбоље успевају ако је влажност земљишта оптимална. Колико ће се интензитет фотосинтезе смањити услед исушивања листа, зависи од отпорности биљака на сушу.

Минералне соли такође имају утицаја на фотосинтезу. Недостатак појединих елемената смањује интензитет фотосинтезе. На пример, недостатак азота смањује интензитет фотосинтезе за 12%. Уколико биљци недостаје магнезијум, долази до поремећаја у образовању фермената и грађи хлорофила.

Поред спољашњих фактора фотосинтезе, значајни су и унутрашњи, као што су грађа листа, количина и распоред хлоропласта, присуство фермената, способност регулисања стома и др. Унутрашњи и спољашњи фактори су међусобно условљени и повезани и омогућавају несметан ток фотосинтезе.

Фотосинтезом се добија сва храна на Земљи. Током тог процеса везују се огромне количине Сунчеве енергије и угљеника. Водене биљке годишње вежу око $15,5 \times 10^{15}$ тона угљеника, а копнене око $1,9 \times 10^{10}$ тона.

ХЕМОСИНТЕЗА

Хемосинтеза је процес који је карактеристичан за неке врсте бактерија. Оне енергију добијају путем процеса оксидације неких неорганских једињења. У процесу оксидације ослобађа се мала количина енергије, која је довољна за процес изградње органских материја у телу бактерија.

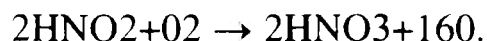
Бактерије које имају способност хемосинтезе називају се **хемосинтетичке**. Ћелије ових бактерија садрже аденозин-трифосфат (АТР), који је носилац енергије неопходне за синтезу органских супстанци, као и за изградњу ћелијских делова.

Број хемосинтетичких врста организама у природи је незнатан, али је ипак значајан у кружењу материје и протицању енергије. Према природи супстрата, тј. подлоге коју насељавају и процеса које обављају, хемосинтетички организми се деле на нитрификационе, сумпорне, гвожђевите, метанске и др.

Врло важну групу организама који врше хемосинтезу представљају **нитрификационе бактерије**. Оне живе у земљишту и обезбеђују прелазак амонијака, образованог у процесу труљења органских остатака, у соли азотне киселине. У процесу нитрификације једна врста бактерија преводи амонијак у нитрите и ослобођену енергију користи за своје синтезе:



Друге врсте бактерија оксидују нитрите у нитрате и из тог процеса користе енергију за своје синтезе:

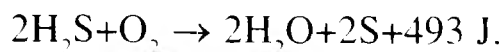


Као што се види, у другом процесу се добија знатно мање енергије. Све нитрификационе бактерије су аеробне. Оне обогаћују земљиште азотним солима. Овако везан азот лако могу да користе зелене биљке. Када за активност нитрификационих бактерија недостаје кисеоник, процес разлагања обављају анаеробне бактерије, тзв. **денитрификационе**, које редукују нитрате и нитрите до елементарног азота (N_2). Процес денитрификације у пољопривреди спречава се орањем и одражавањем (култивисањем) земљишта тако да оно буде растресито и пропустљиво за долазак атмосферског кисеоника.

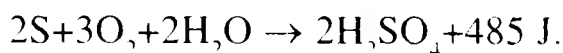
Осим нитрификационих бактерија, постоје и бактерије које добијају енергију на рачун оксидације минералних супстанци. Међу њима су важне **гвожђевите бактерије**, које преводe соли гвожђа у органска једињења. Налазе се у водама које садрже феро-једињења.

У морима, барама и топлим изворима са знатном количином биљних и животињских отпадака живе бактерије које их разлажу, уз обра-

зовање водоник-сулфида (H_2S). То су тзв. **сумпорне бактерије**, које су иначе разноврсног облика. Већина их је безбојна, али их има и јарко црвених и зелених. Сумпорне бактерије оксидују водоник-сулфид до сумпора, при чему се ослобађа извесна количина енергије која је неопходна за процес изградње органских једињења у њиховом телу. Оксидација водоник-сулфида одвија се на следећи начин:

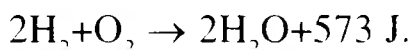


Продукт ове оксидације је сумпор који се таложи у сумпорним бактеријама у виду сјајних капљица. У недостатку H_2S ове капљице ишчељавају и у том случају врши се оксидација добијеног сумпора до сумпорне киселине:



У процесу хемосинтезе сумпорних бактерија долази до таложења једињења у базенима и цевима, што има као последицу оштећење инсталација.

Међу бактеријама има и таквих које долазе до енергије за своје потребе оксидацијом водоника у присуству кисеоника из ваздуха. То су тзв. водоничне бактерије. Процес се може приказати следећом једначином:



ЖИВОТНИ ФЕНОМЕНИ КОЈИ ПРОИСТИЧУ ИЗ МЕТАБОЛИЧКИХ ПРОЦЕСА

Метаболизам је једна од основних функција сваког живог бића. Из њега проистичу и феномени живота. Енергија настала из метаболичких процеса омогућава функционисање појединих органа и организма као целине.

ЕНЕРГЕТИКА ЧОВЕКА

У процесу метаболизма врши се трансформација хемијске (потенцијалне) енергије у кинетичку (топлотну, механичку). Промет енергије у организму човека одређује се количином хемијске енергије унете храном и упоређује са количином енергије коју тело одаје. Ова одата енергија састоји се од ослобођене кинетичке енергије (топлота, рад) и хемијске енергије која се још налази у органским супстанцама излученим

из организма. Количина енергије изражава се џулима (J), односно калоријама ($1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$). Једна калорија је количина енергије која је потребна да се 1 ccm (мала калорија) или један литар воде (велика калорија) загреје за 1°C (од $14,5$ на $15,5^\circ\text{C}$). Утврђено је да 1 g беланчевина садржи 23,826 kJ (килоџула), 1 g масти без воде 39,71 J, а 1 g скроба без воде 19,646 J.

За одређивање енергетског промета користи се метода индиректне калориметрије, којом се утврђује однос између потрошње кисеоника и производње угљен-диоксида. На основу запремине утрошеног кисеоника може се израчунати количина произведене топлоте у јединици времена, јер је позната калоријска вредност једног литра кисеоника. На пример, ако се човек храни мешовитом храном, за сваки литар утрошеног кисеоника произведе се око 21 J топлоте. Ако се у току рада утроши 500 l кисеоника, количина произведене топлоте износи око 10 450 kJ.

Основни промет или базални метаболизам (тј. производња и потрошња енергије у мировању) представља количину топлоте коју организам произведе у току 24 часа при мировању, на умереној собној температури и без претходног узимања хране (12 часова). Код човека у току 24 часа основни промет износи око 6 700–7 500 kJ.

Енергетски промет у току рада повећава се у односу на базални промет. У току 24 часа при средње тешком раду количина утрошене енергије повећава се до 13,4 kJ, а при веома тешком раду и до 33,4 kJ.

Енергетски промет зависи од врсте хране. Ако организам троши 5 000 cal, а расход се врши само на рачун масти, онда му треба 550 g масти. Међутим, организам не може да живи само на масти. Потребно је надокнадити губитак и у беланчевинама. У случају да не прима беланчевине, организам ће мршавити и излучивати знатан проценат азотних једињења јер се врши разлагање беланчевина самог организма. Отуда је потребно да храна садржи беланчевине. При тешком раду потреба организма за беланчевинама је већа. Одрастао човек при физичком раду троши 100 g беланчевина (меса). Један део енергетске потрошње иде на рачун беланчевина, а други део на рачун масти и шећера.

Приближна потрошња енергије у џулима за 24 часа, у зависности од врсте рада, износи:

бравар	– 13 100 J,
ковач	– 15 500 J,
утоваривач угља	– 17 000 J,
тесар	– 18 800 J,
тестераш	– 21 000 J,
дрвосеча	– 26 000 J,
косач	– 30 500 J.

Потрошња енергије израчунава се за један час рада. У току дана, у већини земаља света, ради се осам часова и за то време обрачунава се потрошња енергије.

При физичком раду утрошак енергије утолико је већи уколико је рад тежи.

Чим човек устане из лежећег положаја и почне да обавља свакодневне активности, потрошња енергије се нагло повећа, у просеку за 1670 – 3340 J. Потрошња енергије здравог човека који седи, лагано се креће или обавља рад у вези с личним потребама, износи 9 196 – 10 032 J. Приликом умног рада потрошња енергије повећава се за 13 до 19% у односу на количину енергије која се троши у сличним условима, али без интелектуалног напора.

Између количине примљене и утрошене енергије постоји равнотежа. Ако је примљена количина енергије мања од одате, биланс је негативан. У том случају троше се залихе енергије коју садрже молекули угљених хидрата, масти и беланчевина у живом систему. Уколико калоријска вредност примљене енергије премашује вредност одате енергије, равнотежа се ремети и енергија се депонује.

УЛОГА НЕРВНОГ И МИШИЋНОГ СИСТЕМА У ПРОЦЕСУ РАДА

Човечји организам може да се налази у стању мировања и стању рада. Стање мировања је одмор или спавање, а стање рада је све остало.

Рад који људски организам обавља по тежини може бити тројак: **лак**, **средње лак** (или **средње тежак**) и **тежак**. За тежак рад троши се 20 900 – 29 260 J. Ова подела рада је извршена према потрошњи енергије. Међутим, тежина рада зависи и од многих других фактора. Рад је повезан, тачније условљен активностима појединих функционалних система: нервног и мишићног, респирационог и кардиоваскуларног.

На пример, нервни систем се током рада замара. Услед замора долази до продужавања рефлексног времена (време које протекне од тренутка надражаја до појаве реакције ефектора), слабљење рефлексног импулса и друго. Замор је сложена појава и јавља се као последица напорног рада. Томе доприноси нагомилавање produkата метаболизма, који се више не могу искоришћавати и постају штетни по организам. Смањени су доток кисеоника и одстрањивање угљен-диоксида. Током рада нервна ћелија троши специјалне супстанце које се налазе у цитоплазми (Нилсова телашца).

Исто тако, напоран физички рад доводи до промена у мишићном ткиву које се изражавају само у морфолошком погледу, када слаби контракција мишића. Рад мишића одвија се на рачун биохемијских реакција које су под контролом нервног система. Услед тога долази до повишења телесне температуре. На пример, радник који товари земљу има

вишу температуру. Повећање телесне температуре преко нервног система изазива знојење и на тај начин се организам расхлађује. У мишићним ћелијама врше се метаболички процеси разлагања угљених хидрата. При грчењу и опружању мишића јавља се топлота, као продукт сложене оксидације гликозе из крви и гликогена мишића. То значи да у току рада мишићи троше угљене хидрате за своје енергетске потребе.

УЛОГА РЕСПИРАЦИОНОГ И КАРДИОВАСКУЛАРНОГ СИСТЕМА У ПРОЦЕСУ РАДА

При физичком раду долази до веће вентилације плућа јер су потребе за кисеоником повећане. Током физичког рада учесталост дисања је неколико пута већа него у мировању. Вредност вентилације зависи од тежине рада. За време мировања човек потроши 4 – 6 l кисеоника у минути, а за време рада и до 20 пута више. При великом физичком напору протицање крви је 6 – 9 пута веће за време мировања. Проток крви је, дакле, бржи у јединици времена, што је последица промена у систему крвотока. За време рада крв прима два пута више кисеоника по јединици масе него у мировању.

До веће потрошње долази због повећане потребе организма за кисеоником у току биохемијских реакција за време рада. Тиме се мења интензитет осталих физиолошких функција, у првом реду крвотока. Уколико се брже дише, проток крви је бржи јер се повећава потреба за кисеоником. Крв разноси кисеоник од плућа до свих ћелија у организму, а односи угљен-диоксид из ћелија до плућа. Преко јетре и бубрега ослобађају се и други продукти сагоревања, па се зато у току рада повећава интензитет излучивања.

Рад прате и друге функционалне промене у срцу. Количина крви која протекне кроз срце за један минут назива се **минутни волумен**. Та величина није стална. У мировању је мања него за време рада. Минутни волумен зависи од запремине леве коморе која избацује крв у аорту. Карактеристично је за особе које нису трениране за рад да повећање минутног волумена иде претежно на рачун броја систола, а за особе које су трениране за рад иде на рачун повећања леве коморе.

За време навикавања на рад долази до промене у срчаној мускулатури. Повећава се запремина леве коморе, а то значи да се срце проширило и прима већу количину крви. У нормалним пиликама проширивање срца је функционално јер се после завршетка рада оно поново враћа у нормално стање. Међутим, код особа које су биле изложене дуготрајним телесним напорима у току рада или спорта, због губљења еластичности срчаних мишићних влакана срце постаје проширено.

Интензитет срчаног рада зависи од физичког рада. Када човек мирује, минутни волумен износи пет литара, а крвни притисак у аорти 120 – 140 mm живиног стуба (16 – 18,7 kPa). У току физичког рада расте минутни волумен срца и притисак у аорти. У том случају срце

треба да савлада већи отпор да би крв из леве коморе истиснуло у аорту. Током рада крв брзо циркулише кроз крвне судове, те долази до функционалних промена и у капиларном систему, јер крв треба да савлада пут кроз капиларе малог и великог крвотока. Услед напорног рада долази до ширења и отварања већег броја капилара под притиском крви која долази из артерија. Стога се при напорном раду периферни капилари шире и долази до промене боје коже (кожа поцрвени).

БИОЛОШКА РИТМИКА

Биљке, животиње и човек налазе се у сталној биохемијској физиолошкој динамици. Ова динамика организма изражава се, пре свега, у одређеној ритмици, тј. бржем или споријем временском редоследу појачаног или ослабљеног интензитета процеса и функција. Ритмичност појединих процеса и функција у њиховим сложеним међуодносима изражава се и у ритмичким активностима организма као целине. Таква динамика животне активности, подложна одређеним законитостима, означава се као **биолошка ритмика**.

Биолошка ритмика манифестује се у организму на одређени начин током краћег или дужег временског периода. На основу њихове међусобне функционалне повезаности у организму и између организма и спољашње средине, биолошка ритмика дели се у пет категорија:

- ритмички процеси који трају 0,01 – 0,1 секунде. Због краткоће трајања означени су као **инфракратке ритмичке осцилације**:

- ритмички процеси који трају 0,5 – 3 секунде. Ова категорија означена је као **ритмика кратког периода**:

- ритмички процеси и функције чији период траје неколико часова, око 24 часа, седам дана и око 28 дана. Ова категорија означава се као **ритмика средње дугих периода**:

- ритмички процеси и функције чији период траје једну, две или три године. Ова категорија означена је као **ритмика дугих периода**:

- ритмички процеси и функције чији период обухвата око 11 година, са фазама од 5 или 6 година. Ова категорија означена је као **ритмика ултрадугих периода**.

Биолошка ритмика, почев од ритмика инфракратких периода, па до оних ултрадугих периода, поклапа се са одговарајућим геофизичким променама на нашој планети. Инфракратка ритмика и ритмика кратког периода поклапају се са осцилацијама геомагнетног поља Земље; 24-часовна са космичком сменом дана и ноћи услед ротације Земље око своје осе, односно са скоро 28-дневном ротацијом Сунца око његове осе; сезонска, односно годишња, са сезонским променама у Земљиној атмосфери и на њеној површини, које су условљене елиптичном путањом

Земље око Сунца; ултрадуга ритмика поклапа се са периодима ослабљене, односно појачане термонуклеарне активности Сунца. На живи свет утиче и непрекидно кретање Сунчевог система и Земље у њему кроз међупростор наше галаксије, брзином од 20 км у секунди. Све поменуте геофизичке и космичке ритмичке промене на нашој планети, и око ње, милионима година непрекидно су деловале на организме током њихове еволуције. Несумњиво је да су те промене утицале на формирање и ток процеса и функција организама у времену. Данас се то одражава у одговарајућим ритмичким осцилацијама сваког појединог процеса и функције у организму, па и организма као целине.

БИОЛОШКА РИТМИКА ИНФРАКРАТКИХ ПЕРИОДА

Ритмика веома кратких или инфракратких периода обухвата ритмичку активност појединих процеса у ћелијама, или активност ћелија као целине, ритмичку активност у ткивима или органима чији је период трајања краћи од једне секунде. На пример, такви су ритмички таласи биоструја у можданим ћелијама, ритмички импулси при провођењу надражаја дуж нервних влакана, импулси које примају мишићи при контракцијама. У ову врсту биолошке ритмике убрајају се и ритмичка грчења (контракције) појединих делова срчаног мишића или срца у целини током срчане револуције, која обухвата период од почетка једне контракције до почетка друге. Контракције преткомора или комора трају мање од једне секунде, али контракција срца у целини, при ритмици од 70 откуцаја у минути, исто тако траје мање од једне секунде.

БИОЛОШКА РИТМИКА КРАТКИХ ПЕРИОДА

Покрети грудног коша у току дисања показују изражену ритмику са карактеристикама кратких периода. Периодичност се код човека понавља 12 – 20 пута током једног минута. Код животиња (пацова или миша), ови периоди су знатно краћи. Ритмику са краћим периодима трајања чине контракције (желуца, црева, срца). Ритмика веома кратких периода са нормалним осцилацијама везана је за нормалну активност организма. Међутим, ако дође до одступања, то је знак да су наступили поремећаји.

На ритмику кратких периода имају утицаја спољашњи фактори, као што су светлост, звучне вибрације, спољашња температура, промена ваздушног притиска, утицај електромагнетских поља, јонизација O_2 , орбитални летови и бестежинско стање и др. Ови утицаји могу да мењају категорију ритмике. На пример, орбитални летови и бестежинско стање, фактори којима човек никада није био изложен током своје еволуције, имају изражен утицај на ритмику рада срца, васкуларног система и дисања.

БИОЛОШКА РИТМИКА СРЕДЊЕ ДУГИХ ПЕРИОДА

Циркадијална (*circa* – око, *dies* – дан), тј. 24-часовна биолошка ритмика веома је изражена код животиња и човека. Птице и сисари осим дневних, имају и ноћне активности. Човек припада дневним организмима јер његови процеси и функције показују максималне вредности у току светлосног дела дана, а минималне у току ноћи. Тако потрошња кисеоника, излучивање CO_2 , производња топлоте, дакле енергетски метаболизам, достижу максималне вредности током светлосног дела дана.

Циркадијална ритмика испољава се и у органском и у неорганском садржају крви (броју леукоцита и еритроцита, брзини седиментације еритроцита, садржају беланчевина, садржају воде). Изражена циркадијална ритмика јавља се у садржају гликозе у крви која је под директним утицајем хормона инсулина који излучује панкреас. Утврђено је да се у току дана смањује излучивање инсулина, а током ноћи повећава. И остале жлезде са унутрашњим лучењем показују 24-часовну ритмику. Тако се хормон адреналин из надбубрежне жлезде највише излучује око 9 часова изјутра. Хормон тироксин из штитне жлезде, који регулише метаболизам, најактивнији је између 3 и 5 часова изјутра. Повећање концентрације тирокина је припрема организма за буђење и дневну активност. Ритмичка активност жлезда са спољашњим лучењем је 24-часовна. Лучење мокраће такође има 24-часовну ритмику. Максимално лучење мокраће је између 12 и 17 часова, а минимално између 24 и 8 часова.

Ближа проучавања животне и радне активности човека и његових физиолошких и биеохмијских процеса показала су да постоје одређене индивидуалне разлике у 24-часовној ритмици у већини процеса и функција. Углавном се могу разликовати три основна типа 24-часовне ритмике:

- јутарњем типу припада око 25% људи. Код ових људи животне и радне активности достижу максимум у преподневним часовима светлосног дела дана. Човек спонтано устаје рано, али рано одлази на спавање;

- поподневном или вечерњем типу припада око 30% људи. Код ових људи максимум активности испољава се у поподневним и вечерњим сатима. Човек спонтано устаје касније и одлази на спавање касније;

- индиферентном типу припада око 45% људи. Код ових људи фазе 24-часовне ритмике нису много изражене, па они могу без нарочитих тешкоћа подносити рад и пре подне и у поподневним, па и ноћним часовима.

Највећи проценат поподневног и вечерњег типа односи се на интелектуалне раднике.

Циркадијална ритмика утиче на радну способност и продуктивност човековог рада. Брзина рефлексних реакција, брзина и прецизност реаговања наших чула највећи су у првој половини дана, слабији у другој, а најслабији у току ноћи.

Током ноћи је интензитет функција организма најнижи. Када се рад обавља ноћу, организам је принуђен да повећа интензитет свих физиолошких активности. То представља велико оптерећење за организам и у

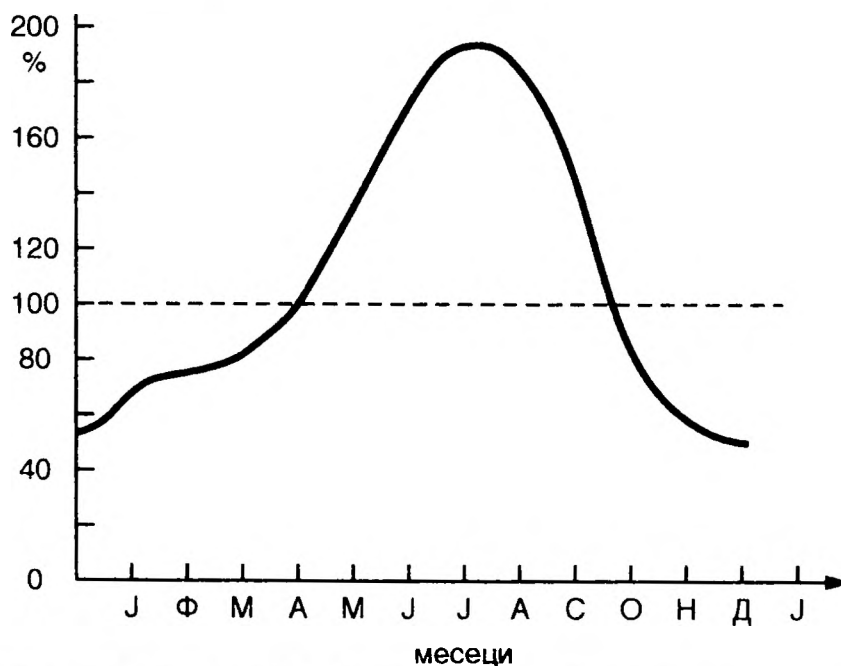
томе је највећа тешкоћа ноћног рада. Ноћни рад ремети нормални редослед и трајање фаза будног стања и сна. Поремећај сна, уколико дуже траје и не надокнађује се у току светлосног дела дана, условљава појаву аритмије срца, нервну напетост и депресивно расположење. Човек постаје раздражљив, неспособан за концентрацију и прави грешке при раду. Ипак, ноћни рад се мора обављати у многим гранама привреде, у здравству, на железници итд.

Код човека и хомеотермних животиња постоји јаче или слабије изражена 24-часовна биолошка ритмика. У току светлосног дела дана активност дневних организама је појачана, а током ноћи смањена. Код ноћних животиња процеси и функције имају обрнут смер.

У категорију ритмике средњег периода, поред 24-часовне ритмике, спада и месечна, менструална ритмика. Она је карактеристична за организам жене и женке човеколиких мајмуна. Менструална ритмика се испољава код зреле жене, а трајање периода ове ритмике износи 28 дана. Она почиње са полным зрелошћу, тј. са појавом прве менструације. Менструација се код девојака из наших крајева јавља најчешће између 12. и 15. године. Менструална ритмика се редовно понавља до 42–48 године, када престаје.

БИОЛОШКА РИТМИКА ДУГИХ ПЕРИОДА

Овој категорији припадају ритмички процеси и функције чији периоди трају једну, две или три године, тзв. сезонске промене (нпр. миграционе активности) (слика 38).



Слика 38. – Кривуља годишње ритмичке функционалне способности људског организма

Основни метаболизам показује фазу минимума у зимским месецима, а фазу максимума у летњим. Ритмику основног метаболизма условљава лучење тиреоидне жлезде, које је најјаче у пролеће, слабије у јесен и најслабије зими. Садржај уобличених елемената у крви показује изражену сезонску, односно годишњу ритмику. Тако је број еритроцита у крви у просеку за 20% већи у зимским месецима него у летњим.

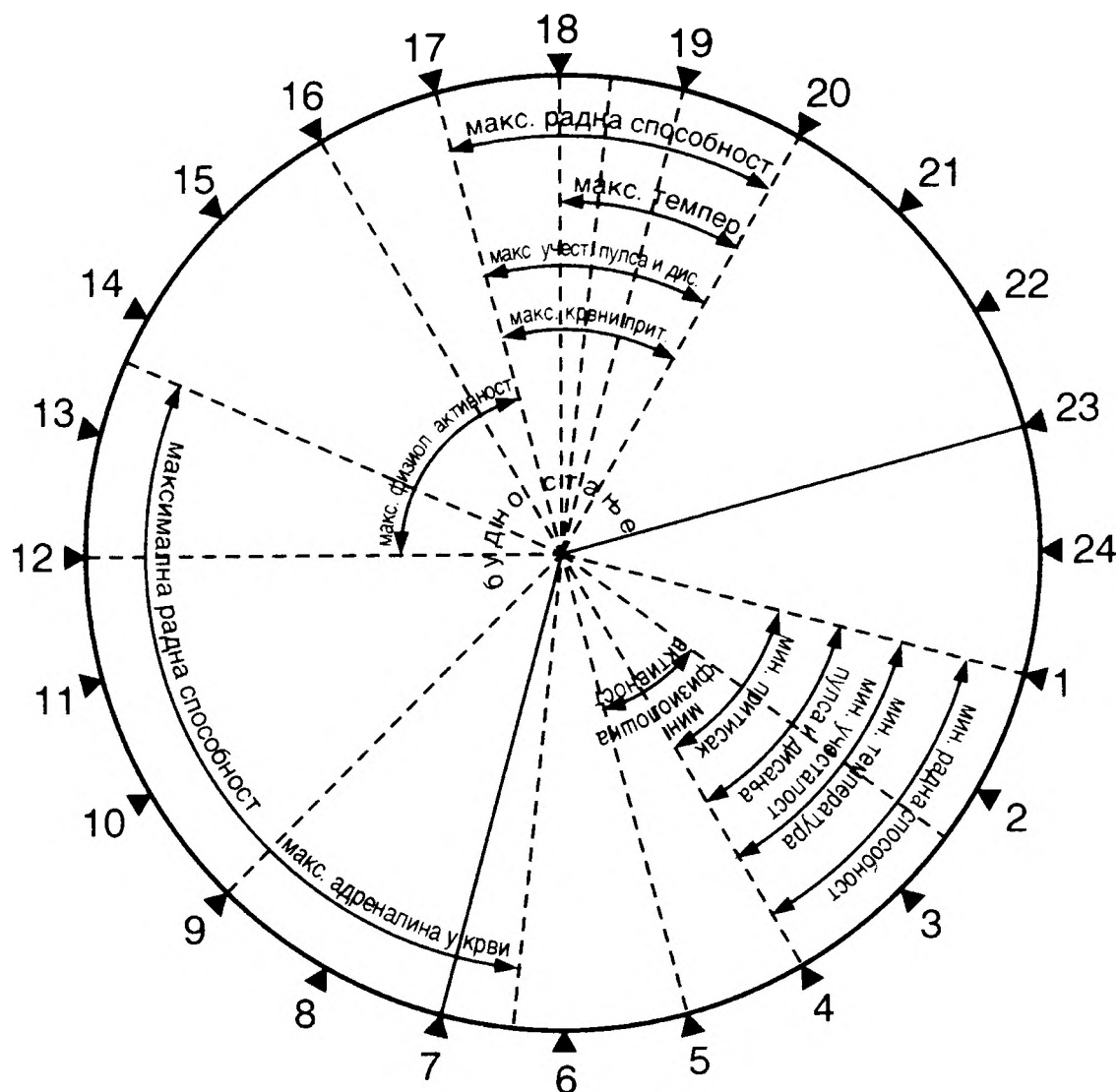
Код човека нека обољења имају сезонску ритмику. Тако се, на пример, рахитис, дијабетес, артериосклероза и др. најчешће јављају у зимском периоду. Уопште, у годишњој ритмици, организам је најмање отпоран зими, што је последица промена у атмосфери (нижа температура, пад атмосферског притиска, промене електричног набоја честица ваздуха и др.).

Сезонске промене нарочито су изражене код животиња. С наступањем хладних јесењих дана и зиме поикилотермне животиње прелазе у стање мировања. Текуница, хрчак, јеж, мрмот и неки глодари, као хомеотермни организми, падају у „зимски сан“. Зимско мировање медведа и јазавца сматра се тзв. зимским дремежом јер су процеси и функције ових животиња нешто успорени. То стање је различито код животиња које преспавају зиму, тзв. презимара.

Неки хомеотермни сисари падају у „летњи сан“ у тропским и пустињским крајевима када наступи сушни период.

БИОЛОШКА РИТМИКА УСТРАДУГИХ ПЕРИОДА

Периодичне промене на Сунцу (термонуклеарне реакције које се испољавају у облику Сунчевих пега), које се јављају током 10 – 15 година, имају утицаја на многе процесе и функције животињског и људског организма. Тако, на пример, запажено је да се брзина седиментације еритроцита код здравих људи повећава сваких 11 година, што је последица Сунчеве активности. Међутим, она се смањује у фази смиривања тих активности. Бројна истраживања показала су да Сунчева активност има утицаја на промене у нервном систему, односно у брзини рефлексних реакција. У фази појачане Сунчеве активности долази до успорених рефлексних реакција код човека, што има као последицу повећање броја саобраћајних несрећа и повреда на раду. Фактори спољашње средине могу утицати на реакције кардиоваскуларног система. Појачаном Сунчевом активношћу изазивају се инфарктна обољења.



Слика 39. – Приказ 24-часовне ритмике неких физиолошких процеса људског организма

РАДНЕ СПОСОБНОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТ РАДА

Дневна, 24-часовна ритмика има великог утицаја на човекове радне способности и продуктивност рада. Рефлексне реакције, брзина и реаговање наших чула најбољи су у првој половини дана, слабији у другој, а на слабији у току ноћи (слика 39). Најбоља ефикасност рада остварује се у преподневним часовима. Између 13 и 15 часова нагло опадају радне способности. Касније поподне, између 16 и 18 часова, долази до извесног повећања ефикасности рада. Најнижи ниво радних способности је у току ноћи, између 1 и 3 часа. За поподневни или вечерњи тип људи преподневни рад представља прилично велики физиолошки напор, бременит неефективношћу и опасностима од грешака.

БИОЛОГИЈА РАЗВИЋА

Биологија развића је научна дисциплина која се бави проблемима индивидуалног развића организама. Индивидуално развиће или **онтогенеза** почиње образовањем оплођене јајне ћелије – **зигота**, а завршава се смрћу јединке. У току тог процеса разликује се неколико карактеристичних периода: (а) **пренатални период**, који обухвата сложене промене које се дешавају од момента образовања зигота до изласка јединке из јајних опни или екстраембрионалних завоја; (б) **рођење**, које обухвата сам излазак јединке из екстраембрионалних завоја; (в) **постнатални период**, који почиње одмах по рођењу и обухвата све промене везане за растење, полно сазревање, старење и смрт.

Почетне стадијуме индивидуалног развића проучава наука која се назива **ембриологија**. Податке до којих се дошло у класичним гранама ембриологије користи и савремена биологија развића. Међутим, данас се истраживања у биологији углавном односе на молекуларна збивања у ћелији. Суштина тих истраживања је да се, коришћењем савремених метода молекуларне биологије, генетике, биохемије и других наука, објасни како од једне једине ћелије – зигота, настају милијарде ћелија новог организма и како се оне диференцирају и специјализују за одређене функције у склопу различитих ткива и органа. Откривање механизма биолошких процеса који доводе до диференцирања ћелија и детерминације њихових функција јесте основни проблем савремене биологије развића. Посебан значај биологија развића има за медицину јер, да би се разумели разлози због којих настају грешке у току развоја, морају се познавати процеси нормалног развића. Сам процес диференцијације ћелија је значајан пошто данас постоје подаци о томе да је малигна трансформација ћелија, која доводи до појаве канцера, у ствари последица поремећаја ћелијске диференцијације.

У основи индивидуалног развића налази се процес размножавања организама. Размножавање се може дефинисати као биолошко продужавање живота врсте, које се обично описивало као бесполно и полно. Међутим, истраживања значајна за разумевање ових процеса указују на то да се у животни циклус организама који се бесполно размножавају умеће сексуални процес, чиме се омогућава размена (рекомбиновање) генетичког материјала. Сексуални процес не мора увек да буде у вези са

репродукцијом. Код протозоа, алги, гљива, које се репродукују вегетативним путем (дакле, бесполно) или спорама, сексуални процес се јавља одвојено од репродукције и дешава се повремено на неком од стадијума животног циклуса у одређеним условима, што је повезано с преживљавањем. Сексуални процес се јавља и код супцелуларних организама, вируса, као и код бактерија и неких модрозелених алги. На раним еволутивним стадијумима развоја организама јавља се репродукција помоћу гамета, чијим спајањем (сексуалним процесом) долази до размене генетичког материјала. Ако се сексуални процес схвати као део репродуктивне функције, онда је јасно да термини бесполно и полно размножавање нису сасвим прикладни.

Значај појаве сексуалног процеса код свих организама је у томе што се на тај начин у потомство уносе генетичке промене. Ако су комбинације настале разменом генетичког материјала повољне за јединку, онда се тиме омогућава боља адаптација организама. То има велики значај за еволуцију органских врста.

За размножавање организама помоћу гамета карактеристична су, у основи, два процеса: образовање репродуктивних ћелија и развиће новог организма. Између ове две фазе умеће се сексуални процес јер се гамети не могу директно развити у нову јединку.

Полне ћелије или **гамети** могу бити истог облика, величине и грађе, али функционално различити. То је карактеристично за једноћелијске и једноставније вишећелијске организме. Они су означени као **изогамети** и процес њиховог спајања је **изогамија**. Међутим, код неких организама на истом стадијуму еволутивног развоја јављају се и гамети различити по величини и облику. Један је мањи и представља мушку полну ћелију, док је други, женски, крупнији. Оба гамета су покретљива. Овакви гамети су означени као **анизогамети** или **хетерогамети**. Процес њиховог спајања је **анизо-**, односно **хетерогамија**. Специјални облик анизогамета су **оогамети**, заступљени код свих вишећелијских организама. Мушки гамет је мали, специфично грађен, снабдевен бичем и веома покретљив. То је **сперматозоид**. Женски гамет је крупан, обично непокретан и означен је као **јајна ћелија** или **овум**. Процес спајања ових гамета означен је као оплођење, при чему настаје **зигот**.

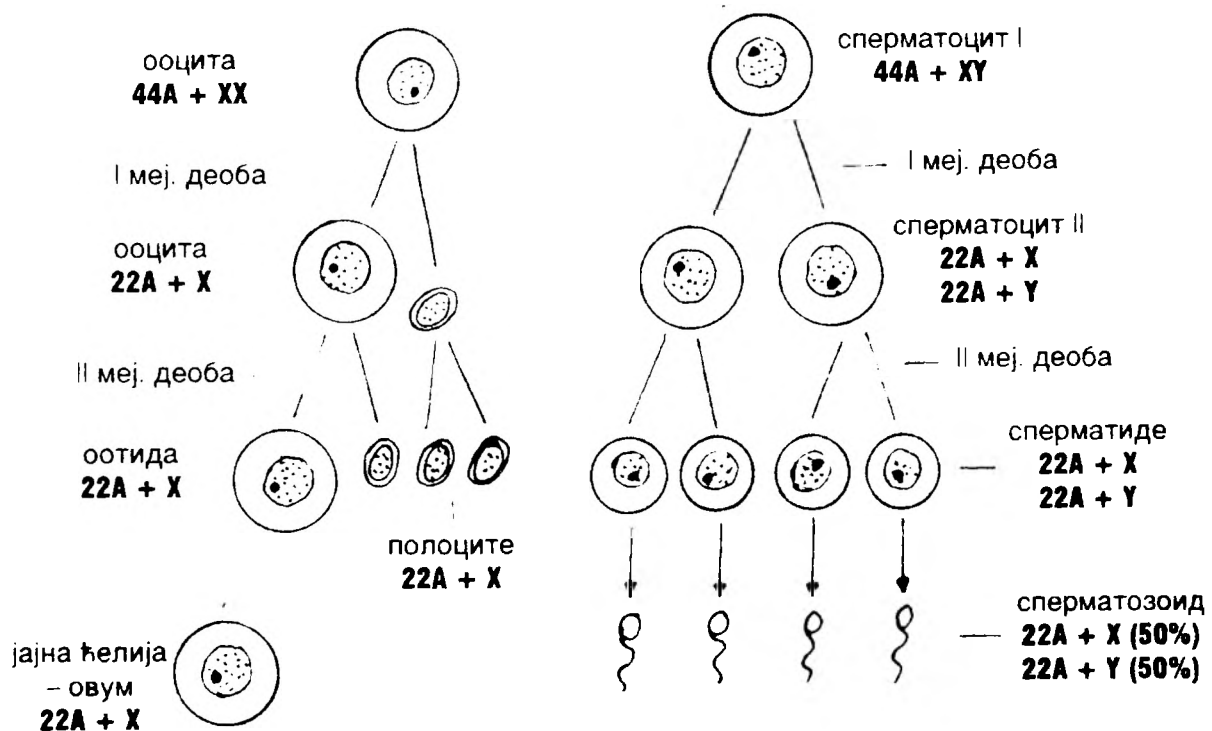
Код вишећелијских организама постоји јасна разлика између **телесних ћелија**, које у телу индивидуа обављају различите функције, и **репродуктивних ћелија**, које служе за размножавање. Телесне ћелије су различито диференциране, у складу са функцијом коју обављају у склопу ткива и органа. Гамети су тзв. клицине или **герминативне ћелије**, које су недиференциране (тотипотентне), тј. способне да се после оплођења развију у нови организам. Оне се јављају веома рано у току развоја ембриона. Код дечје глисте издвајају се већ после четврте деобе зигота, на ступњу од 16 бластомера; код већине кичмењака оне се издвајају пре образовања гастреле.

Код ембриона човека већ после 3–4 недеље развића издваја се одређен број (око 50) клициних ћелија. Оне се око пете недеље развоја ембриона смештају у регион будућих полних жлезда.

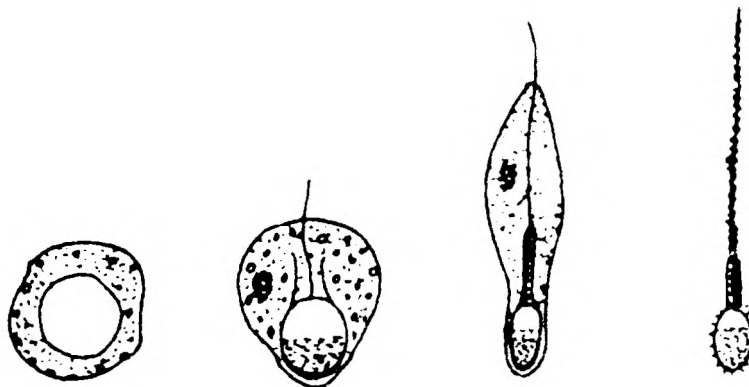
ГАМЕТОГЕНЕЗА

Гаметогенеза је скуп процеса који се одвијају у једру и цитоплазми недиференцираних клициних ћелија, из којих настају високодиференциране полне ћелије. У суштини, то је процес формирања полних ћелија у полним жлездама. У основи овога процеса налази се мејоза. Процес образовања мушких полних ћелија назива се **сперматогенеза**, а женских **оогенеза**.

У току процеса гаметогенезе могу се уочити три фазе: размножавање, растење и сазревање. У фази размножавања, клицине ћелије се неколико пута деле митотичком деобом. Тако настају специјалне ћелије **гоније**, које се код мушког пола називају сперматогоније, а код женског **оогоније**. Гоније су нешто веће од осталих ћелија, имају крупно лоптасто једро и садрже диплоидан ($2n$) број хромозома као и телесне ћелије. У фази раста, сперматогоније и оогоније се увећавају и диференцирају у **сперматоците** и **ооците** I реда (или примарне сперматоците, односно ооците). Фаза сазревања представља мејозу (слика 40).



Слика 40. – Оогенеза и сперматогенеза

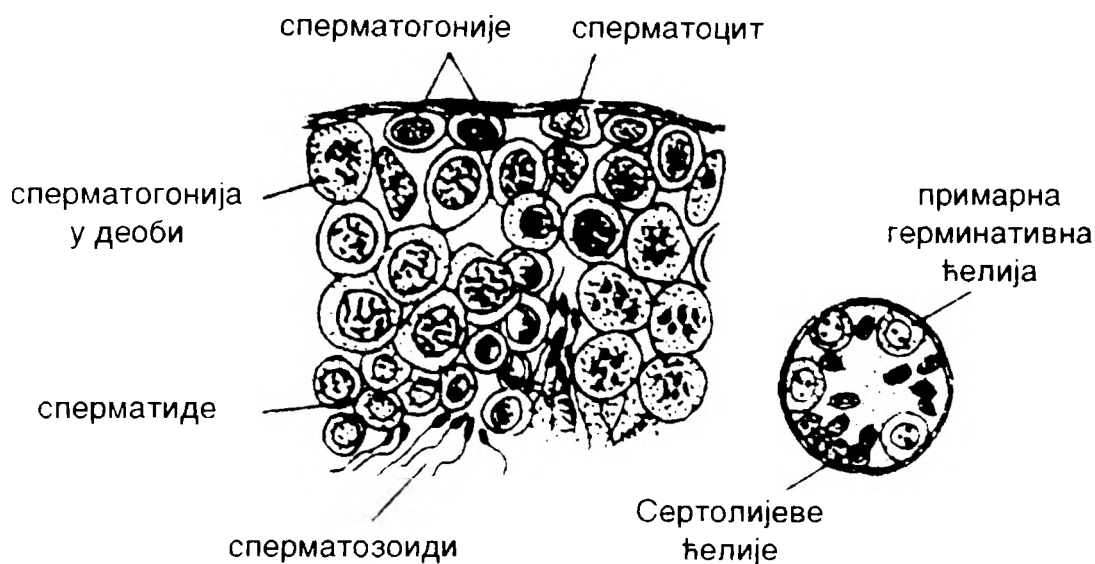


Слика 41. – Спермиогенеза

Током сперматогенезе примарни сперматоцити улазе у I мејотичку деобу, после које настају сперматоцити II реда (или секундарни сперматоцити) који садрже хаплоидан (n) број хромозома. После II мејотичке деобе настају четири ћелије са хаплоидним бројем хромозома и то су **сперматиде**. Процес трансформације сперматиде у сперматозоиде назива се **спермиогенеза** (слика 41). Током тог процеса образује се сперматозоид карактеристичан по изгледу за одређену органску врсту.

Оогенеза се у суштини не разликује од сперматогенезе, али су неки детаљи другачији. Примарна ооцита се у току I мејотичке деобе дели тако да скоро сва цитоплазма остаје у једној ћелији, и то је **секундарна ооцита** са хаплоидним једром. Друга ћелија са хаплоидним једром садржи сасвим мало цитоплазме, ситна је и назива се **полоцита**. После друге мејотичке деобе секундарна ооцита опет даје две ћелије неједнаке величине. У једној је скоро сва цитоплазма са хаплоидним једром и то је оотида (или јајна ћелија), а друга ћелија је полоцита. Примарна полоцита такође улази у II мејотичку деобу, после које настају две секундарне полоците. На овај начин, по завршетку мејозе, настају четири ћелије, од којих је једна јајна, репродуктивна ћелија, а три су полоците и оне се ресорбују.

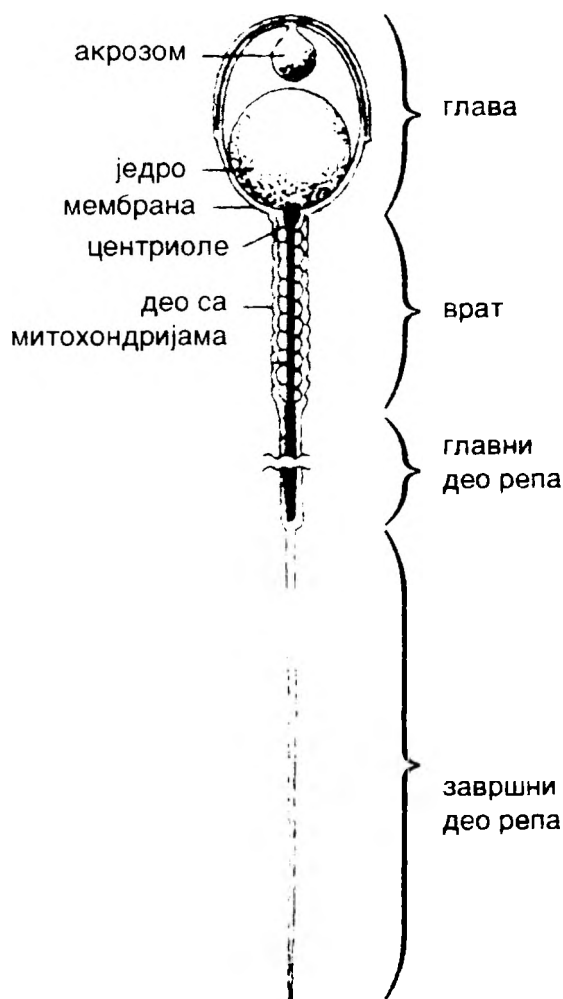
Сперматогенеза се код сисара и човека одвија у семеним каналићима семеника или тестиса. Под микроскопом се, на попречном пресеку семеног каналића, могу посматрати све фазе у процесу сперматогенезе (слика 42). Поред сперматогонија и осталих ћелија карактеристичних за овај процес, разликују се и Сертолијеве ћелије пирамидалног облика које служе за исхрану ћелија у настајању. Интензивна деоба сперматогонија сисара и њихова диференцијација у примарне сперматоците који улазе у фазу сазревања, односно процес мејозе, почиње у пубертету. Код човека и релативно малог броја других сисара који немају посебан период парења у свом животном циклусу сперматогенеза се одвија континуирано у току периода полне зрелости.



Слика 42. – Пресек семеног канала код сисара

Грађа сперматозоида је специфична и усклађена је са функцијом коју обавља (слика 43). Сперматозоид је покретан, плива ка јајној ћелији и његов облик је подешен за кретање кроз течну средину. У глави сперматозоида налази се једро. Глава је овална и на њеном предњем крају налази се једно испупчење означено као **акрозом**. У врату сперматозоида су смештене центриоле. Задња центриола представља базално телашце бича сперматозоида. Средњи део сперматозоида обухвата део бича у коме су спирално распоређене митохондрије. Оне обезбеђују енергију за кретање сперматозоида.

Сперматозоиди различитих животињских група имају различит облик. Код неких организама изостаје бич, а код неких се он амебоидно креће. Бич је различите дужине. Код човека његова дужина износи 53 μm .



Слика 43. – Грађа сперматозоида

Сперматозоиди су непокретни све док не пређу у изводне канале мушких полних органа. У каналима се лучи семена течност која омогућава њихово кретање. Преживљавање сперматозоида је ограничено и код разних организама различито траје. Код кунића време преживљавања сперматозоида износи нешто више од 20 h. У гениталним одводима жена они живе 48 h, а највише три дана.

Производња сперматозоида је различита, а њихова количина у милилитру семене течности указује на активност тестиса. Испитивања код мушкараца су показала да се у 1 ml семене течности у просеку налази око 120 000 000 сперматозоида.

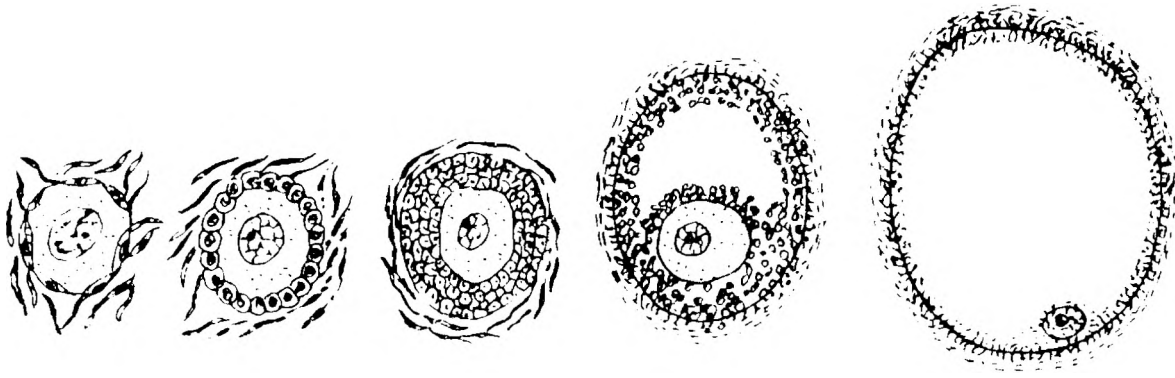
На сперматогенезу утичу различити фактори, пре свега температура и радијација, а ни начин живота није од мањег значаја, на пример неадекватна исхрана, уживање алкохола и дроге, пушење, ношење тесних фармерица, стално седење итд. изазивају дегенерацију сперматозоида. Испитивања су показала да абнормалних сперматозоида просечно има око 10%, док је у случају неплодности овај број много већи.

Оогенеза код сисара и човека одвија се у женским полним жлездама, јајницима или оваријумима. Оогоније које настају од клициних ћелија у току образовања оваријума интензивно се деле митотичком деобом. На тај начин настаје велики број ћелија. Код жене се образује шест-седам милиона ћелија. Неке од њих престају да се деле и још пре рођења се диференцирају у примарне ооците. Сваку примарну ооциту окружује слој фоликуларних ћелија. Тако настаје **примарни фоликул**. Међутим, код кошљориба, водоземаца и других кичмењака ооците се формирају касније, код неких чак и у току полне зрелости.

Код човека, још у току седмог месеца живота фетуса, скоро све оогоније се трансформишу у примарне ооците. Међутим, већина примарних фоликула се дегенерише и пропада, тако да у тренутку рођења женског детета остаје 700 000 – 2 000 000 ооцита. Дегенерација примарних фоликула се наставља и после рођења. До пубертета њихов се број смањује на око 40 000.

Код сисара, фаза сазревања ооцита почиње у току феталног живота. Процес оогенезе се зауставља у току профазе прве мејотичке деобе, на стадијуму диплотена, и примарне ооците улазе у период мировања. Оне остају на овом ступњу све до полне зрелости, када се процес мејотичке деобе наставља и образују се зреле јајне ћелије. Код жена овај стадијум траје 10 – 50 година. То значи да ооците, које сазревају на крају репродуктивног периода, код жена веома дуго остају на стадијуму диплотена.

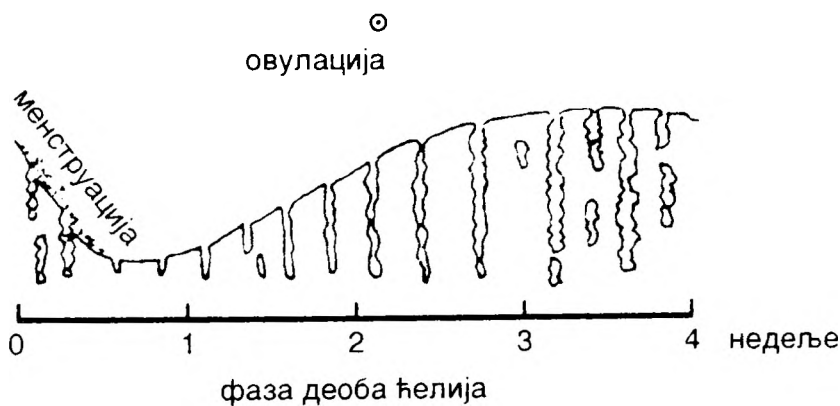
У пубертету примарни фоликул почиње да сазрева. Фоликуларне ћелије око ооците интензивно се деле, њихов број се увећава и образује се **секундарни фоликул**. Фоликуларне ћелије омогућују исхрану ооците. Секундарни фоликул даље расте и између фоликуларних ћелија настаје шупљина испуњена течношћу. Ооцита је постављена са стране, ван центра, и даље окружена слојем фоликуларних ћелија. Ово је **терцијарни** или **Графов фоликул** (слика 44). Истовремено са растом



Слика 44. – Шематски приказ Графовог фоликула
и његов изглед под микроскопом

фоликула одвија се процес мејотичке деобе. Када се заврши прва мејотичка деоба, наступа овулација. Графов фоликул прска, а секундарна ооцита се ослобађа и заједно с полоцитом пада у левкасто проширење јајовода. Секундарна ооцита је и даље окружена фоликуларним ћелијама. Док се секундарна ооцита налази у горњој трећини јајовода, отпочиње друга мејотичка деоба. Она се не завршава сасвим, већ се задржава на ступњу метафазе све до момента оплођења (слика 45).

Дужина живота неоплођене јајне ћелије веома је ограничена. Код жена, јајна ћелија живи у утерусу свега 24 часа, а затим угине и ресорбује се.



Слика 45. – Фазе менструалног циклуса

У поређењу са сперматогенезом, оогенеза је мање интензивна. За време репродуктивног периода код жена се свега 450 – 520 ооцита диференцира у јајну ћелију, јер сваког месеца сазрева само једна јајна ћелија.

Ослобађање јајне ћелије из Графовог фоликула, означено као овулација, код сисара и човека је праћено низом сложених промена у организму. Промене се дешавају пре свега у полним органима и ендокрином систему. Оне су везане и за одређено сексуално понашање женки. Све те промене представљају припрему за оплођење и развитак новог организма. Уколико у току овулације не дође до оплођења, код женки наступа период смањеног полног нагона и физиолошке припреме за оплођење се повлаче. То траје извесно време, а онда се организам поново припрема за оплођење. Ове цикличне промене у организму женке сисара и човека означене су као **естрални циклус**. Естрални циклус је различит код појединих врста сисара и може се дешавати једном, двапут или више пута годишње. На појаву и ток естралног циклуса утичу многобројни спољашњи и унутрашњи фактори, као што су: клима, исхрана, дужина дана, различита обољења или наследни фактори.

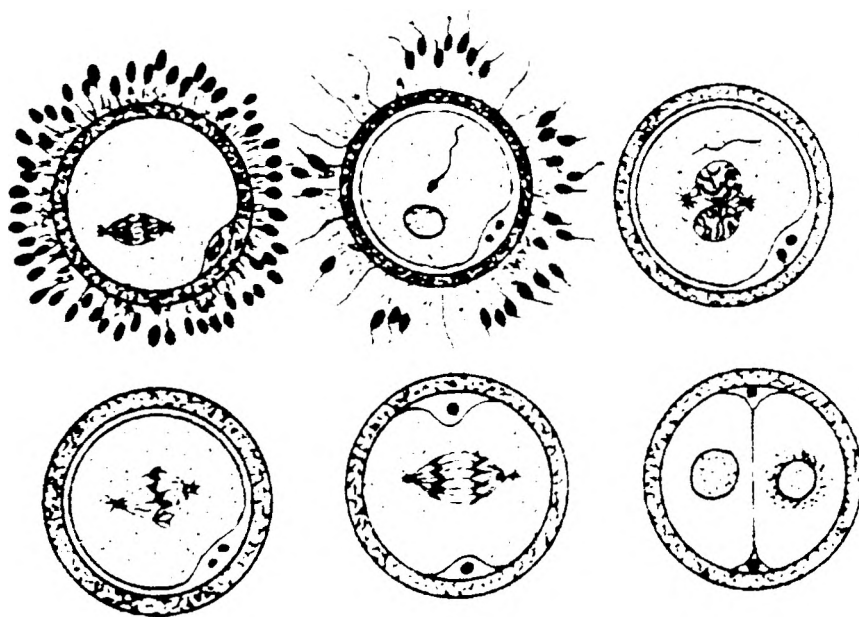
У сексуалном циклусу виших примата, што значи и жена, када нема оплођења, задебљали слојеви зида утеруса припремљеног за развој плода повремено се одстрањују, при чему капилари прскају. Ова појава је означена као **менструација** и праћена је крварењем. Менструални циклус код жена почиње између 12. и 15. године живота и понваља се сваких 28 дана, а траје око тридесет година. Престанак менструалног циклуса означен је као **менопауза**. Постоје изражене индивидуалне разлике у погледу животног доба у коме почиње и престаје менструални циклус, дужине његовог трајања и обилности крварења. Непосредно по завршетку менструалног крварења зидови утеруса се регенеришу деобом епителијалног слоја ћелија и материца се поново припрема за пријем и развитак ембриона. Уколико не дође до оплођења, циклус се понавља.

Сперматогенеза, оогенеза и сексуални циклус налазе се под утицајем нервног система и читавог низа хормона који регулишу и контролишу ове процесе.

ОПЛОЂЕЊЕ И РАНИ СТУПЊЕВИ ЕМБРИОГЕНЕЗЕ

Оплођење или **фертилизација** је процес спајања мушких и женских гамета. Код великог броја органских врста овај процес се одвија у слободној води, па је овакво оплођење означено као спољашње. Читав низ организама, међутим, има унутрашње оплођење, што значи да се спајање полних ћелија обавља у телу мајке. Унутрашње оплођење је значајна појава у еволуцији јер је на тај начин спајање гамета боље осигурано. Организми са спољашњим оплођењем образују огроман број гамета да би се осигурало њихово спајање.

Оплођење, било да је спољашње или унутрашње, у суштини се одвија на сличан начин. Сам процес је веома сложен и у њему често учествује низ хемијски активних материја, пре свега ензима. Од тренутка када се полне ћелије додирну, па до формирања јединственог једра одвија се низ сложених појава, али се у суштини разликују три карактеристична момента: активирање сперматозоида, реакција мембране јајне ћелије и спајање једара јајне ћелије и сперматозоида, што представља право оплођење. Продирање сперматозоида у јајну ћелију омогућује посебна врста ензима који се ослобађа из вршног дела главе сперматозоида. Додир сперматозоида изазива реакцију мембране јајне ћелије, те се одмах образује нова, посебна, **фертилизациона мембрана**, која спречава улазак већег броја сперматозоида. На месту додира сперматозоида и цитоплазме јајне ћелије образује се испупчење помоћу кога се глава и врат сперматозоида увлаче у јајну ћелију. Код неких организма бич сперматозоида остаје ван јајне ћелије, док код сисара и он продире у цитоплазму. На овом ступњу оплођења у јајној ћелији се запажају два једра и та фаза је означена као **стадијум два пронуклеуса**. Највероватније деловањем кретања цитоплазме мушки пронуклеус се окреће за 180° и заузима специфичан положај који омогућава деобу центрозома и формирање деобног вретена за оба пронуклеуса, јер јајна ћелија не садржи центрозом. Пронуклеуси губе своје омотаче и хромозоми се налазе заједно у деобном вретену у стадијуму метафазе. У овом тренутку хапloidне гарнитуре хромозома родитељи образују нову, јединствену диплоидну хромозомску гарнитуру потомака. Положај деобног вретена одређује правац прве деобе зигота (слика 46).

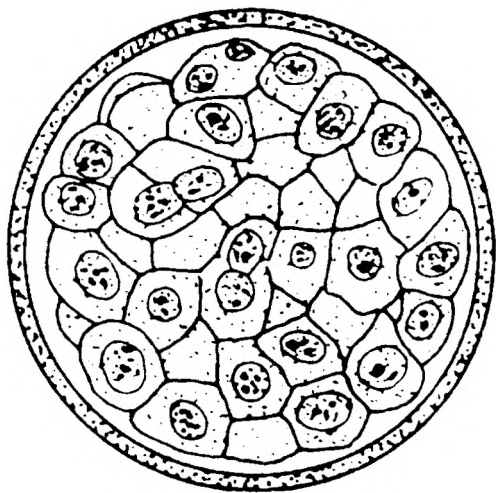


Слика 46. – Оплођење и прва деоба зигота: ступањ две бластомере

У биолошком смислу, оплођење је значајно због тога што се спајањем гамета два родитеља са различитом наследном основом обезбеђују најразличитије комбинације њихових генетичких информација, а тиме и комбинације родитељских својстава у потомству.

Рани стадијуми ембриогенезе. – После оплођења почиње фаза **сегментације** или **браздање** зигота. То је процес убрзаних митотичких деоба. Једноћелијски зигот се развија у вишећелијски ембрион, састављен од ембрионалних ћелија **бластомера**. Број ћелија се увећава геометријском прогресијом, што значи да се зигот дели на две, четири, осам итд. бластомера. Пошто се образује огроман број ћелија, учесталост деоба опада. За фазу браздања карактеристично је то да ћелије не улазе у период интерфазе. Деобе теку сукцесивно, па су бластомере све ситније, при чему се количина цитоплазме у њима смањује, док величина једра остаје иста. То значи да се током браздања обавља интензивна синтеза генетичког материјала, док су остали метаболички процеси сведени на минимум.

У живом свету постоје различити типови јајних ћелија, па се у вези с тим разликује више типова браздања. Међутим, основни стадијуми ембрионалног развића код свих вишећелијских организама су у принципу слични.



Слика 47. – Морула сисара

Морула. – Интензивно браздање завршава се образовањем вишећелијске структуре која је означена као морула (слика 47). Браздањем **олиголецитних јајних ћелија**, које садрже малу количину хранљивих материја – **вителуса**, настаје лоптаста морула, код које су све бластомере скоро исте величине и између њих нема међупростора. Она подсећа на дудињу (плод дуда), по чему је и добила назив (лат. *morus* – дуд, *morula* – дудиња). Код **мезолецитних јајних ћелија**, које садрже више вителуса неједнако распоређеног у

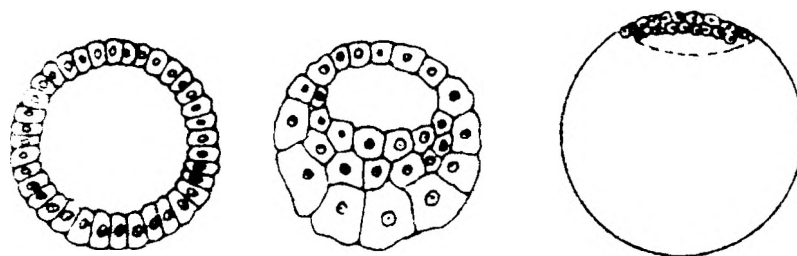
цитоплазми, морула је сличног облика, али се на њој разликују ситније бластомере – **микромере**, и крупније – **макромере**. Деобом **полилецитних јаја** риба, гмизаваца и птица, које садрже велике количине хранљивих материја, настаје морула која има облик диска, јер се јаје не бразда у целини. Таква морула лежи на вителусу.

Већ код јајне ћелије, а и на ступњу моруле, на ембриону се разликују **анимални пол**, од кога настаје леђна страна ембриона, и **вегетативни пол**, који се развија у трбушну страну ембриона. Осим код олиголецит-

них јаја, код свих осталих типова јајних ћелија хранљиве материје се увек налазе више на анималном полу. Управо количина и распоред хранљивих материја условљавају и тип браздања и начин даљег развића ембриона.

Бластула. – Стадијум моруле је краткотрајан и развиће ембриона се наставља тако што се истовремено с даљим деобама бластомера ћелије из централног дела моруле размићу према периферији. На тај начин из компактне моруле настаје лоптаста **бластула** – једнослојни ембрион изграђен од једног слоја бластомера на површини, са централном шупљином. Слој бластомера чини **бластодерм**, а дупља коју он затвара означена је као **бластоцел**. Оваква бластула је карактеристична за органзиме са олиголецитним јајним ћелијама и назива се **целобластула**.

Код организама са мезолецитним јајним ћелијама бластодерм је изграђен од микромера на анималном и макромера на вегетативном полу. Бластоцел је зато мало померен, односно ексцентрично постављен ка анималном полу. Оваква бластула назива се **амбибластула**. Код организама са полилецитним јајним ћелијама, код којих је скоро сва хранљива материја смештена на вегетативном полу, бластула је у облику диска. Она лежи на вителусу и од њега је одвојена бластоцелом у облику пукотине. Оваква бластула се назива **дискобластула** (слика 48).



Слика 48. – Различити типови бластуле

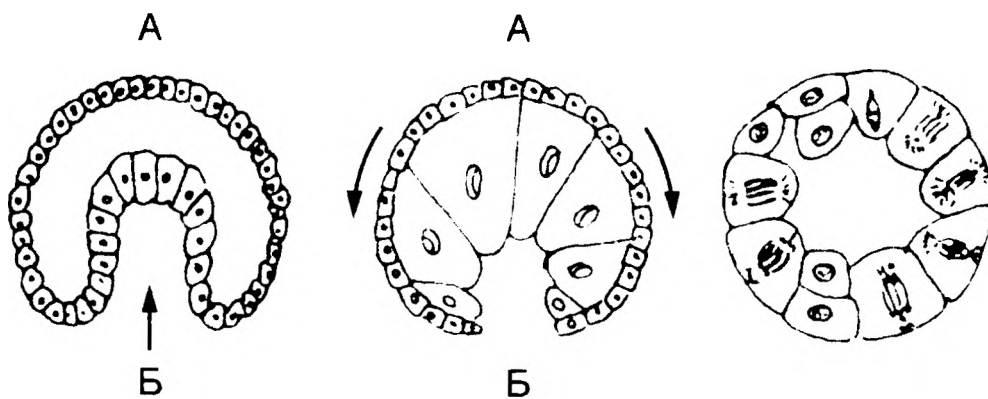
Гастроула. – Процес бластулације завршава се образовањем бластуле, а затим почиње процес гаструлације у коме се образује прво двослојни, а онда трослојни ембрион. Гастроула је ембрионални стадијум у коме се сложеним трансформацијама образују **клицини листови**, од којих се у даљем развићу формирају органи и органски системи нове јединке.

У зависности од врсте бластуле и покретања ћелија у току даљих процеса, гастроула се образује на неколико начина: **инвагинацијом** – увлачењем једног дела бластодерма испод другог; **миграцијом** – померањем појединих ћелија бластодерма; **деламинацијом** – одвајањем ћелијских слојева тангенцијалним деобама ћелија бластодерма; **епиболијом** – одвајањем ћелија које упадају у шупљину бластула и образују клицине листове.

Најчешћи начин образовања гастрoule је инвагинација (бодљокошци, амфиоксус). Блaстодерм се на вегетативном полу активно увлачи у шупљину бластуле. Бластоцел се при томе повлачи и нестаје, а ћелије се постављају испод бластодерма на анималном полу. Тако настаје **двослојна гастрouла** пехарастог изгледа. Спољашњи слој ћелија овакве гастрoule означен је као **ектодерм**, а унутрашњи као **ендодерм**. Ектодерм и ендодерм су примарни клицини листови. Унутар гастрoule сада је образована нова шупљина и то је гастрouлина дупља или **гастроцел**, односно архентерон који представља примарно црево. Отвор преко кога гастроцел комуницира са спољашњом средином и одакле је почела инвагинација зида бластуле назива се **бластопорус**. Од њега се у току даљег развића ембриона код неких организама образује усни отвор. Код других се он затвара, али се у његовој области образује анални отвор, док се усни отвор образује на супротном крају ембриона.

Гастрouла може настати и комбинацијом процеса гастрouлације. Тако настаје **амфибластула** мезолецитних јаја водоземаца или **дискобластула** телолецитних јаја риба, гмизаваца и птица.

Образовањем ектодерма и ендодерма завршава се прва фаза гастрouлације (слика 49). У другој фази долази до образовања трећег клициног листа, **мезодерма**, који се умеће између примарних клициних листова. Мезодерм се формира на различите начине код различитих врста организама, у зависности од типа јајне ћелије и бластуле. Према пореклу ћелија од којих се образује и начину постанка, разликују се два основна типа мезодерма. Код кичмењака мезодерм настаје од зида архентерона. Ћелије које ће образовати мезодерм одвајају се у облику мешкова (као код амфиоксуса) или у облику компактних ћелијских маса (као код водоземаца) с бочних страна примарног црева. Мезодерм се код осталих организама образује на тај начин што се ћелије које се налазе на месту додира ектодерма и ендодерма померају, улазе у остатак бластоцела, између примарних клициних листова, деле се и образују трећи клицин лист.



Слика 49. – образовање примарних клициних листова
(А – анимални пол, В – вегетативни пол)

Стадијум гаструле је најважнији моменат у целокупном ембрионалном развићу јер у овој фази већ почиње одвајање потенцијално различитих група ћелија. Образовањем трослојног ембриона гаструле завршава се процес гаструлације и ембрионални развој улази у фазу специјализације.

ОРГАНОГЕНЕЗА

У току даљег развића ембриона сваки клишин лист представља основу за формирање органа и органских система организма у настајању. Процес образовања органа означен је као **органогенеза**. Анализом процеса органогенезе прецизно је одређено од ког клишиног листа је настало одређено ткиво или орган. Диференијација органа одвија се у ширим пределима, пољима будућих органа. Тако се у ектодерму прво одваја део који ће дати покожицу и њене деривате (длаку, знојне, лојне и млечне жлезде, сочиво ока) и део који даје нервну плочу. Стране нервне плоче увијају се и образују нервну цев, која се даље диференцира у мозак и кичмену мождину. Унутар поља издвајају се мањи делови који ће дати одређене органе, очни, ушни или носни део. Поља екстремитета ће се даље развијати у одговарајуће екстремитете итд. Ендодерм, пре свега, образује архентерон или примарно црево. Касније, само примарно средње црево остаје обложено ендодермом. На ендодерму се јављају групе ћелија у облику пупољака, који се развијају у респираторне органе (плућа), јетру, панкреас и др. На леђној страни ембриона, од главног дела ка репном, развијају се **сомити**, групе мезодермалних ћелија које се даље диференцирају у ћелије крзна, скелета, мишића, везивног ткива, срца, крвних судова, урогениталних система итд. Мезодерм на бочним странама ембриона заједно са ендодермом, учествује у образовању унутрашњих органа.

Ембрионално развиће сисара и човека се по многим карактеристикама разликује од ембрионалног развића осталих кичмењака, пре свега због тога што се одвија у телу мајке, у специјалном органу утерусу или материци. Сисари воде порекло од гмизаваца, чија су јаја богата вителусом. Зато најстарији сисари имају крупна јаја богата хранљивим материјама. Тек са преласком на унутрашње развиће и рађање живих младунаца, јајне ћелије виших сисара губе вителус и постају олиголецитне или алецитне. Овакве јајне ћелије се браздају потпуно и једнако, што значи да су све бластомере исте величине. Међутим, већ на стадијуму бластуле зачетак ембриона има облик диска, па је даље развиће делимично дискоидално. Оно подсећа на веома измењено развиће гмизаваца, што је у складу са филогенетским пореклом сисара.



Слика 50. – Бластицист човека

Иако је у класи сисара развиће веома разноврсно, могуће је извући једну општу шему: јајна ћелија сазрева тек после спајања са сперматозоидом. До оплођења долази у почетном делу јајовода. Зигот се креће кроз јајовод ка утерусу. Само неколико сати по завршетку оплођења почиње браздање и образује се типична морула. Међутим, бластула је специфична, изграђена је од две врсте ћелија и назива се **бластоцист** (слика 50). Једна врста

тих ћелија учествује у образовању постељице или **плаценте**. Друга врста ћелија се у току даљег развића диференцира у клицине листове.

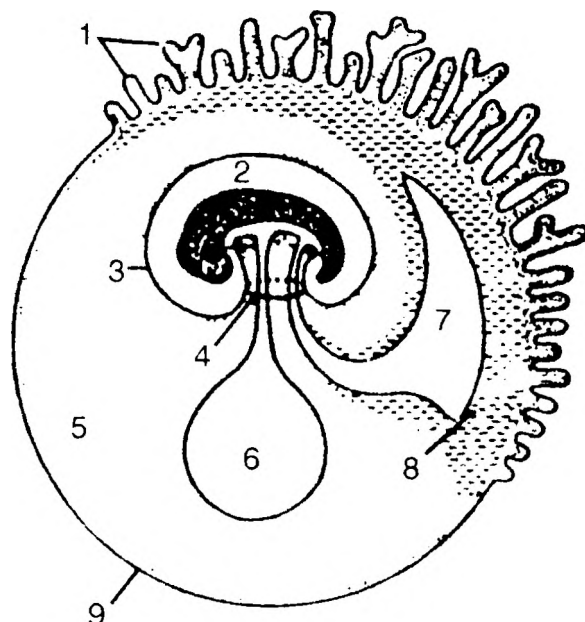
Изучавање специфичности најранијих ступњева у развићу ембриона сисара и човека је омогућено захваљујући новим методама истраживања. Данас се у овој области интензивно ради у великом броју лабораторија широм света. Добијени резултати успешно се користе за лечење стерилитета, вештачко оплођење, пренаталну дијагнозу различитих генетичких поремећаја итд.

ЕМБРИОНАЛНИ ОМОТАЧИ КОД СИСАРА

Ембрион сисара и човека је у утерусу обавијен посебним екстраембрионалним органима, ембрионалним завојима или феталним мембранама. Ембрионални завоји настају врло рано од клициних листова. Витални процеси – исхрана, дисање и одстрањивање штетних материја (продуката метаболизма), одвијају се управо преко ових завоја и крвотока мајке.

Део ћелија бластоциста омогућава урастање ембриона у зид утеруса. Ове ћелије садрже специфичне хидролитичке ензиме који разграђују зид утеруса и олакшавају урастање. У периоду гаструлације, када се образује ембрионални мезодерм, издвајају се и ћелије екстраембрионалног мезодерма, које са посебним ћелијама ембриона граде **хорион**. Хорион развија многобројне **хорионске ресице** које урастају у зид утеруса. Између крвотока хорионских ресица и крвотока мајке постоји **опна плаценте**, која спречава мешање крви плода и мајке. Код различитих врста сисара распоред ресица може бити дифузан, у виду котиледона, појасева ћелија или у облику диска.

Амнион је ембрионални омотач који се образује врло рано, код човека 12 – 14 дана после оплођења. Код различитих врста сисара амнион се образује на различите начине, а најчешће набирањем леђне стране ембриона. У састав зида амниона улазе ектодерм и мезодерм, али им је распоред обрнут. Ектодерм се налази са унутрашње стране, а мезодерм са спољашње стране. Амнион је испуњен **амнионском течношћу** или плодовом водом у којој се ембрион развија. Плодова вода штити ембрион од исушивања и механичких повреда (слика 51).



Слика 51. – Ембрион плаценталног сисара окружен ембрионалним опнама: 1 – вили, 2 – амнионска дупља, 3 – амнион, 4 – пупчана врпца, 5 – екстраембрионални целом, 6 – жуманцетна кеса, 7 – алантоис, 8 – алантоиски мезодерм, 9 – хорион

Вителусна или жуманцетна кеса настаје у исто време када и амнион и у почетку представља испупчење ектодерма.

Касније се ектодерм прекрива екстраембрионалним мезодермом. Код сисара жуманцетна кеса губи примарну улогу у исхрани ембриона и редукује се. У њеном мезодерму образују се први елементи крви, а у ектодерму – примарне гоноците, герминативне ћелије које ће дати гамете.

Алантоис настаје од истих делова, ектодерма и мезодерма, као и амнион. Код ембриона човека развија се око 21. дана ембриогенезе. Његова ектодермална компонента атрофира, док се мезодермални део развија и шири, залазећи у хорионске ресице. Заједно са мезодермом ресица алантоис учествује у образовању крвних судова, преко којих се успоставља веза између мајке и плода.

РАСТ И ДИФЕРЕНЦИЈАЦИЈА ЋЕЛИЈА

Живот сваког вишећелијског организма почиње оплођеном јајном ћелијом – зиготом. У зиготу се налази јединствена комбинација гена нове јединке, формирана од генома гамета родитеља и карактеристична само за ту јединку. Зато не постоје две јединке са истом комбинацијом гена у диплоидној гарнитурџ хромозома. Чак и код једнојајних близанаца, који имају исту генетичку основу, комбинације гена су у извесном малом проценту различите. Зигот садржи генетичку

информацију која треба да се реализује пре свега током ембрионалног и феталног периода живота, а и касније, током постембрионалног развоја.

Ембрион човека се, такође, дугим и сложеним процесима развија из зигота. Најзначајнији процеси који се одвијају у току тог развоја су: умножавање ћелија или раст, диференцијација (специјализација) ћелија и обликовање нове јединке (морфогенеза). У вези са овим процесима, у биологији развића се поставља неколико веома важних питања: Како од једне ћелије, зигота, настаје сложен организам изграђен од више милијарди ћелија? Како се те ћелије специјализују и добијају специфичан облик и функцију? Како се распоређују у одређене делове организма? Како се организују у посебна ткива и органе, у којима њихова функција долази до изражаја?

Зигот је тотипотентан, што значи да располаже могућностима за развој новог организма. У току браздања, са сваком новом деобом, потенције бластомера се смањују у односу на зигот. Раније или касније, у зависности од врсте којој припада ембрион, способности ћелија се свде само на једну могућност у развоју, што значи да постају унипотентне. Диференцирана ћелија има посебне морфолошке и физиолошке карактеристике по којима се разликује од осталих ћелија. Она има одређен облик и величину, а добила је способност да обавља посебну функцију.

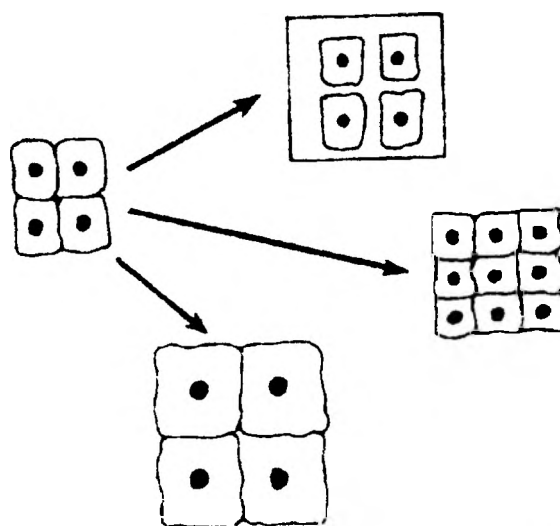
Истраживања у овој области су показала да се диференциране ћелије разликују међу собом према томе које и какве специфичне протеине синтетизују. Ћелије неких ткива синтетизују велике количине специфичних протеина, а неке их синтетизују у сасвим малим количинама. Једне своје протеине излучују директно у крв, док их друге избацују у спољашњу средину или у међућелијски простор. Црвена крвна зрнца се углавном састоје од хемоглобина (90%). Ћелије јетре синтетизују мале количине ензима детоксикације. Хормони са протеинском основом излучују се из ћелија директно у крв. Ензими варења синтетизују се у жлезданим ћелијама пљувачних жлезда, јетре, егзокриног панкреаса и одводним каналима се излучују у цревни канал, где обављају своју функцију. Ћелије везивног ткива синтетизују колаген који се таложи у међућелијским просторима. Према томе, диференцирана ћелија је специфична по врсти протеина који синтетизује, а тиме и по функцији коју у склопу ткива и органа обавља у организму.

Све ћелије настају деобом зигота који садржи 2n хромозома, што значи да и све телесне ћелије садрже исту диплоидну хромозомску гарнитуру, односно исте гене. Јасно је онда да у свакој диференцираној ћелији функционишу само одређени гени, карактеристични за ту ћелију, односно ткиво или орган, а да су скоро сви остали гени искључени из функције. То значи да постоје врло прецизни механизми контроле активности гена, који у одређено време и на одређеном ме-

сту (у одређеној ћелији) једне гене укључују у рад, а друге искључују. За сада су ови механизми најмање јасни. Зато је познавање механизма молекуларне основе контроле активности гена један од основних проблема савремене биологије. Решење ових проблема вероватно се налази у анализи и изучавању деловања садржаја појединих делова цитоплазме јајне ћелије на једро зигота. Постоје неки докази да квалитативно различита цитоплазма може да утиче на диференцијацију, при чему је јасно да је диференцијација ћелија под генетичком контролом.

Подаци добијени истраживањима обављеним током последњих десетак година показују да је и раст, помоћу кога се обликују ткива, органи, ембрион у целини, а тиме и читав организам, такође условљен синтезом специфичних протеина, односно да се налази под контролом наследне основе. Осим тога, на раст утичу и други различити чиниоци, пре свега хормони и исхрана.

Раст се јавља као последица три основна процеса: умножавања ћелија деобом, повећања масе самих ћелија и повећања количине међућелијског садржаја (слика 52). У току морфогенезе сви ови процеси се најчешће одвијају истовремено. На пример, ако је маса слона око 4 000 пута већа од масе миша, утврђено је да слон има око 500 пута већи број ћелија и да су оне око осам пута веће од ћелија миша.

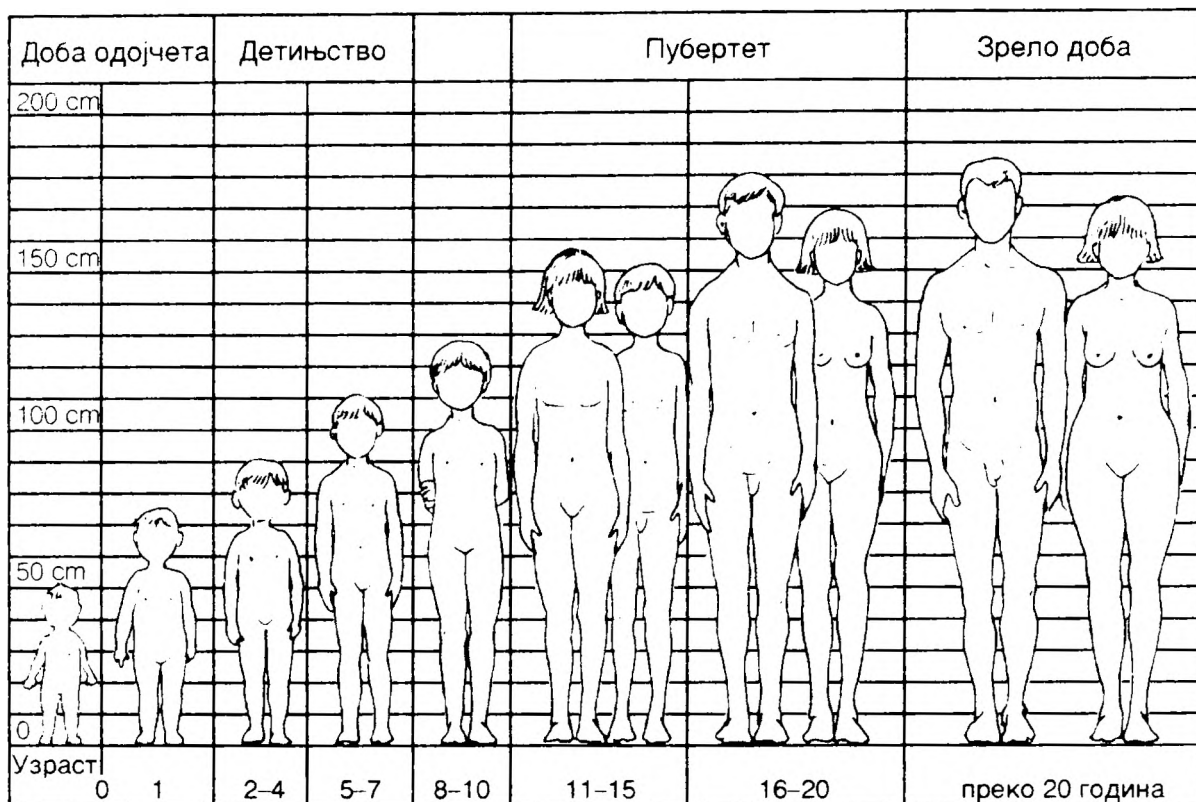


Слика 52. – Шематски приказ типова раста ћелија

У почетним стадијумима развића ембриона све ћелије имају способност деобе. С диференцијацијом ткива и органа оне у већој или мањој мери губе ту способност, тако да број деоба опада. У току постембрионалног развића многе ћелије се још релативно често деле јер организам расте деобом ћелија. Касније, ћелије углавном престају да се деле и само потенцијално задржавају ту способност. Нервне ћелије престају да се деле још пре рођења (слика 53).

Ћелије имају ограничен број деоба, а затим улазе у период интензивног метаболизма, чиме увећавају своју масу. Код кичмењака је раст ћелија као фактор раста органа заступљен само код неких ткива.

Накупљање међућелијске супстанце, као механизма раста, најизраженије је при образовању хрскавице.



Слика 53. – Растење организма

Морфогенетски процеси, који се састоје у померању група ћелија на места на којима ће се образовати одређени органи, зависе од диференцијалног раста различитих делова ембриона. Познато је, наиме, да сви делови ембриона не расту истовремено и подједнаком брзином. То значи да је и процес морфогенезе строго генетички контролисан.

Постоје подаци о макромолекулама који регулишу раст. До њих се дошло испитивањем малигних ткива, али је доказано да и нормална ткива синтетизују такве супстанце, само у мањим количинама. Неки гени за факторе раста су мапирани, тј. одређено је њихово место у геному. Познато је да неки од њих у једном ткиву стимулишу, а у другом коче раст, док неки делују само на одређен тип ћелија. Досадашња испитивања указују на сличност у грађи делова молекула регулатора раста у читавом живом свету. То би значило да су основни механизми који делују у току ембриогенезе свих вишећелијских организама у основи слични. Међутим, са усложњавањем организма у току еволуције усложњавали су се и процеси развића ембриона, а заједно с њима и макромолекули који контролишу развиће. Морали су, дакле, да еволуирају и гени који контролишу биосинтезу оних макромолекула који контролишу раст. Зато се међу њима јављају разлике, иако су у основи слични.

Развиће сваког организма зависи од тачности информација садржаних у геному плода. Те информације се преводе у бројне структурне и функционалне протеине, од чијег биолошког квалитета зависи успе-

шност развића. Грешке у генетској основи могу довести до прекида ембрионалног развића, односно смрти плода, или до рађања јединке са урођеним аномалијама. Осим тога, до грешака у развићу може доћи под утицајем различитих фактора средине. Код човека, плод је у феталном периоду мање осетљив и на генетичке грешке и на деловање фактора средине. Међутим, органи који у том периоду сазревају, а то су мозак и полне жлезде, и даље остају веома осетљиви.

ПОСТНАТАЛНИ ПЕРИОД

Период живота јединке после изласка из јајних опни или екстраембрионалних завоја означен је као постембрионално развиће. За фетус човека то је постнатални период који почиње рођењем. Због специфичности промена које се дешавају у току рађања, период непосредно пре и после рођења означен је као **перинатални**.

Рађање. – Период развоја плода у телу мајке или трудноћа код људске врсте траје 256 – 280 дана (у просеку 270 дана, односно девет месеци). За то време беба достиже дужину 48–56 cm, а тежи између 2,8 – 3,5 kg. Амнионске течности има око 2 l, а плацента тежи око 1.8 kg. Пупчана врпца је дуга око 60 cm. Све су ове вредности просечне и одступања нису ретка.

Непосредно пре рођења плод заузима специфичан положај, с главом надолу. То је најпогоднији начин за излазак бебе из тела мајке. Могући су и други положаји плода, али они у извесној мери отежавају сам порођај.

Порођај почиње тзв. трудовима, грчењем мишића материце и прскањем амниона, чиме се ослобађа плодова вода. Контракције мишића за око шест часова истискују плод према родници. Он при томе ротира и појављује се потиљком, с лицем окренутим надолу. Најпре лагано излази глава, затим рамена, кукови и најзад доњи удови. Одмах по рођењу пресеца се пупчана врпца, а пупак новорођенчета се заштићује од инфекције. После чишћења дисајних органа, благим ударом новорођенче се подстакне да удахне ваздух. Око пола часа касније, контракцијама мишића материце елиминише се плацента. Наредних неколико недеља материца се скупља и самњује на нормалну величину (она је расла заједно са ембрионом).

Порођај изазива посебан хормон хипофизе, који у одређеном тренутку делује на зид материце изазивајући њено грчење. Хормони делују и на млечне жлезде, па најчешће одмах после порођаја оне почињу да луче млеко којим се новорођенче храни.

Рађање је нормалан и природан чин који се лако и успешно завршава ако је трудница добро припремљена. При здравственим установама постоје посебни центри за припрему трудница за безболан порођај.

Неонатални период. – Ово је период од рођења до краја прве године живота новорођенчета. Дете се у том периоду назива дојенче јер се углавном храни мајчиним млеком. То је доба најинтензивнијег раста. На крају прве године живота дете има висину око 75 cm и тежи око 12 – 14 kg, што значи да је око четири пута увећало тежину у односу на тежину при рођењу.

Јувенилни период. – У овом периоду или добу детињства се брзо развијају психофизичке способности детета. Почетком друге године живота дете научи да хода, изговара прве речи, развија се моторика и покрети постају складнији и уравнотеженији, развија се памћење и разликују појмови, а мишљење је на нивоу конкретног. У то време се развија и способност разликовања боја. Јувенилни период траје до седме године живота.

Претпубертет. – Од осме године живота код деце се дешавају значајне психофизичке промене. Дете полази у школу, учи да чита и пише, добро памти и логички закључује. У овом периоду растење је прилично равномерно. Пред крај претпубертетског периода појављују се први знаци секундарних телесних карактеристика пола и дете лагано прелази у следећу фазу развоја.

Пубертет. – Пубертетски период почиње код девојчица око 12, а код дечака око 13. године. У току ове фазе секундарне телесне одлике пола се развијају до краја. Деца нагло расту, карактеристично је нагло издуживање костију удова које често није праћено одговарајућим развојем мускулатуре. Зато деца понекад изгледају несразмерно, а покрети су им незграпни. Ово је период физиолошких промена у полним жлездама које почињу да луче полне хормоне. Код дечака то изазива појаву маља на лицу, развиће Адамове јабучице, ширење раменског појаса, а глас им постаје дубљи. Код девојчица се јавља менструација, развијају се дојке и шири карлични појас. И код једних и код других развијају се маље у пазушним јамама и стидном пределу. Уочавају се јасне промене у понашању. Пубертет као завршетак периода адолесценције означава биолошку, односно полну зрелост.

Тек после пубертета хормони устаљују своју активност, а психичко сазревање достиже пуну зрелост. Овај период, који траје до 16 – 18. године, означен је као **постпубертет**.

После 20. године наступа период одрасле јединке или **адултни период**.

СТАРЕЊЕ ОРГАНИЗМА И СМРТ

Процес старења почиње рођењем и траје до смрти. Код младих особа овај се процес теже запажа, јер у младости и раној зрелости већина ћелија активно и усаглашено функционише. Видљиви знаци старења су: губитак еластичности кожног ткива, атрофија функције полних жлезда и смањење количине хормона које оне луче, смањење покретљивости скелета итд. Промене се јављају и у функцији унутрашњих органа. Ћелије губе способност деобе и многе изумиру, а не замењују се новим. Ћелије нервног ткива и чулне ћелије у току живота постепено умиру јер су високоспецијализоване и уопште се не деле. Зато функције нервног и чулног система лагано слабе током читавог живота.

Дужина живота људи зависи од начина живота, квалитета исхране, хигијенских услова, али и од наследних фактора.

Анализе су показале да се за последњих 1 000 година потенцијална дужина живота људи није значајно променила. До краја XIX века људи су живели просечно два пута краће. У данашње време средња дужина живота се повећала, посебно у развијеним срединама. Побољшање услова живота и напредак медицине, нарочито кад је реч о сузбијању заразних болести, омогућују да већи број људи живи преко 70 година. Постоје примери изузетне дуговечности у неким крајевима света.

Старење је универзални биолошки процес и представља природну етапу у животном циклусу сваке јединке. Може се схватити као реакција организма на измењене услове средине, и то на сасвим одрђен начин, у оквиру генетичке конституције организма.

Научна истраживања проблема старења усмерена су на решавање питања да ли се у току онтогенезе, а нарочито у току старења, јављају промене у иначе релативно стабилном генетичком материјалу. Резултати показују да су промене на генетичкој основи значајан фактор у процесу старења.

Према савременим схватањима, старење је условљено унутрашњим механизмима који ограничавају дужину живота телесних ћелија. Постоје докази да процес старења контролише једро. И поред тога што се са изузетком нервних и мишићних ћелија, све ћелије замењују (једне изумиру, а нове се јављају), то организм не чини млађим.

Већ неколико деценија пажњу научника заокупља теорија која процес старења повезује са повећањем броја грешака у ДНК хромозома у телесним ћелијама. Ова теорија је постављена на основу експеримената с јонизујућим зрачењем којим се изазивају соматске мутације и скраћења дужине живота експерименталних животиња. Постоји претпоставка да с повећањем броја мутација у ћелијама долази до њихове интеракције, што оштећује организм.

Данас се све више обраћа пажња на једну врсту специфичних повреда које настају тако што се успостављају унакрсне везе између макромолекула: између делова самог ДНК молекула, између ДНК и протеина или између самих молекула протеина који се налазе у саставу хроматина. Број ових унакрсних веза се временом увећава. Оне спречавају нормалну функцију макромолекула, могу бити узрок соматских мутација и могу изазвати поремећаје репликације ДНК. Као резултат ових промена јавља се старење.

О генетичкој контроли старења постоји много експерименталних доказа. Они указују на то да постоји веза између генетичке нестабилности и старења. Накупљање промена у хроматину, као што су генске и хромозомске мутације, прекиди ланца ДНК и слично, вероватно је последица поремећаја система за поправку оштећења на молекулу ДНК. Капацитет тог система је у позитивној корелацији са дужином живота. Врсте чији организми дуже живе имају ефикаснији систем опорављујућих или репер-ензима, а ефикасност овог система је неколико пута већа у репродуктивним него у осталим телесним ћелијама.

Проблем старења се и даље изучава. Треба напоменути да је старење ћелија и организма веома сложен процес. Генетска нестабилност вероватно није једини узрок процеса старења, јер постоји снажна интеракција између генетских и других чинилаца који управљају овим процесом.

Живот сваког организма завршава се смрћу. Под појмом смрти подразумева се гашење и престанак свих животних функција. Клиничка смрт манифестује се прекидом најзначајнијих физиолошких процеса: дисања, рада срца, активности нервног система. Биолошка смрт је престанак живота свих ћелија и она наступа више часова после клиничке смрти. Умирање је природан закон који се односи на свако живо биће. Бесмртност не постоји и она се у процесу еволуције не фаворизује јер би довела до уништења биолошких врста и престанка еволуције.

ОСНОВИ ГЕНЕТИКЕ

МОЛЕКУЛСКЕ ОСНОВЕ НАСЛЕЂИВАЊА

Наука која се бави проучавањем законитости наслеђивања и варијабилности особина код организама назива се **генетика** (лат. *genesis* – порекло). Развиће особина одређују **гени**. Они се налазе у једарним хромозомима и састоје се од делова једне од нуклеинских киселина – ДНК или РНК (ова друга само код неких вируса).

Молекули нуклеинских киселина, посебно дезоксирибонуклеинске киселине или ДНК, треба да поседују три основне особине да би се могли назвати наследном супстанцом, а то су:

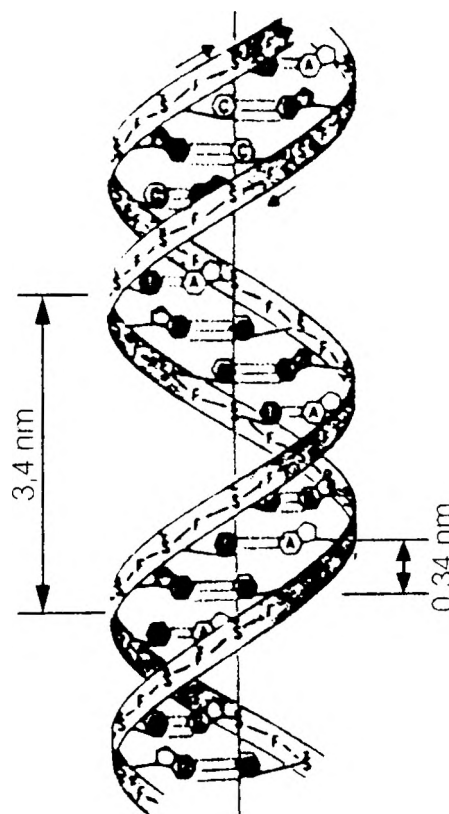
- способност саморепродукције;

- поседовање генетичке информације која обезбеђује развиће јединке;

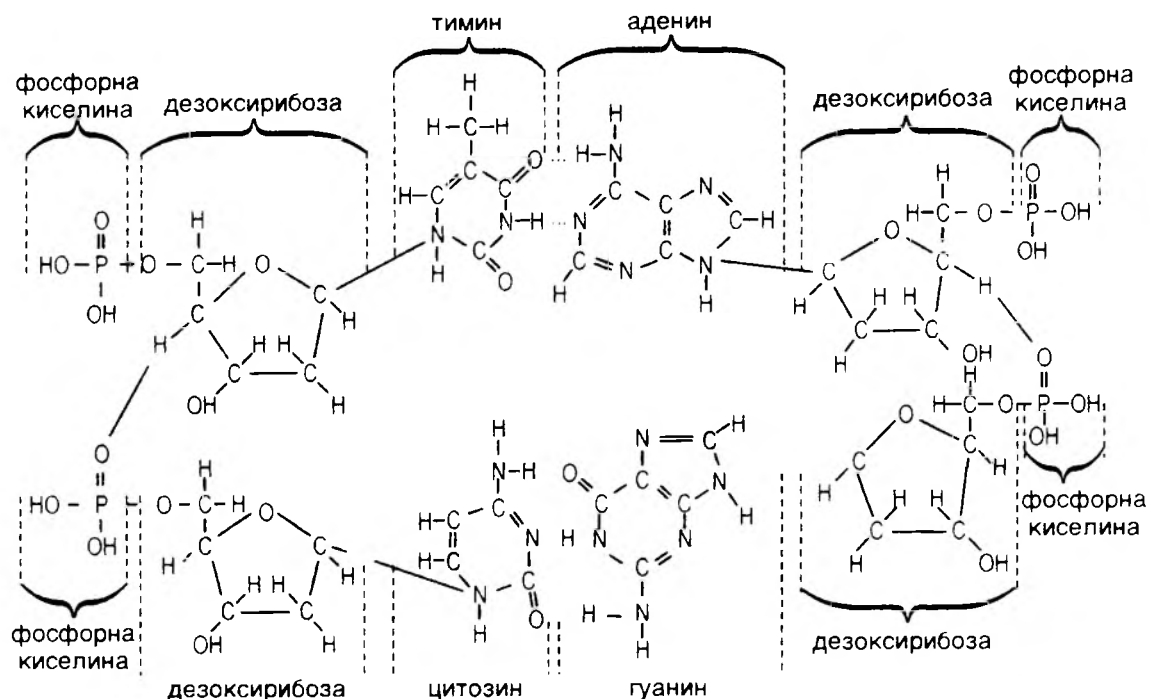
- способност мењања структуре и функције, чиме се остварује варијабилност у природи и њихова еволуција.

На основу Вотсоновог и Криковог открића из 1953. године може се видети да се молекул ДНК састоји од два међусобно увијена полинуклеотидна ланца, у којима се смењује низ од укупно четири нуклеотида (аденин, тимин, гуанин, цитозин) који су наспрамно повезани водоничним везама (A=T, G=Ц) (слика 54 и слика 55).

Гени су поједини сегметни молекула ДНК. Сваки ген има одређено место у овом молекулу, као и у једном од ћелијских хромозома.

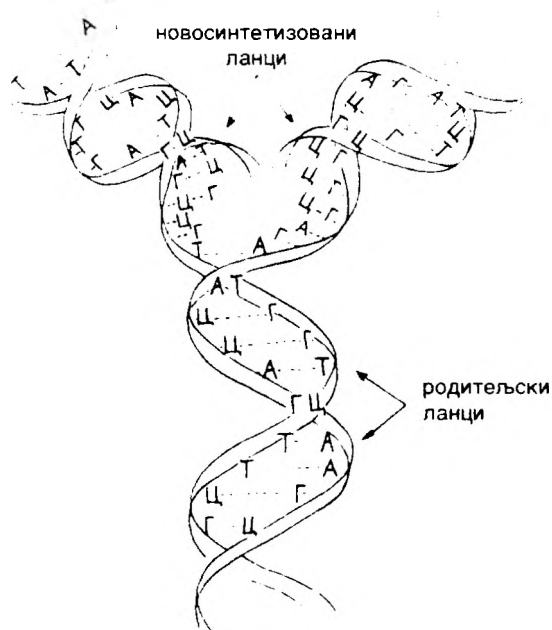


Слика 54. – Део молекула ДНК са спиралном структуром која настаје повезивањем узастопних нуклеотида



Слика 55. – Повезивање два пара нуклеотида из наспрамних ланаца ДНК

Гени се у просеку састоје од 400 до 1 800 парова нуклеотида. Генетичку информацију представља јединствен редослед нуклеотида од којих су гени састављени. Редоследом ових нуклеотида касније се одређује редослед аминокиселина у једном од протеина (тј. полипептида), у чему се и састоји основна функција гена. Један од посредника у овом процесу су молекули рибонуклеинске киселине (РНК), који су примарни производ гена.



Слика 56. – Удвајање молекула ДНК

Репликација (удвајање, репродукција) ДНК врши се код еукариота у интерфази ћелијског циклуса. Удвајању молекула претходи расплитање двојноспирализованог ланца ДНК, које се врши од једног ка другом крају овог молекула. При томе долази до раскидања водоничних веза међу наспрамним нуклеотидима, тако да се постепено раздвајају два комплементарна полинуклеотидна ланца, стварајући тзв. Y-формације које су уочене и под електронским микроскопом (слика 56).

Ензим ендонуклеаза засеца једну од нити ДНК на одређеном месту. После тога почиње њено

расплитање, које се, такође, одвија уз помоћ специфичних ензима. За обе отворене нити почињу да се везују слободни нуклеотиди који се налазе у нуклеоплазми (А за Т, Ц за Г, и обратно), за шта, преко водоникових веза, није потребна посебна енергија. Повезивање нуклеотида у низ обавља се уз помоћ ензима ДНК-полимеразе III, и то у секвенцама од по око 1 000 нуклеотида. Пошто овај ензим врши своју функцију само у одређеном ($5' - 3'$) правцу, синтеза полинуклеотида се врши на једном ланцу у правцу одвијања, а на наспрамном ланцу иде у супротном смеру. Осим тога, ензим ДНК-poly-III не може да се веже за почетни део огољене матрице наспрамног ланца ДНК, већ се за њу претходно везује кратак сегмент РНК, који је штити. То место препознаје специјална форма РНК-полимеразе, тзв. **примаза**, после чега ДНК-poly-III може на том делу да повеже дезоксирибонуклеотиде. Овај ензим при вршењу своје функције наилази и на погрешно везане нуклеотиде, после чега се враћа натраг, разори те нуклеотиде (у $3' - 5'$ правцу) и поново врши полимеризовање у $5' - 3'$ правцу пошто се успостави правилан редослед нуклеотида. Тиме се постиже изузетна тачност у грађи ланца ДНК, тако да се на сто милиона до милијарду правилно спарених нуклеотида нађе само по један који не одговара А – Т или Г – Ц односу.

Мутације, или промене у ДНК, заснивају се на овим ретким грешкама које се дешавају током репликације. Стопа мутације по нуклеотиду износи 10^{-8} – 10^{-9} , а када се она обрачуна по гену, просечна вредност је 10^{-4} – 10^{-6} . Те релативно ретке грешке при репликацији молекула ДНК представљају важан извор генетичке разноврсности организама. На њима се заснива и фенотипска разноврсност свих живих облика на Земљи. Тако се успоставља равнотежа између поновљивости наслеђених структура у оквиру организама исте врсте (коју обезбеђује процес репликације ДНК) и њихове променљивости, која се заснива на ретким мутацијама у генима.

ГЕНЕТИЧКА КОНТРОЛА МЕТАБОЛИЧКИХ ПРОЦЕСА

Живот сваке ћелије, као и организма у целини, обезбеђује се производима хиљада биохемијских реакција. Тим реакцијама успоставља се грађа појединих ћелија, обезбеђује се енергија и осигурава одвијање животних процеса као што су развиће и размножавање организма. Биохемијске реакције се одвијају уз помоћ биокатализатора или ензима, чију хемијску структуру чине молекули протеина.

Поред способности да репродукује саму себе и да се у извесном степену мења, ДНК располаже и способношћу детерминације фенотипа, јер тиме контролише синтезу специфичних протеина. Генетичка информација којом се одређује какав протеин треба синтетисати у цитоплазми налази се у ДНК једра. Према томе, неопходно је да се изврши пре-

ношење генетичке информације из једра у цитоплазму ћелије, што се постиже преко примарног продукта ДНК – молекула РНК.

Преношење генетичке информације одвија се у две сложене етапе. У првој, информације о грађи одређене секвенце ДНК, коју чини, на пример, један ген, пресликавају се на редослед нуклеотида у информационој РНК (иРНК), али исто тако и на остала два типа РНК (транспортној и рибозомној). Тај процес назива се **транскрипција** (лат. *transcriptio* – преписивање), при чему се наспрам низа нуклеотида једнога од ланаца ДНК (нпр. АТЦГЦЦТТАГ...) формира низ нуклеотида једноланчане РНК (тј. УАГЦГГААУЦ...). У другој етапи се шифра коју садржи иРНК преводи у одговарајућу структуру протеина, изражену редоследом аминокиселина. Редослед АК (аминокиселина) зависи од редоследа нуклеотида у иРНК, а овај од генетичке информације коју је примио од одговарајућег гена, тј. од његовог редоследа нуклеотида. Процес формирања полипептидних ланаца у протеину на основу структуре молекула иРНК назива се **транслација** (лат. *translatio* – превођење).

Транскрипција или синтеза РНК одвија се на сличан начин као и удвајање ДНК, само што овде као калуп (матрица) служи један део молекула ДНК, односно ген са просечно 1 000 нуклеотида, а не цео молекул. Два ланца ДНК се на месту датог гена раздвоје, а по завршеној синтези молекула РНК поново се спајају, и тај процес може да се понови на истом или неком другом делу ДНК. Синтеза се врши на само једној од двеју нити, чиме је обезбеђена поновљивост грађе примарног продукта ДНК. За разлику од репликације, транскрипција подразумева и препознавање самог почетка гена који треба транскрибовати, тј. преписати. Посебан ензим, РНК-полимераза, препознаје секвенцу нуклеотида испред одговарајућег гена, која садржи већи број АТ него ГЦ парова. Ензим затим почиње да полимеризује слободне рибонуклеотиде који су се поставили наспрам ДНК матрице одговарајућег гена. На завршетку транскрипције ензим наилази на секвенцу нуклеотида типа ААААА, при чему и један протеински фактор мења конфигурацију РНК-полимеразе и помаже да се она одвоји, тј. да се транскрипција оконча.

БИОСИНТЕЗА ПРОТЕИНА

Синтеза једног протеинског ланца зависи од састава молекула иРНК насталог на оном делу ДНК који носи шифру за тај протеин. Тај део ДНК назива се **ген**. Транскрипцијом се преписује упутство за редослед аминокиселина у будућем протеинском ланцу, а са молекула иРНК одговарајућа генетичка информација преводи се на редослед АК током процеса транслације.

Генетичку шифру или **код** чине групе од по три нуклеотида у ДНК. Део гена са, на пример, тридесет нуклеотида садржи десет таквих кодова. Одговарајући део иРНК садржаће, такође, десет триплета нуклеотида, који се називају **кодони**. На једном од делова транспортне РНК, која има свега 70–90 нуклеотида и преноси једну од аминокиселина са периферије цитоплазме до рибозома, такође се налази специфични триплет нуклеотида – **антикодон**. Шифра којом редослед нуклеотида у иРНК условљава везивање АК у процесу трансляције приказана је у табели 1.

Табела 1. – ШИФРА КОЈОМ РЕДОСЛЕД НУКЛЕОТИДА У иРНК УСЛОВЉАВА ВЕЗИВАЊЕ ОДГОВАРАЈУЋИХ АМИНОКИСЕЛИНА У ПРОЦЕСУ ТРАНСЛАЦИЈЕ

Аминокиселина	Кодови у информационој РНК					
Аланин	ГЦУ	ГЦЦ	ГЦА	ГГГ		
Аргинин	ГГУ	ЦГЦ	ЦГА	ЦГГ	АГА	АГГ
Аспарагин	ААУ	ААЦ				
Аспарагинска киселина	ГАУ	ГАЦ				
Цистеин	УГУ	УГЦ				
Глутаминска киселина	ГАА	ГАГ				
Глутамин	ЦАА	ЦАГ				
Глицин	ГГУ	ГГЦ	ГГА	ГГГ		
Хистидин	ЦАУ	ЦАЦ				
Изолеуцин	АУУ	АУЦ	АУА			
Леуцин	УУА	УУГ	ЦУУ	ЦУЦ	ЦУА	ЦУГ
Лизин	ААА	ААГ				
Метионин	АУГ					
Фенилаланин	УУУ	УУЦ				
Пролин	ЦЦУ	ЦЦЦ	ЦЦА	ЦЦГ		
Серин	УЦУ	УЦЦ	УЦА	УЦГ	АГУ	АГЦ
Треонин	АЦУ	АЦЦ	АЦА	АЦГ		
Триптофан	УГГ					
Тирозин	УАУ	УАЦ				
Валин	ГУУ	ГУЦ	ГУА	ГУГ		

Транспортне РНК имају улогу преносилаца аминокиселина, али и улогу преводилаца, јер се АК везане за њих уграђују у полипептидни ланац редоследом кодона у иРНК. На пример, за кодон ГЦЦ веже се својим ЦГГ антикодоном тРНК-АК аланин, а за следећи УУУ кодон везаће се, поред претходног, тРНК-АК фенилаланин итд. Спајање АК у полипептидни ланац одвија се у рибозомима који се састоје од рибозомске РНК и неколико врста протеинских молекула.

већа ефикасност: формира се систем рибозома који је означен као *йо-лирибозом* или *йолизом*, а у њему се синтетизује већа количина истих полипептидних ланаца потребних ћелија.

Пошто нуклеинске киселине садрже свега четири нуклеотида (АТЦГ код ДНК и АУЦГ код РНК), могуће је да се оствари 4^3 врсте триплета, тј. 64 кодова, кодона или антикодона. Реално постоји 61 врста транспортних РНК, способних да вежу једну од 20 аминокиселина (слика 57).

Однос ДНК – РНК – ПРОТЕИН представља **основну догму** молекуларне биологије. Модерна истраживања утврђују читав низ детаља о остварењу ове догме, уз извесна одступања код вируса чији се генетички материјал састоји од РНК.

ГЕНИ, ГЕНОТИП И ФЕНОТИП

Према класичном концепту ген представља јединицу:

- генетичке структуре организма,
- физиолошке функције,
- мутације.

Ћелијски хромозоми су носиоци налседних чинилаца или **гена**, који у њима имају одређено место, грађу и функцију. У гену се могу десити мање промене у положају или редоследу нуклеотида, које могу онемогућити његово функционисање или довести до тога да ствара нешто измењен одговарајући протеин. Овакви различити облици једног истог гена називају се генски **алели** и на њима се заснива полиморфност свих организама. Сваки бисексуални организам садржи у паровима својих хомологих хромозома и парове одговарајућих гена. Ако они имају исте алеле – ген је у **хомозиготном** стању, а ако имају различите алеле – ген је у **хетерозиготном** облику. Од разноврсности генских алела зависиће број и квалитет њихових протеинских продуката, односно изражајност и разноврсност особина организама.

Свеукупност наследних чинилаца – гена који улазе у састав ћелијских хромозома једног организма, означена је као **генотип** тог организма. Скуп гена у његовим гаметима, тј. у једној гарнитури хромозома означава се као **геном**. Саме особине које одликују организм, било да се односе на његов изглед или на способност да обавља одређене функције, представљају **фенотип** тога организма. Фенотип зависи од комбинације наследних чинилаца које јединка (тј. зигот) при зачећу добија од својих родитеља, као и од чинилаца средине под којима се остварује њено развиће. Потомци не наслеђују од својих родитеља фенотип, већ могућности да га развију у одговарајућим условима средине.



Слика 58. – Изглед хромозома
у метафази

Генетички код је универзалан јер се ћелије свих биолошких врста, па чак и вируси, користе истом генетичком шифром (видети табелу 1). Синтеза протеина врши се на сличан начин у свим ћелијама организама – од бактерија до човека. Полипептидни ланци алфа и бета – хемоглобина састоје се од 141 и 146 аминокиселина и налазе се под контролом гена са 423, односно 438 парова нуклеотида, док ген за албумин са 615 АК садржи 845 нуклеотидних парова.

Ћелијски хромозоми, као носиоци гена, јесу органеле веома сложене грађе (слика 58). Састављени су углавном од молекула ДНК и протеина који су у њима на посебан начин испреплетени, тако да чине нуклеопротеин или хроматин. Хроматинска влакна су дебљине око 3nm и не могу се видети током већег дела ћелијског циклуса под светлосним

микроскопом. Тек када се хроматиде уздужно поделе и изувијају тако да дају штапићасте структуре дебљине преко 100 nm, постају видљиве под обичним микроскопом и тада их препознајемо као ћелијске хромозоме. Ово се дешава крајем интерфазе и почетком профазе ћелијске деобе, а дебљање (тј. спирализација ДНК) наставља се све до метафазе, после чега долази и до механичког раздвајања хроматида и њиховог одласка у кћери-ћелије са идентичним гарнитурама хромозома. Хромозоми вишећелијских организама (еукариота) имају знатно сложенију структуру од прокариота. Број и облик ћелијских хромозома су карактеристични за сваку врсту еукариота. На пример, телесне ћелије човека садрже по 46 хромозома, а јајне ћелије и сперматозоиди половину тог броја, тј. по 23 различита хромозома. Телесне ћелије миша имају по 40 хромозома (тј. 20 парова), ћелије воћне мушице дрозифиле само 8 хромозома, док ћелије црног дуда садрже чак 308 хромозома.

Разумевање генетичких процеса детерминације метаболизма и развића организма има кључни значај за објашњење настанка фенотипа из одговарајућег генотипа. Посебну улогу у овим процесима имају ензими као катализатори најважнијих процеса, чија је регулација стварања висококоординисана и условљена одговарајућом активношћу гена.

Начин на који се активирају поједини гени први су утврдили француски научници Жакоб и Моно (1961) проучавајући регулацију стварања три ензима код бактерије ешерихије, који доприносе растварању млечног шећера лактозе. Утврдили су интересантну чињеницу да се сва

три ензима стварају када је лактоза присутна у медијуму, а када ње нема – сва три обустављају своју активност. Нађено је да се гени који детерминишу стварање ових ензима (односно њиховог протеина) налазе у пакету један до другог и они су означени као **структурни гени**. Одвојено од њих налази се ген који регулише активност ова три гена, па је назван **регулаторним геном**. Протеин чије стварање одређује овај ген једним својим крајем се везује испред места у ДНК где почиње секвенца од три структурна гена (нпр. А, В, С) и то место је означено као **ген оператор (О)**. Испред њега се налази ген промотор (Р) за кога се везује РНК-полимераза, тако да она не може да прође преко оператора и да обави транскрипцију са А В С гена ако је за оператор везан протеински продукт регулаторног гена. Међутим, када се у ћелији (медијуму) нађе шећер лактоза, регулаторни протеин се одваја од оператора и везује се другим крајем за сам молекул лактозе, чиме се омогућује РНК-полимерази да обави транскрипцију на делу ДНК са три структурна гена. После тога њихове иРНК транслацијом оформе одговарајуће протеине, а они образују ензиме који почну да разлажу лактозу. Када се сва лактоза разложи на простије делове (глукозу и галактозу), регулаторни протеин се опет везује за оператор (О) и зауставља транскрипцију структурних гена, а тиме и стварање одговарајућих ензима.

Овај комплекс гена назван је **оперон**. Он обухвата: **ген регулатор...промотор...оператор...стр. ген (А)...стр. ген (В)...стр. ген (С)** и функционише по принципу повратне спреге.

Гени су код бактерија веома често организовани у виду оперона, са по једним регулаторним и више структурних гена. Код еукариота они су ретко када тако функционално груписани. Ту постоји већи број регулаторних гена, што омогућује да се више пута провери да ли ће неком структурном гену бити дато **наређење** да пренесе своју шифру на стварање одговарајуће иРНК и протеина. Од регулаторних гена зависи време трајања неког процеса, као и када ће се и колико ензима који катализирају те процесе синтетизовати. Сами структурни гени могу имати регулаторну улогу, и обратно, тако да међу њима не треба правити оштру разлику.

ОСНОВНА ПРАВИЛА НАСЛЕЂИВАЊА

Наслеђивање се прати посматрањем одређених особина током две или више узастопних **генерација**. При томе, генерација је период развића једне врсте организама од њиховог зачетка (тј. од оплођења јајне ћелије сперматозоидом) до момента када тај организам достигне полну зрелост.

Још током XIX века биолози су сматрали да оплођењем долази до општег мешања телесних течности родитеља, те да није могуће предвидети какве се комбинације особина могу остварити код потомака. Том

схватању се успротивио ботаничар Јохан Грегор Мендел (1866) тврдећи да се свака од многобројних особина организама налази под контролом специфичних **наследних чинилаца** који детерминишу развиће појединих одлика на сличан начин код родитеља и њихових потомака. После осам година експериментисања с баштенским грашком (при чему је пратио наслеђивање 22 различите особине) Мендел је показао да се наследни чиниоци различитих родитеља могу наћи заједно у телу њихових потомака, али се већ у следећој генерацији поново могу раставити и на нов начин комбиновати. Слободним комбиновањем ових чинилаца остварује се и комбиновање родитељских особина код потомака.

Појава да се особине растављају и слободно комбинују узима се као доказ да постоје посебни наследни чиниоци (тј. делићи тела) од којих зависи развиће и испољавање тих особина. Због тога се као два **основна правила наслеђивања**, које је доказао Мендел, узимају:

- правило растављања (особина, односно наследних чинилаца) и
- правило слободног комбиновања.

Применом ова два принципа наслеђивања могуће је предвидети какве се комбинације неких особина могу остварити код потомака F_1 и F_2 генерације ако се родитељи (P генерација) разликују у одређеном броју особина.

Јохан Грегор Мендел рођен је 1822. године у Моравској (садашња Чешка). По завршеној гимназији замонашио се у манастиру Св. Томас у Старом Брну. Заинтересован за природне науке, године 1851. одлази на Бечки универзитет, где током три године слуша предавања из физике, математике, зоологије, ботанике и других предмета. На имању манастира 1856. године започиње експерименте са укрштањем различитих варијетета грашка, на чему ради пуних осам година. У манастиру Св. Томас научним истраживањима бавило се неколико калуђера. Менделових савременика (нпр. из области физике). У пролеће 1865. године Мендел подноси саопштење пред Природњачким друштвом о својим експериментима на баштенском грашку, а 1866. објављује рад *Опреди о биљним хибридима*. Исте године упућује писмо чувеном швајцарском ботаничару Негелију, у коме указује на значај резултата које је добио. Преписка је трајала скоро пет година, али Мендел није успео у својим настојањима. До краја живота је поновио своје експерименте на још неколико биљних врста. Умро је 1884. године.

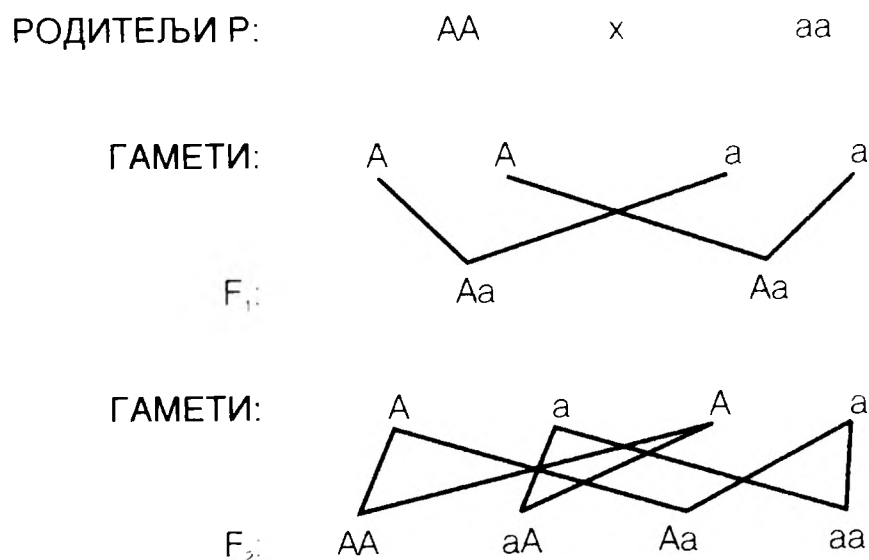
Мендел се одлучио да прати наслеђивање само особина (карактеристика или својстава) које се алтернативно испољавају (висока или ниска биљка, бео или љубичаст цвет итд). Определио се за 22 такве карактеристике, за које је оформио посебне линије и затим их међусобно укрштао. Резултате ових укрштања приказао је за седам особина.

На пример, прашнике с биљака које су увек давале округло (лоптасто) семе (AA – чиниоци) Мендел је стављао на тучкове биљака које су

се развиле из набораног семена (aa), уз уклањање (кастрацију) њихових сопствених прашника. Добијено семе (Aa – по Менделовој претпоставци) увек је имало округао облик (F₁ или прва филијална генерација). Када га је посејао, добио је 253 хибридне биљке, код којих је дозволио самооплођење (Aa × Aa). Семе развијено из ових цветова (F₂ или друга филијална генерација) било је већином округло (AA или Aa по Менделу), али је мањи број био наборан (aa), што је доказивало да у претходној генерацији није дошло до стапања праћених чинилаца који контролишу ове особине путем мешања телесних течности, већ до њиховог раздвајања и слободног комбиновања. На то указује чињеница да је у F₂ генерацији нађено око три пута више округлих него набораних семена (5 474 : 1 850). Овакав однос (3 : 1) Мендел је утврдио и код осталих шест карактеристика (табела 2 и слика 59).

Укрштањем грашка из леје која је увек давала биљке округлог и жутог семена (AABV) са оним из друге леје која је увек давала биљке набораног и зеленог семена (aabb) Мендел је добио у F₁ генерацији биљке које су искључиво личиле на првог родитеља (AaBb). Када је код њих спровео самооплођење (AaBb × AaBb), добио је у F₂ генерацији све четири по изгледу могуће групе биљака, и то у бројном односу који је потврђивао да се радило о слободном комбиновању наследних чинилаца који одређују развиће сваке од поменутих особина (видети слику 60):

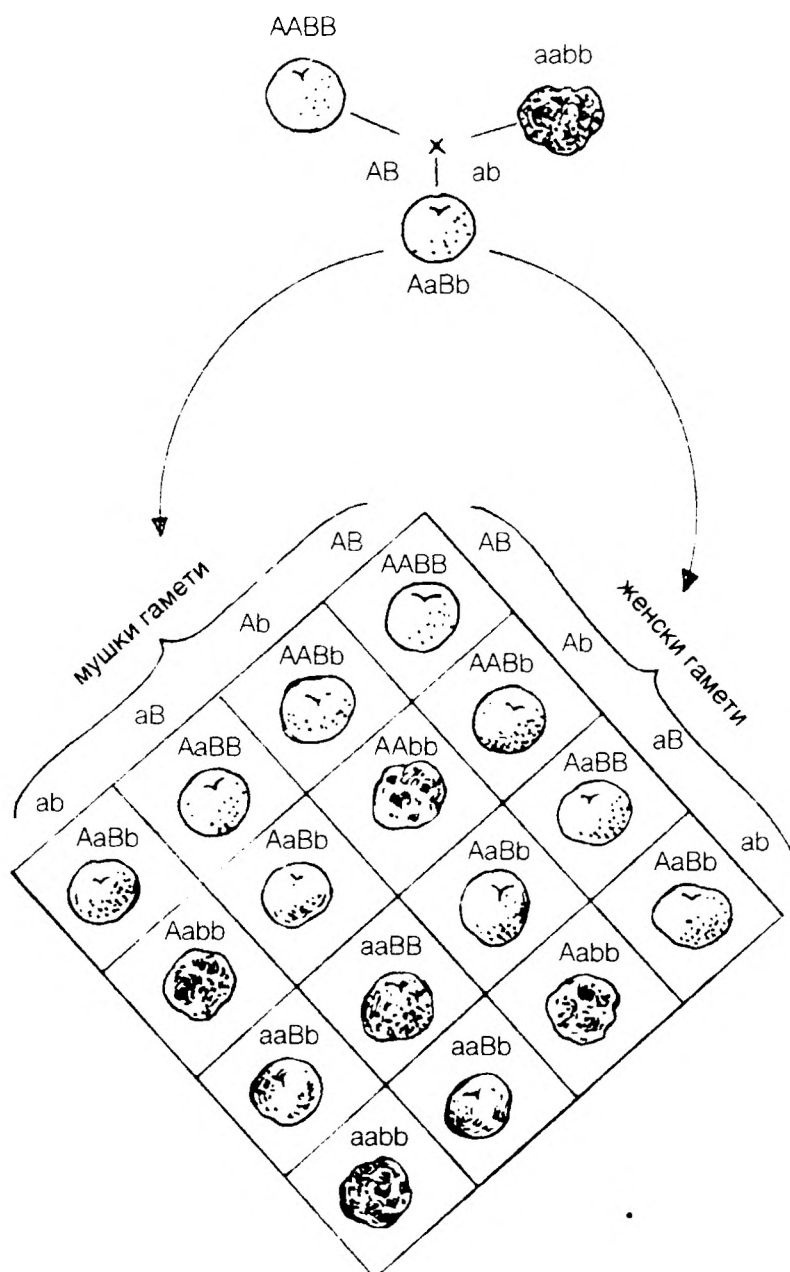
- 9/16 с округлим и жутим зрном (A-B-),
- 3/16 с округлим и зеленим зрном (A-bb),
- 3/16 с набораним и жутим зрном (aaB-),
- 1/16 с набораним и зеленим зрном (aabb).



Слика 59. – Шематски приказ монохбридног наслеђивања

Табела 2. – РЕЗУЛТАТИ ЕКСПЕРИМЕНАТА Г. МЕНДЕЛА

Особина	Резултат у F ₂ генерацији		Бројни однос
Облик семена	5 474 округла	1 850 набуцаних	2,96:1
Боја котиледона	6 022 жута	2 001 зелени	3,01:1
Боја омењаче	705 смеђих	224 беле	3,15:1
Облик махуне	882 набуцреле	229 са сужењима	2,95:1
Боја махуне	428 зелених	152 жуте	2,82:1
Положај цвета	651 аксијалан	207 терминалних	3,14:1
Висина стабљике	787 високих	227 кратких	2,84:1
УКУПНО:	14 889 доминантних	5 010 рецесивних	2,98:1



Слика 60. – Наслеђивање облика и боје семена код грашка

Од 556 овако прегледаних семена грашка, у другој филијалној генерацији Мендел је нашао да је 315 жутих и округлих, 108 жутих и набораних, 101 зелено и округло, 32 зелена и наборана, што у потпуности одговара теоријској претпоставци о партикуларном наслеђивању, од које је пошао када је започео своје експерименте.

Пратећи упоредо три особине, Мендел је у F_2 генерацији такође добио бројне односе који су одговарали очекиваној претпоставци да се **наследне партикуле** (тј. гени) слободно комбинују код потомака. Овде се могу остварити 64 комбинације, од којих:

- 27 дају све три доминантне особине (A-B-C-),
- 9×3 дају по две доминантне и једну рецесивну особину (нпр. A-Bcc-),
- 3×3 дају по једну доминантну и две рецесивне особине (нпр. A-bbcc),
- једна даје све три рецесивне особине (aa bb cc).

Ако са n означимо број чинилаца чије наслеђивање пратимо, број могућих фенотипских класа у F_2 генерацији биће 2^n , а број могућих генотипова (тј. комбинација наследних чинилаца) износиће 3^n . Тако ћемо при **монохбридном** наслеђивању у F_2 генерацији моћи да нађемо свега два фенотипа уз три генотипа (AA, Aa, aa), при **дихибридном** – четири фенотипа уз девет генотипова, при **трихибридном** – осам фенотипова уз 27 генотипова итд.

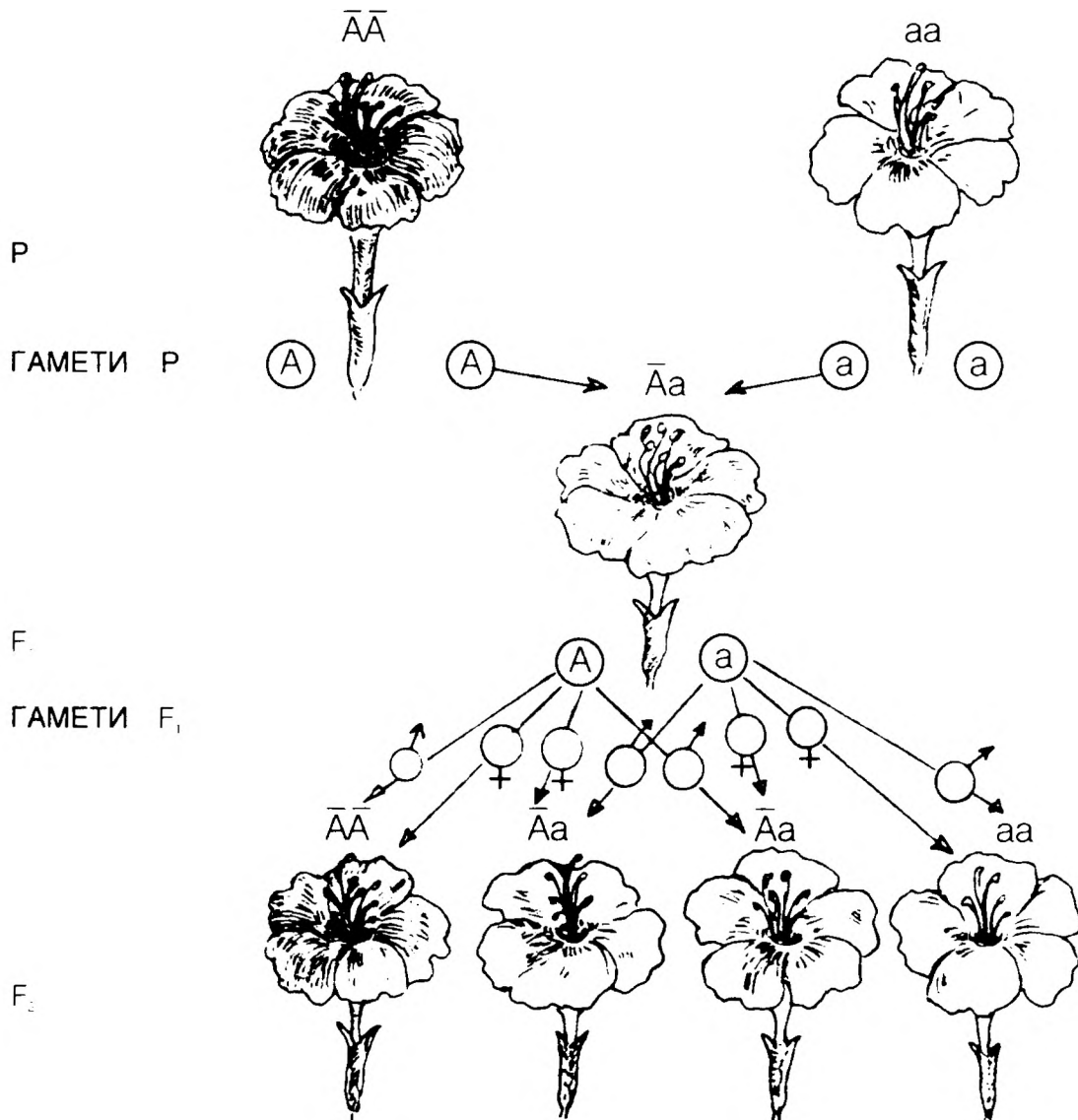
Пошто су величине и значај Менделовог експеримента схваћени и признати тек 1900. године (Де Фриз, Коренс и Чермак), ова се година узима као година „рођења“ генетике, науке која је током XX века допринела да се измене многа схватања о појавама у живој природи и да се објасне процеси које доскора нисмо могли да растумачимо.

Данас је познато да ћелије свих организама садрже у својим једрицама **хромозоме**, који су носиоци наследних чинилаца или гена чије је постојање доказао Грегор Мендел. Пошто ћелије баштенског грашка имају по седам парова оваквих хромозома, Менделу је успело да демонстрира **правило слободног комбиновања** код само седам особина од преко двадесет чије је наслеђивање пратио, јер је за сваку од тих особина ген који је детерминише био смештен на засебном хромозому. Практично се растављају и слободно комбинују ћелијски хромозоми приликом гаметогенезе (тј. при настанку полних ћелија), као и приликом укрштања самих гамета када се образују зиготи.

ТИПОВИ НАСЛЕЂИВАЊА ОСОБИНА КОД БИЉАКА И ЖИВОТИЊА

Од интеракције одређеног гена на пару одговарајућих хромозома зависи примарно како ће се изразити особина коју тај ген детерминише. У основи, интеракција генских алела може бити: интермедијарна, доминантно-рецесивна или кодоминантна.

Интермедијарно наслеђивање. – Може се илустровати на примеру јагорчевине. Са A_1A_1 означен је пар генских алела који доводе до развића црвене боје цвета, а са A_2A_2 алели истог гена који код друге биљке условљавају да се развије цвет беле боје. Ако се укрсте ове две биљке (ставимо прашнике прве на тучкове друге), добиће се потомство са комбинацијом алела A_1A_2 код кога ће цветови бити розикасти (слика 61).



Слика 61. – Интермедијарно наслеђивање боје цвета код јагорчевине

Табела 3. – ПРИМЕРИ ДОМИНАНТНО-РЕЦЕСИВНОГ НАСЛЕЂИВАЊА ОСОБИНА КОД БИЉАКА И ЖИВОТИЊА

	Доминантно	Рецесивно
Кукуруз	обично зрно обична метлица висока биљка жути ендосперм	шећерно зрно разграната метлица ниска биљка бели ендосперм
Парадајз	нормалан плод црвен плод округао плод висока биљка	брадавичав плод жут плод дугуљаст плод ниска биљка
Говече	без рогова црвена длака нормалан реп бела глава	с роговима жута длака уврнут реп обојена глава
Пас	једнобојан црна боја оштра длака без длаке	с пегама бела боја глатка длака с длаком

Доминантно-рецесивно наслеђивање. – Ово наслеђивање испољава се, такође, код великог броја особина, од којих су неке приказане у табели 3. Тако се код биљке парадајза као доминантна особина наслеђује петељка уз плод у односу на плод без петељке, округао плод у односу на дугуљаст, црвени у односу на жут плод. Неке од оваквих особина налазе се под контролом више од једног пара генских алела, али се ипак може разликовати утицај гена који има највећи значај у развићу проматране особине.

Кодоминантно наслеђивање. – До оваквог наслеђивања долази када два алела једног гена, који се налазе на пару хомологих хромозома, детерминишу стварање две различите варијанте неког протеина, што доводи до изражености обе карактеристике. На пример, ген који код човека одређује стварање протеина који улази у грађу антигена од кога зависи да ли ће човек имати А,Б,О или АБ крвну групу има најмање три алелна облика. Један детерминише стварање А-антигена, други Б-антигена, а трећи је углавном нефункционалан О-алел (**хомозигот**), па се у крви такве особе неће стварати ни А ни Б-антигени, тј. она ће имати нулту крвну групу. Особе А-крвне групе могу бити АА или АО, а особе Б-крвне групе имају ББ или БО алеле. Ако, међутим, пар хомологих хромозома садржи А и Б алеле (**хетерозигот**), у крви ће се стварати обе врсте антигена и особа ће имати АБ крвну групу. Алели А и Б су у односу на алел О доминантни, док су међусобно кодоминантни, тј. оба долазе до изражаја.

Корелативно или везано наслеђивање. – До њега долази када се неке од фенотипских особина заједно испољавају. Узрок томе је што се два, три или више гена који контролишу развиће тих особина налазе на истом хромозому. Преласком таквог хромозома с родитеља на потомке (путем гамета) и код потомака ће се испољити иста комбинација особина, које се називају корелативним или везаним.

Код исте биљке парадајза се испољавају дугуљаст плод и жути цвет, као и округлао плод и шарени цвет. Има и примера да исти ген може утицати на две или више особина, па када се структура тога дела ДНК промени, уочава се и промена у свим тим особинама. Тако се сматра да код домаће мачке поремећај у само једном гену може да доведе до промене у обојености длаке и боји очију, као и до поремећаја чула слуха. Познато је да су мачке са белом длаком и светлоплавим очима скоро увек глуве, што је још Дарвин запазио пре више од сто година. Варирања у боји косе, коже и очију код човека могу бити заснована на малом броју заједничких гена, тако да се, такође, најчешће корелативно испољавају и наслеђују.

Наведени примери представљају само најједноставније начине испољавања генске контроле развића особина. За највећи број особина наука још није у стању да утврди потпуну правилност њихове генетичке контроле, јер су оне детерминисане већим бројем гена. Овакве особине су **квантитативне** или **полигене** и оне највише варирају, како због бројних интеракција гена који учествују у њиховој детерминацији, тако и због знатног утицаја чинилаца средине. Висина, телесна маса, пропорције, брзина развића, дуговечност, плодност и друге особине су типично полигене.

Наслеђивање стечених особина. – Многе промене фенотипа могу настати као резултат деловања чинилаца средине током живота једног организма. То су тзв. **стечене особине** и оне нису наследне. Код људи, развијеност мишића, дебљина и способност да се брзо трчи свакако зависе и од наследних диспозиција. Али ако су те особине постигнуте као резултат интензивног тренирања, узимања већих количина хране, односно дуготрајног рада, не морају бити и наследне. Деца високообразованих родитеља и оних који завршили високе школе могу имати исте изгледе да постану стручњаци у некој области уколико им се обезбеде одговарајући услови. Учење да се измењеним условима средине (нпр. исхраном) може „побољшати“ наследна основа организма данас се сматра ненаучним и неприхватљивим, а пропагирао га је 30-их до 50-их година нашег века совјетски научник Лисенко.

Један од експеримената којим је оповргнута теорија наслеђивања стечених особина спровео је Милислав Демерец, амерички научник југословенског порекла. Он је код тифусних бактерија испитивао способност стицања отпорности на антибиотике. Када су ове бактерије водиле порекло од само једне мајке-ћелије, тј. када су биле генетички истовет-

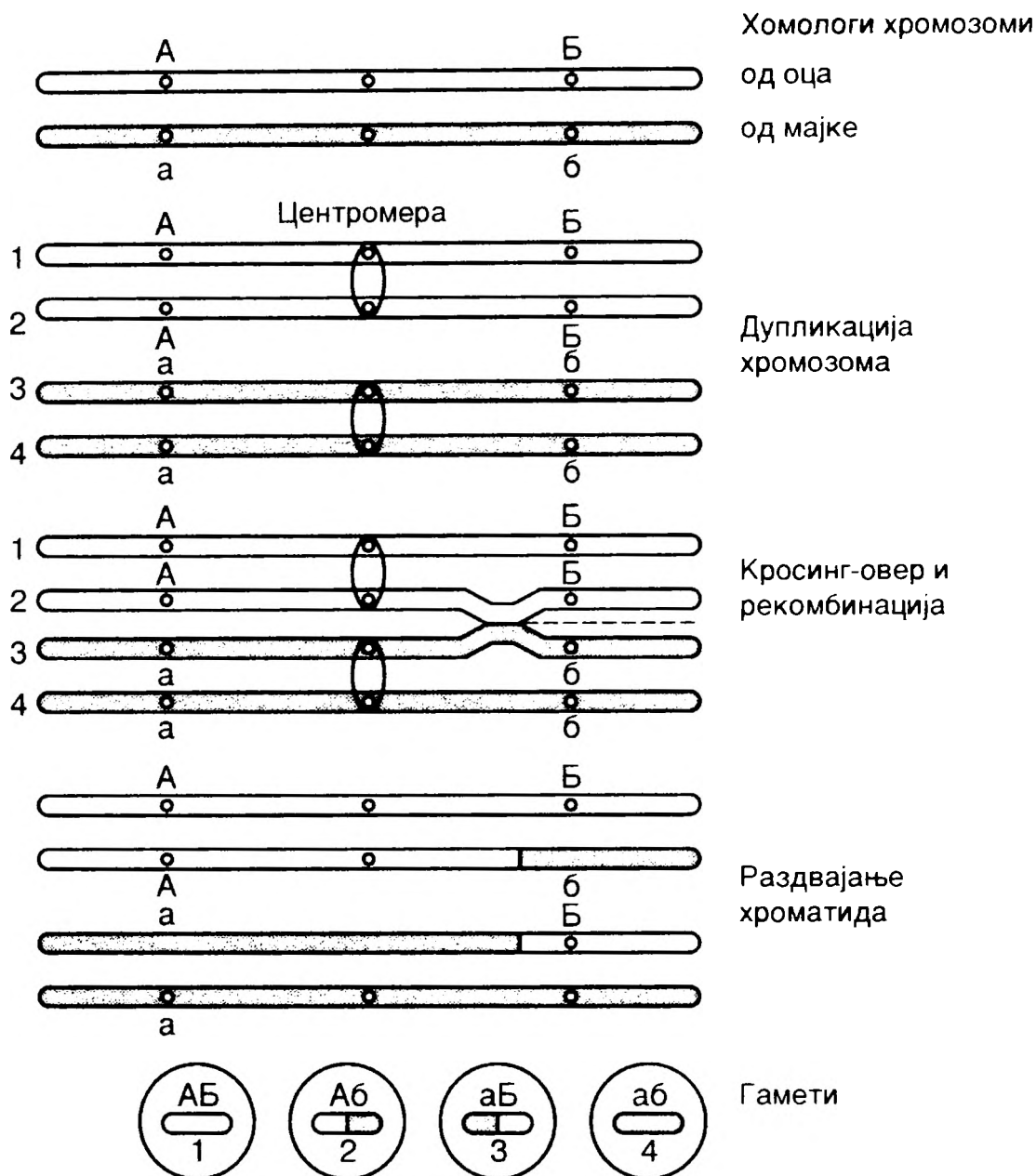
не (ћелијски **клон**), код њих се није могла развити резистентност на антибиотик ни после неколико генерација третмана. Међутим, када је експеримент изведен на бактеријама које су биле генетички разноврсне, отпорност на антибиотик се успостављала за кратко време. На овај начин је показано да се не ради о наслеђивању стечене способности, већ да је отпорност бактерија настала одабирањем постојећих варијаната, тако да је у свакој наредној генерацији добијано све више ћелија које су преживљавале третман антибиотиком. На тај начин се и у човековом организму могу оформити сојеви бактерија који су отпорни на деловање одређеног антибиотика уколико се он неправилно примењује у медицинској терапији.

КОМБИНАТИВНА ВАРИЈАБИЛНОСТ

Учешће различитих комбинација дејстава може се сматрати најважнијим узроком варијабилности особина организама.

Комбинативно наслеђивање. – Заснива се на томе да се при настанку бројних гамета и њихових зигота остварује изузетна разноврсност путем комбиновања ћелијских хромозома који су носиоци читавих група гена. Уколико је број хромозома код неке врсте већи, утолико је већи и број оваквих комбинација. Тако је код човека у телесним ћелијама присутно 46 хромозома, од којих по 23 воде порекло од оца и мајке. При настанку гамета ова 23 пара могу се раздвојити и комбиновати на 2^{23} начина, у зависности од тога које очеве, а које мајчине хромозоме садрже (нпр. сперматозоиди мушкарца). Исто толико комбинација може се остварити и при настанку јајних ћелија жене, што значи да зиготи потомака, настали спајањем мушког и женског гамета, могу садржати једну од 2^{46} комбинација. Другим речима, вероватноћа да ће пар родитеља имати двоје деце са идентичном комбинацијом 23 пара хромозома износи 2^{-46} или 1 : 70 трилиона. Ово нам говори колико се огромна генетичка разноврсност остварује у свакој генерацији на бази комбинативних интеракција хромозомских гена.

Рекомбинације гена. – Оне доводе до измене у устаљеном редоследу генских алела у хромозомима. Последица су размене (тј. преласка) наспрамних гена с једног хомологог хромозома на други, пошто се они међусобно приљубе у профазу мејотичке деобе. Процес откидања и преласка таквих група гена назива се кросинг-овер (енгл. размена) и његов резултат су нове комбинације (тј. рекомбинације) алела одговарајућих гена, без промене места тих гена. Тако ће два хромозома с низом гена A B C D E F G... и a b c d e f g... моћи да дају разменом cd региона A B c d E F G... и a b C D e f g... чиме се стварају хромозоми са новом структуром, што доводи до промена у повезаности одговарајућих карактеристика које се корелативно наслеђују.

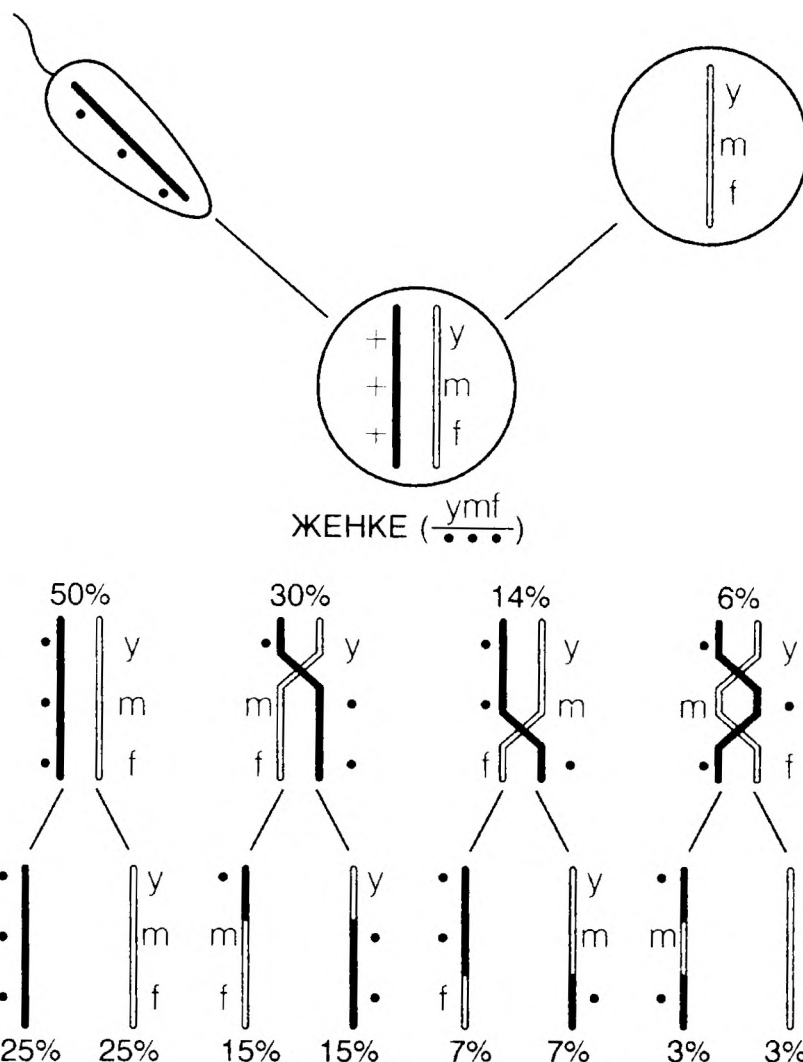


Слика 62. – Кросинг-овер и рекомбинација гена смештених на хомологим хромозомима

Рекомбинације се с приближно истом учесталошћу одвијају дуж хромозома и могу послужити за утврђивање растојања међу појединим генима. Што је растојање између два гена веће, њихови алели ће се чешће комбиновати услед кросинг-овера, и обратно (слика 62).

Распоред гена, добијен детаљним изучавањем учесталости кросинг-овера, омогућава стварање мапе хромозома. При томе, експеримент садржи два основна стадијума.

1) Укрштање јединки са, на пример, три доминантне везане карактеристике (А, В и С), са онима које се одликују таквим рецесивним одликама (а, б и с).



Слика 63. – Рекомбинације гена у полном хромозому женке дрозофиле

Код хибридних потомака биће изражене све три доминантне особине:

P генерација – AA BB CC × aa bb cc,

F₁ генерација – Aa Bb Cc, Aa Bb Cc.

2) Повратно укрштање хибридних потомака са рецесивним родитељем.

Код потомка овог укрштања требало би да се у једној половини случајева испоље све три доминантне, а у другој све три рецесивне особине:

F₁ генерација – Aa Bb Cc × aa bb cc,

гамети – ABC, abc, abc, abc,

F₂ генерација – Aa Bb Cc, aa bb cc.

Међутим, код потомака оваквог повратног укрштања запажају се у приличном броју и јединке које садрже рекомбинације посматраних доминантних и рецесивних карактеристика, као A-B-cc, A-bbC- или aaB-C-. Према примеру са слике 63, претпоставимо да се међу потомцима F₂ генерације открије:

- 30% aaB-C- и A-bbсс фенотипова, због рекомбинација између А и В локуса;
- 14% A-B-сс и aabbC- фенотипова, због рекомбинација између В и С локуса;
- 6% A-bbC- и aaB-сс фенотипова, због двоструких рекомбинација између А и В, као и између В и С генског локуса.

Коришћењем преполовљених вредности као учесталости гаметских рекомбинација може се израчунати да је растојање између:

- А и В гена $15+3 = 18\%$, тј. 18 рекомбинационих јединица;
- В и С гена $7+3 = 10\%$, тј. 10 рекомбинационих јединица;
- А и С гена $15+7+3+3 = 28\%$, тј. 28 рекомбинационих јединица.

Таквим поступком одређена је међусобна удаљеност између три везана гена, из чега следи да су гени А и С најудаљенији, а да се ген В налази између њих. Да би се у хромозому одредио положај целе те групе гена, мора се упоредити с неким другим групама чије је место већ одређено. На овакав начин научници су успели да утврде тачно место на четири пара хромозома дрозофиле за преко 1 000 различитих гена, као и за око 200 гена на десет парова хромозома код кукуруза. Код људи се овај поступак изводи на нешто компликованији начин, али је ипак до сада мапирано преко 1 000 гена.

ПРОМЕНЕ У СТРУКТУРИ И БРОЈУ ХРОМОЗОМА

Промене у хромозомима су основни извор генетичке варијабилности и оне се могу сврстати у две групе:

- а) промене у грађи хромозома и
- б) промене у броју хромозома.

Промене у грађи хромозома могу бити:

- дупликације и делеције – тј. удвајања и губљења појединих делова хромозома;
- транслокације – размене делова нехомологих хромозома;
- инверзије – промене у редоследу гена у хромозому;
- генске мутације – промене у молекулској структури појединих гена у хромозомима.

Хромозомске аберације. – То су промене видљиве под микроскопом. Заједно са финим променама у генима, обухваћене су општим називом **мутације**.

Дупликације и **делеције** могу настати у току динамичких процеса ћелијске деобе, а један од узрока њиховога настанка може бити, на при-

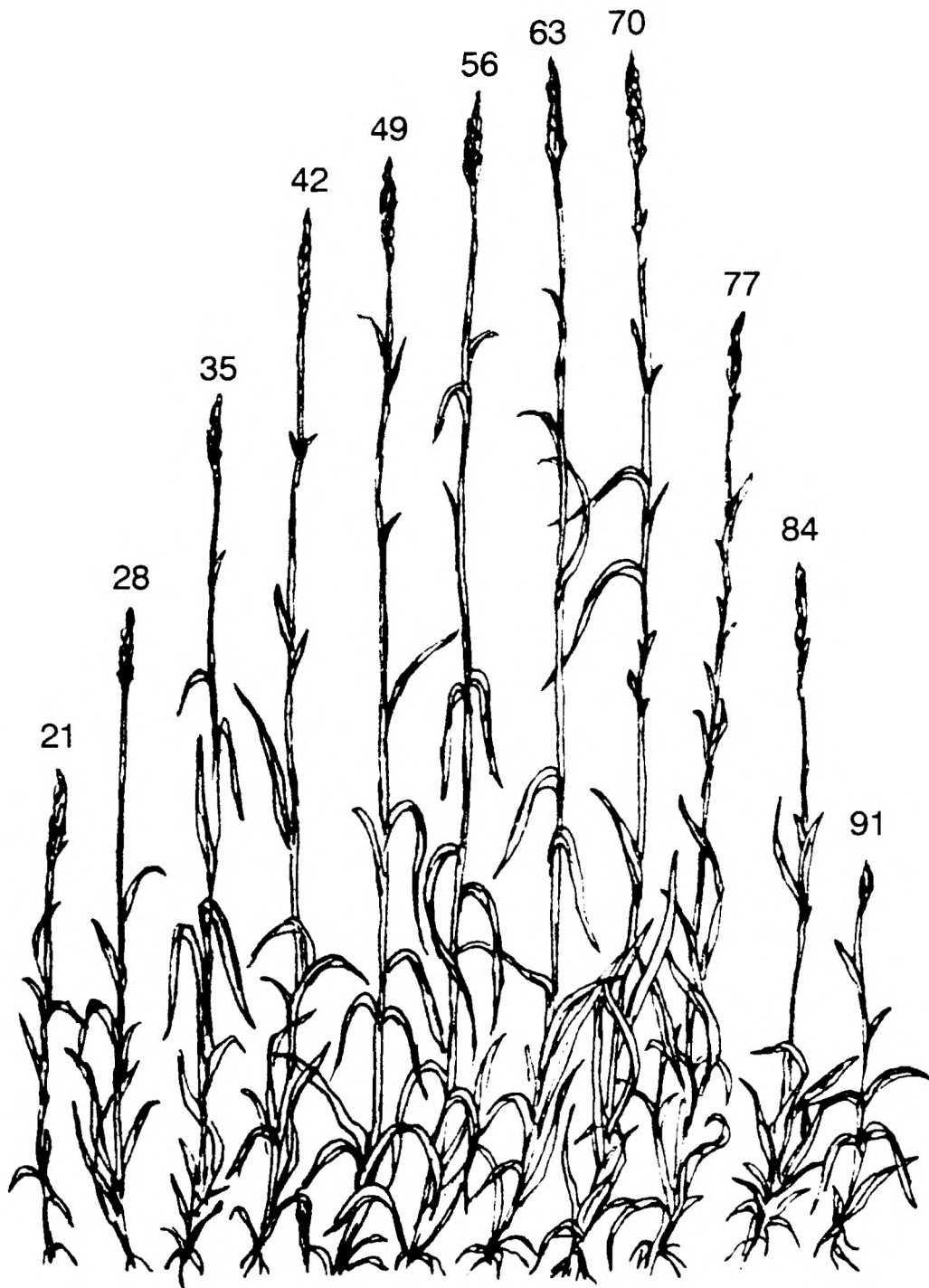
мер, неједнаки кросинг-овер. Новонастали гамети могу да садрже један од хромозома код кога је одговарајући сегмент удвостручен, док код другог хомологог хромозома исти тај сегмент може да недостаје. Пример делеције у човековим хромозомима је губитак дела кратког крака хромозома број 5, који доводи до низа поремећаја у организму. Такви су, између осталог, микроцефалија и смањена интелигенција, а препознају се још код беба по њиховом **мачјем плачу**, како је и названо ово обољење. Хромозом број 22 са делеционираним дугим краком назван је **филадельфија хромозом**, а особе са оваквим хромозомом често оболевају од мијелоидне леукемије. Дупликације могу да имају и позитиван ефекат са еволуционог становишта јер путем њих може доћи до усложњавања грађе хромозома, односно до повећавања броја гена. Познато је, наиме, да се еволуција организама састоји у њиховом генетичком усложњавању, тј. у повећавању броја генских места идући од једноставнијих ка сложенијим формама. Молекул ДНК је, по правилу, све сложенији идући од вируса и бактерија, преко протозоа, инсеката, нижих кичмењака до сисара и човека.

Транслокације и **инверзије** представљају прерасподелу већ постојећих сегмената у хромозомима кариотипа и имају као резултат груписање генетичког материјала на нов начин.

Транслокације се састоје у размени делова нехомологих хромозома. После откидања (фрагментације) дела једног хромозома тај део се често припоји неком другом, а ако је размена обострана, тада се говори о реципрочној транслокацији.

Инверзије су промене у редоследу гена у хромозому, при чему не долази до промене у количини генетског материјала. Још у интерфази и на почетку профазе, када је хромозом најиздуженији, може доћи до његовог увијања у виду петље, тако да се неки од делова међусобно дотакну. На тим местима најчешће долази до прекида, после чега се често погрешни крајеви споје међусобно, што има као резултат промену у редоследу гена који су петљом били обухваћени. Код мањег броја органских врста, на пример код инсеката двокрилаца, инверзије спадају у нормалну полиморфност хромозома и веома су честе.

Генске мутације настају као последица промена на нивоу нуклеотида, када они измене свој редослед у одговарајућем делу молекула ДНК. Учесталост генских мутација је 10^{-4} – 10^{-6} , што значи да ће се у одређеном гену десити промена у његовој грађи негде у једној од 100 000 ћелијских деоба, или при свакој деоби код једног од око сто хиљада гена. Тако је утврђено да мутантни ген који са X-хромозома мушкарца доводи до настанка хемофилије – постоји у 3 до 5 на 100 000 сперматозоида. Сваки ген има специфичну стопу мутације, што зависи од његове грађе, али и од положаја у хромозому и његове функције.



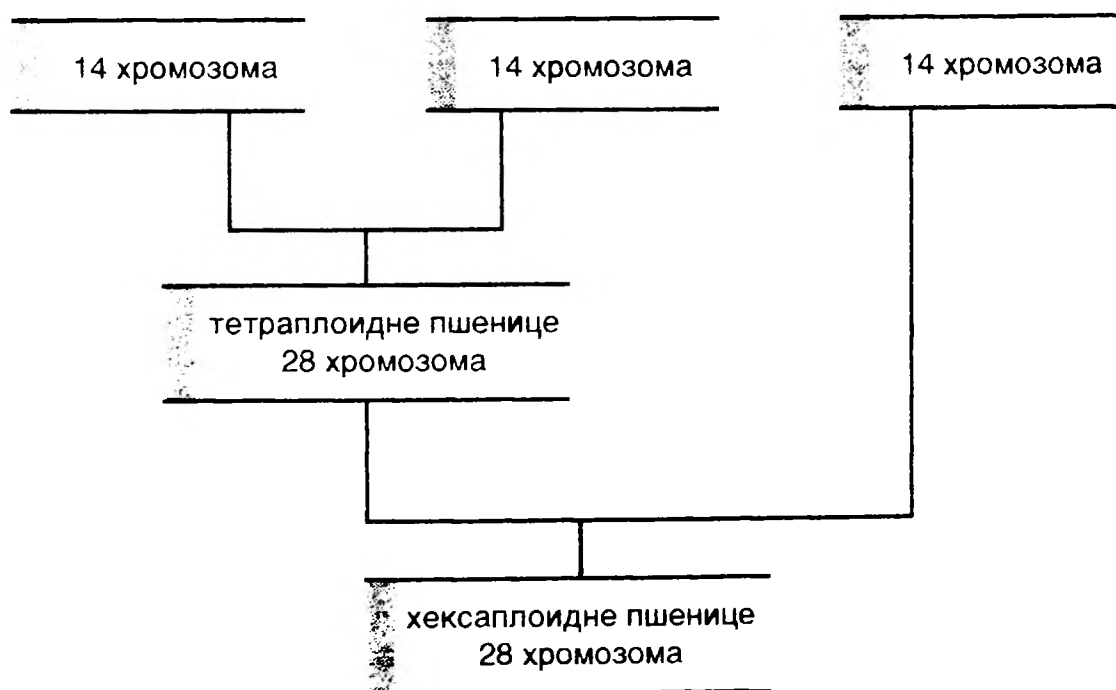
Слика 64. – Разлике у висини стабљике код биљке *Phleum pratense*, у зависности од броја хромозома у њиховим ћелијама

Промене у броју хромозома. – Телесне ћелије највећег броја врста бисексуалних организама садрже по две гарнитуре хомологих хромозома ($2n$), а гаметске ћелије – по једну такву гарнитуру (n). Међутим, некада се деси да у анафази I мејотичке деобе не дође до одласка хромозома на различите полове, тако да се образују гамети у којима остаје удвојен број хромозома ($2n$). Када се овакав гамет споји с гаметом који

има само једну гарнитуру хромозома, може се образовати зигот који садржи три гарнитуре хромозома ($3n$).

Постоје и организми чије ћелије садрже 4,5,6, па и више гарнитура хромозома. Ова се појава назива **полиплоидија** (слика 64) и може настати на већ описани начин (аутополиплоидија) или после укрштања родитеља који припадају различитим врстама (алопполиплоидија). Тако, поред организама чије телесне ћелије садрже две гарнитуре ($2n$ – диплоидни), постоје и такви који су триплоидни ($3n$), тетра- ($4n$), хекса- ($6n$), окто- ($8n$) или декаплоидни ($10n$).

Међу цветницама је око $1/3$ врста настало путем полиплоидије. Међу овим врстама су овас, луцерка, кафа, памук, дуван, шећерна репа, парадајз, кромпир, као и већина биљака које дају воће чије плодове човек користи (јагода, банана, шљива, крушка, јабука). Наиме, полиплоидне биљке или неки њихови органи су, по правилу, крупнији од диплоидних и често имају знатно већи садржај витамина и других састојака у ћелијама, па није чудо што је човек баш такве форме (или врсте) одабирао у прошлости за своју употребу. Дивља хризантема има неугледан цвет и у њеним ћелијама је само 18 хромозома: тетра-, хекса-, окто- и декаплоидији ($10n = 90$ хромозома) дају сложене, крупне и веома лепе цветове. Дале, неколико врста пшенице је настало полиплоидијом, али после укрштања неугледне дивље пшенице *Triticum monosocum* с врстама траве *Aegilops*, које такође имају $2n = 14$ хромозома. Тако је прво настала тзв. тврда пшеница (са $4n = 28$ хромозома), а затим мека пшеница (са $6n = 42$ хромозома), које човек најчешће употребљава (слика 65).



Слика 65. – Шематски приказ настанка тврде и меке пшенице

При ћелијској деоби може се десити да се појединачни хромозоми не раставе до краја један од другог, па кћери-ћелије тако добијају неједнак број хромозома. Таква појава се назива **анеуплоидија** (или хетероплоидија) и најчешће има веома штетне последице по преживљавање својих носилаца. Ради се о томе да изостанак или вишак једног од хромозома ремети генску равнотежу која постоји у оквиру хромозомске гарнитуре.

Хромозоми диплоидних ћелија заступљени су у паровима, па се за сваки од њих каже да је дизомичан (дизомик или дисомик). У хаплоидним ћелијама сваки хромозом би требало да буде монозомичан. Ако одређени хромозом недостаје, каже се да је ћелија нулизомична за тај хромозом, а ако је у вишку (нпр. у диплоидним ћелијама), онда се ради о тризомицима, тетра- или хексазомицима.

Један од релативно честих облика менталне заосталости може се констатовати код особа које су тризомичне за 21. хромозом, тј. за један од најмањих акроцентричних хромозома из групе G. Болест се назива Даунов синдром или монголоидна идиотија, према изгледу лица и очигу који подсећају на монголоиде.

УТИЦАЈ СРЕДИНЕ НА ИЗАЗИВАЊЕ НАСЛЕДНИХ ПРОМЕНА

Већ се дуго зна да битније промене у условима средине под којима се организам развија могу довести до повећања мутабилности његових гена или до промене у изражајности тих гена. Чиниоци средине који доводе до наследних промена називају се **мутагени**, док се они који доводе до промена у развићу организама називају **тератогени**. У основи се разликују три врсте оваквих чинилаца: физички, хемијски и биолошки.

У **физичке чиниоце** убрајају се високе или ниске температуре, ултраљубичасти зраци, а нарочито јонизујуће зрачење. Екстремно високе или ниске температуре могу за неколико пута да повећају мутабилност појединих гена.

Од **биолошких чинилаца** познати су примери многих вируса који могу изазвати хромозомске мутације у ћелијама домаћина или утицати на развојне промене. Овакви конгенитални ефекти често су присутни и током ембрионалног развића човека. Токсоплазмоза, рубеола, Б-вирус хепатитиса, цитомегаловирус, азијски грип, заушке и полиовирус могу изазвати овакве ефекте код ембриона, тј. довести до мутација појединих гена или до измене у њиховом функционисању.

Хемијски мутагени. – Многе хемијске супстанце (формалдехид, манган-хлорид, азотна киселина или бојни отров иперит), када дођу у до-

дир са ћелијама организма, могу да доведу до већих поремећаја у њиховом метаболизму, па и да изазову промене у наследном материјалу тих ћелија. Мутагено дејство ових супстанци састоји се, по њиховом уношењу у организам, у успостављању директне хемијске интеракције са молекулима ДНК, од чијих се делова састоји структура гена. Деловање одређених хемикалијама може да изазове и видљиве промене у ћелијским хромозомима (прекиде, транслокације, инверзије или промене у броју хромозома).

Хемијски мутагени могу бити и специфични у своме деловању. На пример, утврђено је да **кофеин** делује мутагено на ћелије бактерија, док није извесно да тако делује и на ћелије еукариота.

Све је већи број хемијских супстанци које човек користи у различите сврхе, а које у контакту с његовим организмом, или са ћелијама гајених биљака и домаћих и дивљих животиња, могу после дужег времена имати штетно дејство. Ови се ефекти не морају испољавати само у виду наследних промена (мутагени ефекат) већ могу имати као последицу поремећаје у процесима развића (тератогени ефекат) или довести до злоћудних обољења (канцерогени ефекат). Познати инсектициди (ДДТ и севин), неки хербициди који се користе против корова и штетних гљивица (каптан), многе индустријске материје (нпр. оне које се користе у индустрији текстила да се тканина не би морала пеглати), бројни додаци у конзервисаној храни или безалкохолним пићима – садрже материје које могу имати мутагени, тератогени или канцерогени ефекат. Данас се у свету производи и користи у различите сврхе око два милиона хемијских једињења, а на тржишту се годишње појави нових 500 до 1 000 хемијских производа.

Најопаснији загађивачи ваздуха су SO_2 , CO_2 , CO , NO_2 , етилен и олово, који се у великим градовима налазе у већим количинама. Избацују их аутомобили, димњаци зграда, а посебно су заступљени у индустријским басенима. Једна од таквих материја је и акролеин, која се, уз већину претходних, налази и у диму цигарета и делује тератогено и мутагено, нарочито на младе организме чије су ћелије, док се налазе у фази интензивних деоба, много подложније мутагеном ефекту него ћелије одраслих организама.

Генетичка токсикологија, као једна од примењених области генетике, бави се откривањем мутагеног ефекта свих фактора средине, а посебно хемијских чинилаца. Добијени резултати омогућују да се, ако је потребно, забрани употреба одређених супстанци (производа) или да се укаже на неопходне мере заштите при њиховој употреби.

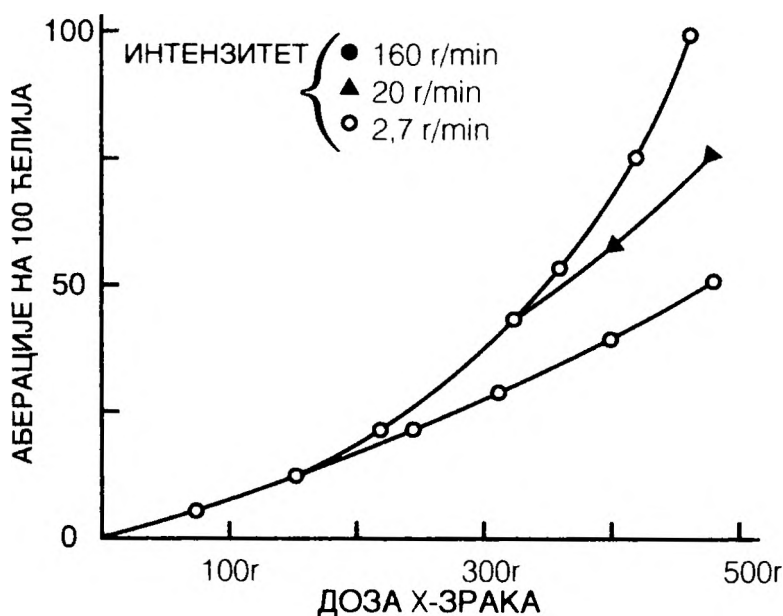
Изазивање наследних промена јонизујућим зрачењем. – Осим хемијских, и физички чиниоци могу изазвати наследне промене у организмима. Међу њима су посебно значајна зрачења изазвана електромагнетским таласима. И док су таласи видљиве светлости исувише мале

енергије да би изазвали значајне промене у молекулу ДНК, ултраљубичасти зраци то већ могу, а нарочито јонизујући зраци чија је таласна дужина мања од једног милионитог дела милиметра. Овде, у односу на видљиву и ултраљубичасту светлост, енергија зрачења је више од хиљаду пута већа од енергије рендгенских или X-зрачења, радијумског или гама зрачења, зрачења честицама је зра атома (протони, неутрони, алфа честице), или при зрачењу електронима.

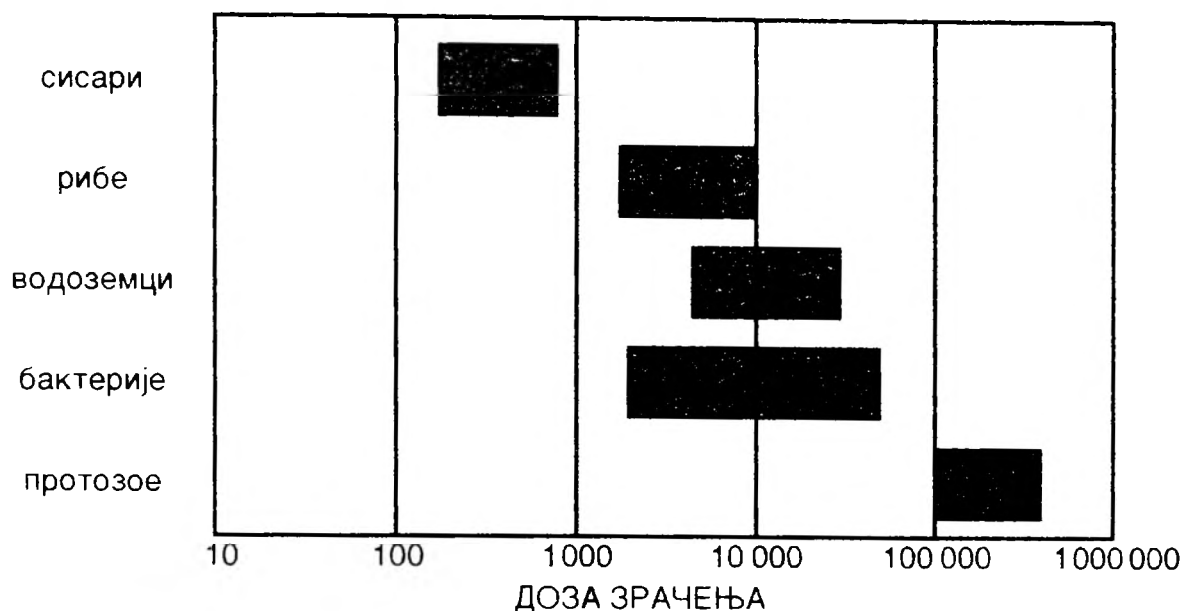
Основна јединица за дозу апсорпције јонизујућег зрачења је **греј** (Gray, или скраћено Gy). Греј одговара апсорбованој дози у телу чија је маса један килограм, а коме је јонизујућим зрачењем сталне густине енергетског флукса унесена енергија од једног џула ($1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$). Јединица зрачења која је употребљавана до 1981. године, рендген или рад (r), одговара једном стотом делу греја или центригреју ($1 r = 1 \text{ cGy}$).

Дејство јонизујућих зрачења на живе организме састоји се у разбијању хемијских молекула у ткивима и стварању великог броја високореактивних парова јона. На пример, молекули воде могу бити разбијени на H^+ и OH^- јоне. Ови јони могу да ступе у реакцију с молекулом ДНК и да у појединим деловима изазову поремећаје при његовом удвајању, као и у функцији контроле метаболичких процеса, те да тако доведу до крупних наследних промена.

Број изазваних мутација је пропорционалан дози озрачења организма јонизујућим зрацима (слика 66). Јонизујуће зрачење, дакле, има **збирно дејство**, тако да не постоји доњи праг његовог деловања, већ и најмање дозе доводе до повећања учесталости мутација. Ефекат деловања варира код различитих група организама, а они који су најсложеније



Слика 66. – Корелација између дозе зрачења и процента мутација



Слика 67. – Полулеталне дозе зрачења за различите организме (у центигрејима и рендгенима)

грађе имају највећу осетљивост (тј. најмању отпорност) на зрачење (слика 67). Тако, иста доза зрачења изазива 15 пута јачи ефекат код мишева него код дрозофила, а за ове је, опет, око 20 пута штетнија него за протозое. Зрачењем једра ћелије изазива се 100 – 1 000 пута већи ефекат него зрачењем цитоплазме.

Посебно је значајна доза зрачења коју организам прими током свог пререпродуктивног развића јер то знатно утиче на изазивање штетних мутација у репродуктивним ћелијама, које се могу одразити на потомство.

Из природних извора зрачења (Земље и космоса) човек за 30 година живота прими свега око 3 центигреја (у просеку 0,1 годишње). Пробама атомских и хидрогенских бомби до сада је ова количина природне радијације на Земљи повећана за око 20%. Међутим, за човека је најопаснија претерана употреба зрачења у медицинске сврхе (снимање плућа, зуба итд.), услед чега укупна количина зрачења може да буде и неколико десетина пута већа од оне примљене природним путем. Дозе које се користе у дијагностичке сврхе износе 0,1–10 cGy, а у терапијске сврхе и до 10 Gy, али су најчешће усмерене на одређена ткива и органе. Треба знати да озрачење од око 10 cGy удвостручује степен спонтане мутабилности гена. Доза озрачења целог тела која изазива смрт код око 50% људи износи 4–5 Gy. При томе, смрт наступа услед немогућности ћелија да се деле, тако да оне функционишу једно време и смрт није тренутна. Прво трпе ткива с брзим деобама ћелија, као што су костна срж, лимфне жлезде и епителне ћелије црева, услед чега долази до на-

глог смањења броја белих крвних зрнаца и осећаја мучнине у стомаку, као првих показатеља поремећаја услед озрачености организма.

Последице озрачења мањим дозама не морају се испољити већ у следећој генерацији. Пошто је већина изазваних мутација рецесивна, штетно дејство ће се испољити у наредним генерацијама, али тек када се ове мутације нађу у хомозиготном стању. У томе се и спољава дуго-рочно штетно деловање овако насталих промена, које се дефинитивно уграђују у генетички састав организама.

Зрачење се у медицини користи и као средство за заустављање неконтролисаног раста туморских ћелија у одређеним деловима оболелог организма. Наиме, ћелије у деоби су далеко осетљивије на зрачење од оних које се не деле тако често, па је оно, поред хируршке интервенције и употребе хемијских мутагена – цитостатика, један од најефикаснијих начина борбе против злоћудних обољења.

ГЕНЕТСКА СТРУКТУРА ПОПУЛАЦИЈЕ

У природи се јединке не налазе појединачно, већ у групама које насељавају одређене просторе. Овакве групе организама исте врсте представљају **популације**, унутар којих долази до репродуктивних контаката између јединки, тако да постоји стална размена генетичког материјала. Свака популација има специфичну генетичку структуру, што значи да су у њој извесни алелогени, односно јединке које их садрже, чешћи, а други ређи. Описати генетичку структуру популација значи установити учесталост (фреквенцију) одређених генских облика (алела) или њихових комбинација. То се постиже праћењем одређених фенотипских карактеристика које могу бити морфолошко-анатомске (нпр. боја, облик или величина неког дела тела), физиолошко-биохемијске (нпр. активност неког ензима) или карактеристике понашања организама. Према томе, иако гени постоје у јединкама, судбина јединки, па према томе и њихових гена, зависи од фактора који утиче на популацију као целину.

Бројност популације, као и величина простора који насељава зависи од врсте и услова под којима она живи. У малој популацији јединки има више десетина, а у великој више стотина, па и хиљада. Простор који насељава популација пољских мишева може да буде неколико хектара ливада оивичених шумом, док популација биљних ваши може да насељава једну једину биљку. Људску популацију може да чини становништво једног села, али и већег града или групе издвојених мањих насеља. Изглед за међусобне репродуктивне контакте су далеко већи него за контакте са јединкама других популација. Тако долази до размене и комбиновања гена међу јединкама које живе у датој популацији, што води одржању специфичне структуре те популације, али и заједништву у животу њених јединки.

			Мушки гамети		Збир
			A	a	
			p	q	
Женски гамети	фреквенција				
	A	p	AAp ⁻	Aa pq	p + pq
	a	q	aApq	aaq	p q + q
Збир			p + pq	pq + q	p + 2p q + q

Слика 68. – Начин формирања генетичке структуре популације на примеру једног алела

Генетичка равнотежа популација. – Популације организама су основне јединице еволуционе променљивости. Промене се састоје у томе да поједине карактеристике постају чешће у једним, а ређе у другим популацијама, и обратно.

Енглески математичар Харди и немачки биолог и лекар Вајнберг су још 1908. године установили да у популацијама код којих постоји тзв. укрштање по принципу случајности долази до стања које се назива „генетичка равнотежа“. Они су пошли од случаја да један ген има само два алела, A и a, чије су фреквенције pA и qa. Слободним комбиновањем ових алела при укрштању родитеља-носилаца добијају се у потомству три врсте генотипа (слика 68). Хомозиготи за A-алел јављају се у пропорцији p²AA, хомозиготи за a-алел настају у q²aa случајева, док ће учесталост хетерозиготних комбинација ова два алела износити 2pqAa. Тако се добија Харди-Вајнбергова формула генетичке (тј. генотипске) структуре популације за било који од гена који садржи два алела, а она гласи:

$$p^2AA + 2pqAa + q^2aa = 1 \text{ (тј. 100\%)}.$$

Како сваки гамет женке или мужјака носи A или a-алел, то укупна учесталост свих алела у једној генерацији износи pA + qa = 1. Оваква ситуација се понавља из генерације у генерацију, тако да популација одржава своју структуру, тј. налази се у **генетичкој равнотежи**. То значи да унутрашњи односи у популацији теже да одрже учесталост генских алела (p и q) на одређеном нивоу. Тиме се јединке популације виде као носиоци заједничког комплекса гена који се из генерације у генерацију само комбинују на различите начине, али задржавају карактеристичну структуру популације као целине.

Ако се са A означаи доминантан алел, а са a рецесиван, помоћу наведених формула може се израчунати учесталост једног и другог. Ако је светлоплава боја очију код људи контролисана паром рецесивних алела

и ако је у популацији становника једног места у нашој земљи нађено 36% особа с плавим очима, значи $q^2 = 0,36$, одатле произлази да је фреквенција алела $q = 0,6$ или 60%. Пошто је $p + q = 1$, може се закључити да је $p = 0,4$, тј. да је од свих црнооких особа свега 16% ($p^2 AA$) хомозиготно, а да је 48% ($2pq Aa$) хетерозиготно, тј. да садржи и рецесивни алел.

У табели 4 приказан је пример успостављања и одржавања равнотежних фреквенција генских алела који одређују крвне групе MN система код људи (M, N или MN). Видимо да се равнотежа за један пар алела успоставља за само једну генерацију, после чега тежи да се одржи, уколико је не поремете неки други чиниоци.

Табела 4. – УСПОСТАВЉАЊЕ И ОДРЖАВАЊЕ ГЕНЕТИЧКЕ РАВНОТЕЖЕ ПОПУЛАЦИЈЕ НА ПРИМЕРУ MN СИСТЕМА КРВНИХ ГРУПА КОД ЉУДИ

Генотипови				Гамети	
P ген	pMM	2pqMN	qNN	pM	qN
1. пример	0,50	0,20	0,30	0,6	0,4
2. пример	0,10	0,80	0,10	0,5	0,5
F ₁ ген. 1.	0,36	0,48	0,16	0,6	0,4
2.	0,25	0,50	0,25	0,5	0,5
F ₂ ген. 1.	0,36	0,48	0,16		
2.	0,25	0,50	0,25		

Селекција, мутације и миграције представљају факторе који, мењајући генетички састав популације, доводе до постепене еволуције организама. После сваке такве промене популација успоставља нову равнотежну структуру, коју тежи да одржи све док она има одређен адаптивни смисао.

СЕЛЕКЦИЈА И ОПЛЕМЕЊИВАЊЕ ОРГАНИЗАМА

Вештачка селекција има за циљ одабирање високородних сорти биљака и раса животиња са жељеним одликама, а користи се и у одабирању специфичних линија микроорганизама. Оплеменењивањем постојећих и одабирањем нових варијаната човек све више побољшава принос и квалитет пољопривредно значајних врста, што је изузетно важно за решавање проблема исхране све већег броја људи на Земљи.

Под оплеменењивањем се подразумева низ поступака, метода и техника којима се стварају нове сорте гајених биљака и раса домаћих животиња, које могу бити од користи човеку. Данас човек гаји за своје потребе више стотина врста биљака и животиња, од којих је неке почео да кори-

сти и пре десет хиљада година. Многе од ових врста не би више могле да опстану у природним условима. На пример, данас се гаји око 10 000 различитих сорти јабука, 5 000 сорти винове лозе, 3 000 сорти крушака и бресака, 200 сорти малина и много сорти другог воћа, поврћа, цвећа, житарица и дрвенастих биљака. Међу животињама, данас постоји око 200 раса паса, око 130 раса кокоши и голубова, око 60 раса коња и говеда, 50 раса оваца, 30 раса мачака, по десетак раса пчела и свилених буба итд.

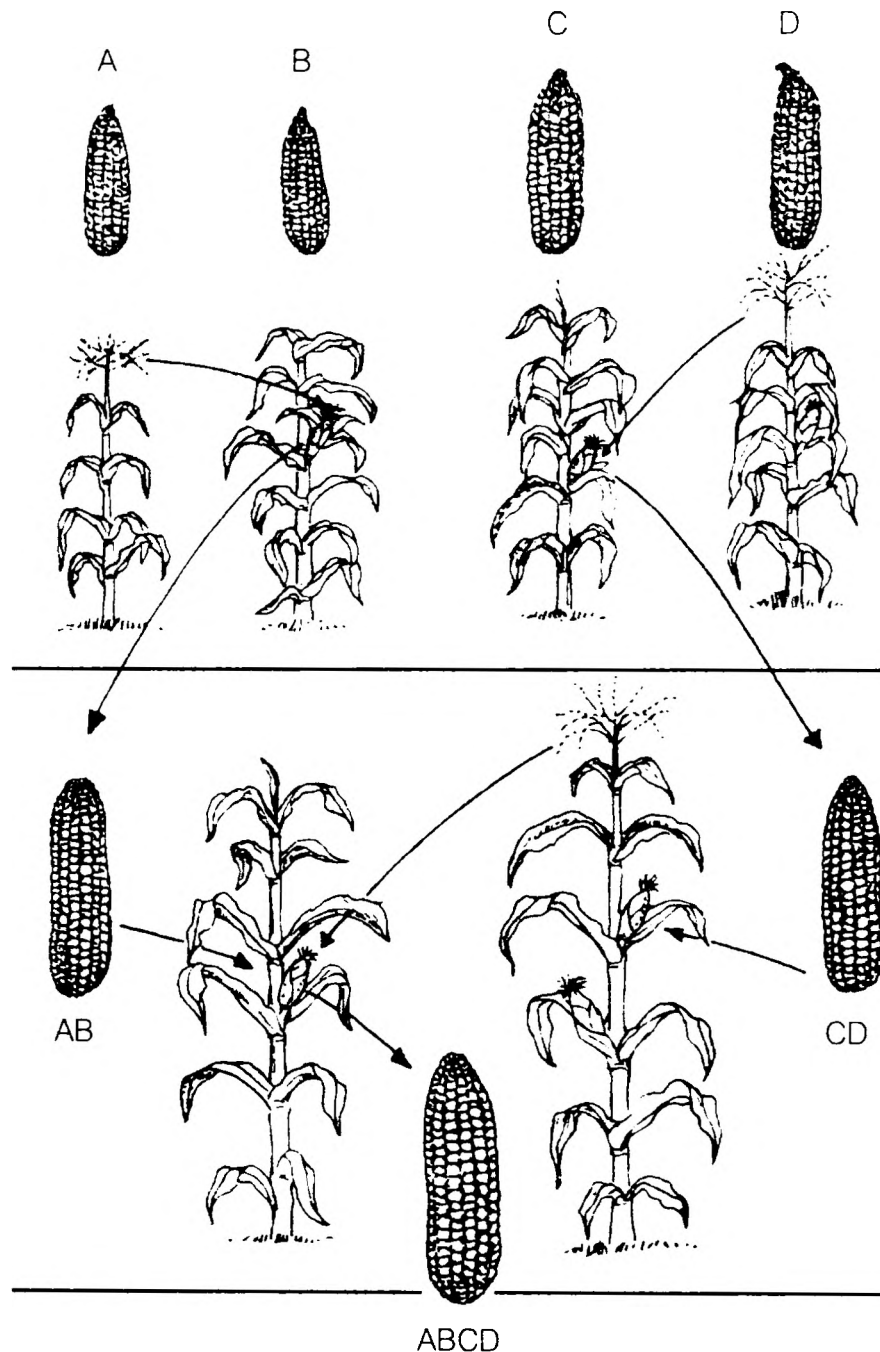
Код **биљака** је један од основних поступака селекције комбиновање различитих својстава родитеља у јединствен фенотип код потомака, тј. образовање нових генотипова. Тај поступак се означава као **хибридизација**, која има велики значај у цвећарству, воћарству, пољопривреди и шумарству. На пример, хибридизацијом се код пшенице побољшао квалитет зрна и његових састојака, повећана је лисна површина, побољшане су фотосинтеза и транспирација, повећана је отпорност према штеточинама и полегању, а знатно је увећан и принос.

Посебан облик хибридизације код биљака је **калемљење**, тј. повезивање делова два организма у јединствен организм. На биљку-подлогу наноси се **племка** (гранчица), а део који се развија из племке је **калем**. На гранама калема могу да израсту плодови једне или друге врсте (нпр. при калемљењу поморанце с лимуном), или се развијају прелазни облици између оба родитеља (нпр. између дуње и крушке, односно брескве и бадема).

При хибридизацији, потомци често могу бити бољи од **бољег** родитеља (већи, крупнији, плоднији) или слабији од **лошијег** родитеља (нпр. с краћим развићем). То одступање од скале варијабилности родитеља назива се **хетерозис**. Ова **хибридна снага** се посебно уочава када се као родитељи користе генетички различите јединке, нарочито ако су настале укрштањем у сродству. Хетерозис представља експресију повољних генских комбинација као резултат хибридизације. Човек га користи да би код потомака за привреду значајних биљака или животиња добио већи принос у односу на родитеље. Међутим, када се ови хибриди међусобно укрсте, код њихових потомака (F_2) долази до поновног пада приноса. Стога повољне ефекте хетерозиса није могуће одржавати простим размножавањем из генерације у генерацију, већ се они морају остваривати сваки пут посебно. Побољшање особина потомака услед хетерозиса је често веома велико. На пример, укрштањем две самоопходне линије кукуруза може се добити хибридно потомство код кога су величина клипа и број зрна и два пута већи него код родитеља, а биљка може и за 30–40% надмашити висину родитеља. Човек користи хибриде многих врста украсних биљака, шумског дрвећа, индустријских биљака, воћа и поврћа и тиме знатно повећава количину и квалитет своје хране. На слици 69. приказан је поступак добијања тзв. двоструког хетерозиса.

Осим хибридизације, **нове мутације** су основни извор наследне променљивости организама. На основу одабира новонасталих феноти-

пова добијен је читав низ сорти биљака. Данас су у широкој примени вештачки изазване мутације. За њихово добијање најчешће се користи јонизујуће зрачење, као и хемијски мутагени. Тако су добијене веома квалитетне сорте овса отпорног на житну рђу, пасуља отпорног на гљивична оболења, кромпира отпорног на пламењачу итд. Варијетети добијени хибридизацијом много теже одржавају комплекс цењених особина него они добијени деловањем мутагена. Ипак, до сада је регистровано само око стотинак корисних сорти различитих врста биљака које су добијене применом радиоактивног зрачења или хемијских агенса.



Слика 69. – Коришћење двоструког хетерозиса за добијање високопродуктивног кукуруза

Два основна начина вештачког одабирања варијаната насталих природним мутацијама су масовна и индивидуална селекција.

Масовна селекција се углавном примењује код странооплодних биљака, при чему се одабирају најбоље јединке с комбинацијом жељених особина. **Индивидуална** селекција се обично примењује код самооплодних биљака, при чему се популација дели на низ линија са жељеним комбинацијама карактеристика.

Код **животиња**, стварање нових или побољшање постојећих раса заснива се на сличним принципима као и код биљака. У селекцији домаћих животиња данас се већ увелико користи и вештачко оплођење, као и оплемењивање постојећих раса, посебно говеда, свиња и оваца. Такође постаје све реалнија могућност да се у пракси широко примењује и оплођење јајних ћелија у лабораторијским условима (у епрувети) и да се затим оне преносе у женку исте врсте. Квалитетни ембриони појединих врста, на пример крупне стоке, данас се могу имплантирати, рецимо, у тело одрасле јединке и тако с лакоћом пренети на други крај Земљине кугле, где се, у телу женке сопствене врсте, довршава њихово развиће.

Примери наслеђивања неких особина код биљака и животиња приказани су у табели 3. Познавање тих особина и начина њиховог наслеђивања је предуслов за примену одговарајуће селекције и добијање јединки са жељеним комбинацијама особина.

Код квантитативних особина (нпр. телесна маса, млечност код крава или носивост јаја код живине) теже се утврђује колико гена контролише њихово развиће, али је могуће одредити у ком степену средина и наследни чиниоци условљавају варијабилност таквих особина. То се утврђује одређивањем **коэффицијента наследљивости** (херитабилности) за дату особину, који је једнак нули ако варирање зависи само од чинилаца средине, а једнак је јединици ако са сигурношћу можемо предвидети како ће се та особина испољити код потомака.

Израчунавање херитабилности (h^2) илустровано је на следећем примеру. Рецимо да у једној популацији гајених свиња просечна маса њиховог тела износи 100 kg. Ако за родитеље одаберемо групу крмача и вепрова од око 130 kg и добијемо потомство које има у просеку 110 kg, онда херитабилност за ту особину износи:

$$h^2 = \frac{F_i - P_{op}}{P - P_{op}} = \frac{110 - 100}{130 - 100} = 0,33 \quad (33\%).$$

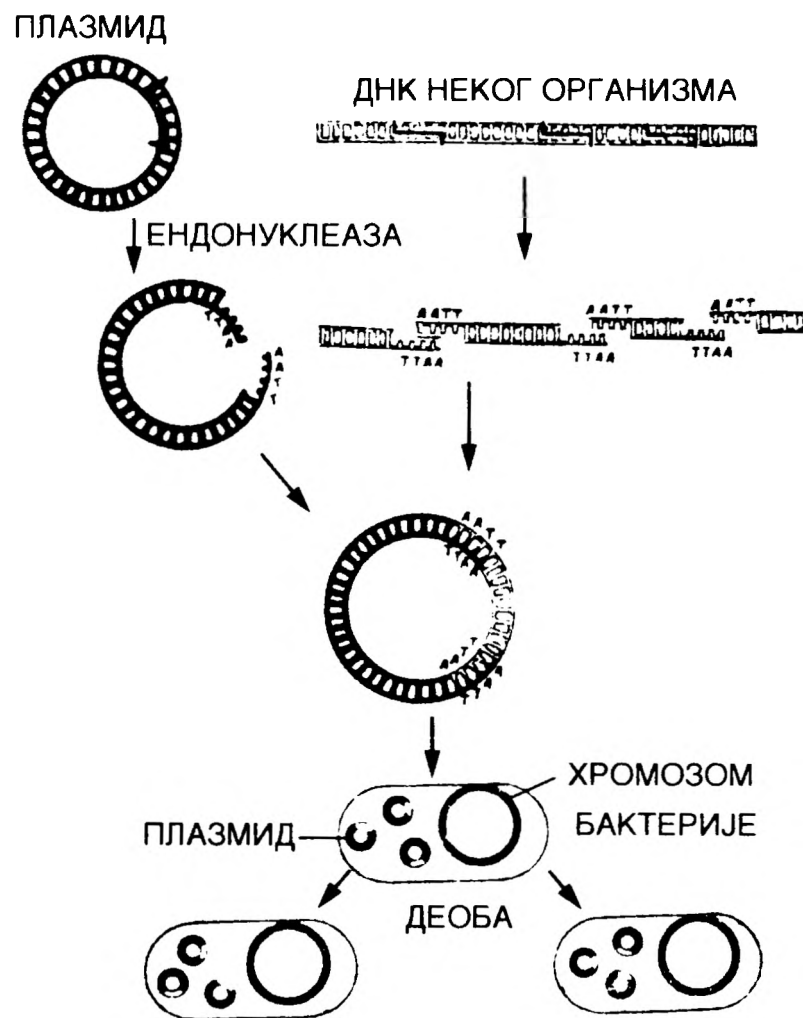
На основу овако израчунате херитабилности могуће је и у неком другом случају предвидети добитак у селекцији одређене карактеристике ако се обезбеде слични услови гајења, тј. услови средине. Добијена вредност h^2 значи да наследни чиниоци за око 1/3 доприносе испољавању те особине, а да је утицај средине за око два пута већи, тј. износи око 67%. При већем h^2 за неко својство лакше је спровести селекцију јер чиниоци средине имају мањи утицај на његово варирање, и обратно.

БИОТЕХНОЛОГИЈА И ГЕНЕТИЧКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Биотехнологија је производна примена живих бића и њихове активности, тј. употреба биолошких структура у производне сврхе. То је доскора био неуобичајен метод производње или прераде биомасе, али исто тако и производње енергије.

Класичне биотехнологије користиле су природне (тј. целе) организме у процесу производње (винарство, пиварство, пекарство итд.). Док се сада тежи примени **продуката** организама (нпр. ензима) у производне сврхе, али исто тако и усмереном прекрајању живих бића како би боље одговорила захтевима индустријске производње.

Прерада биолошких продуката означена је као **биоинжењерство**, а када се преправља генетичка структура организама, примењује се **генетичко инжењерство** које је данас изузетно значајно.



Слика 70. – Пребацивање дела молекула ДНК (гена) у плазмид бактерије

Под **генетичким инжењерством** се подразумева манипулисање генетичким материјалом, при чему се он преноси из једног живог система у други, тако да се добије организам с другачијим комбинацијама гена (слика 70). При том постоји **генско, хромозомско и геномско инжењерство** – у зависности од тога који се део генетичког материјала преноси (мањи делови ДНК, хромозоми или целе гарнитуре хромозома).

Генско инжењерство се састоји у новом комбиновању (тј. рекомбинација) делова различитих или истих молекула ДНК жељених организама. То се обавља у епрувети деловањем специфичних (рестрикционих) ензима способних да на одређеним местима „секу“ ове молекуле. Крајеви таквих одсецака су лепљиви и лако се уграђују у друге молекуле ДНК, стварајући тзв. рекомбинантну ДНК. Генско инжењерство се, према томе, састоји у исецању специфичног генског сегмента, најчешће из неког вишећелијског организма, и у његовом уграђивању у другу ћелију, на пример бактерије, у којој се очекује да ће остварити још ефикаснију производњу жељеног продукта (тј. специфичног протеина).

Као **биореактори** за пријем страних гена најчешће служе бактеријске ћелије врста *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas*, *Streptomyces* и неке друге. У њиховим културама је већ до сада створен читав низ полипептидских хормона, али и других протеина, који се могу произвести у знатно већој количини и послужити, на пример, у прехранбеној индустрији. Тако се само у Енглеској током једне године произведе у лабораторијама око 70 000 тона оваквих једноћелијских протеина, који се користе у исхрани стоке. И док је за производњу само 1 g човековог хормона соматотропина потребно око 700 хипофиза, ова се супстанца може релативно лако произвести од клонираних гена у једноћелијским системима. Уље бразилског дрвета копаибе може се користити као гориво у дизел-машинама, али се ствара у недовољној количини. Сличан производ дају европске млечике, само што им недостаје ензим фарнезилпирофосфатна циклаза који производе један од гена копаибе. Уношењем овог гена у биљке млечике (еуфорбије) омогућила би се продукција знатних количина овог уља.

Коришћењем савремене биотехнологије, у блиској будућности може се остварити реалан и видљив напредак у:

- добијању сировина за хемијску и остале индустрије из других, обновљивих извора биомасе;
- добијању алтернативних форми енергије, коришћењем биомасе и отпадака;
- унапређењу пољопривредне производње стварањем већих количина сточне хране, добијањем вештачких ђубрива, као и активних и мање опасних пестицида;

– заштити животне средине разградњом полутаната и пречишћавањем отпадних вода (нпр. од нафте, фенола итд.);

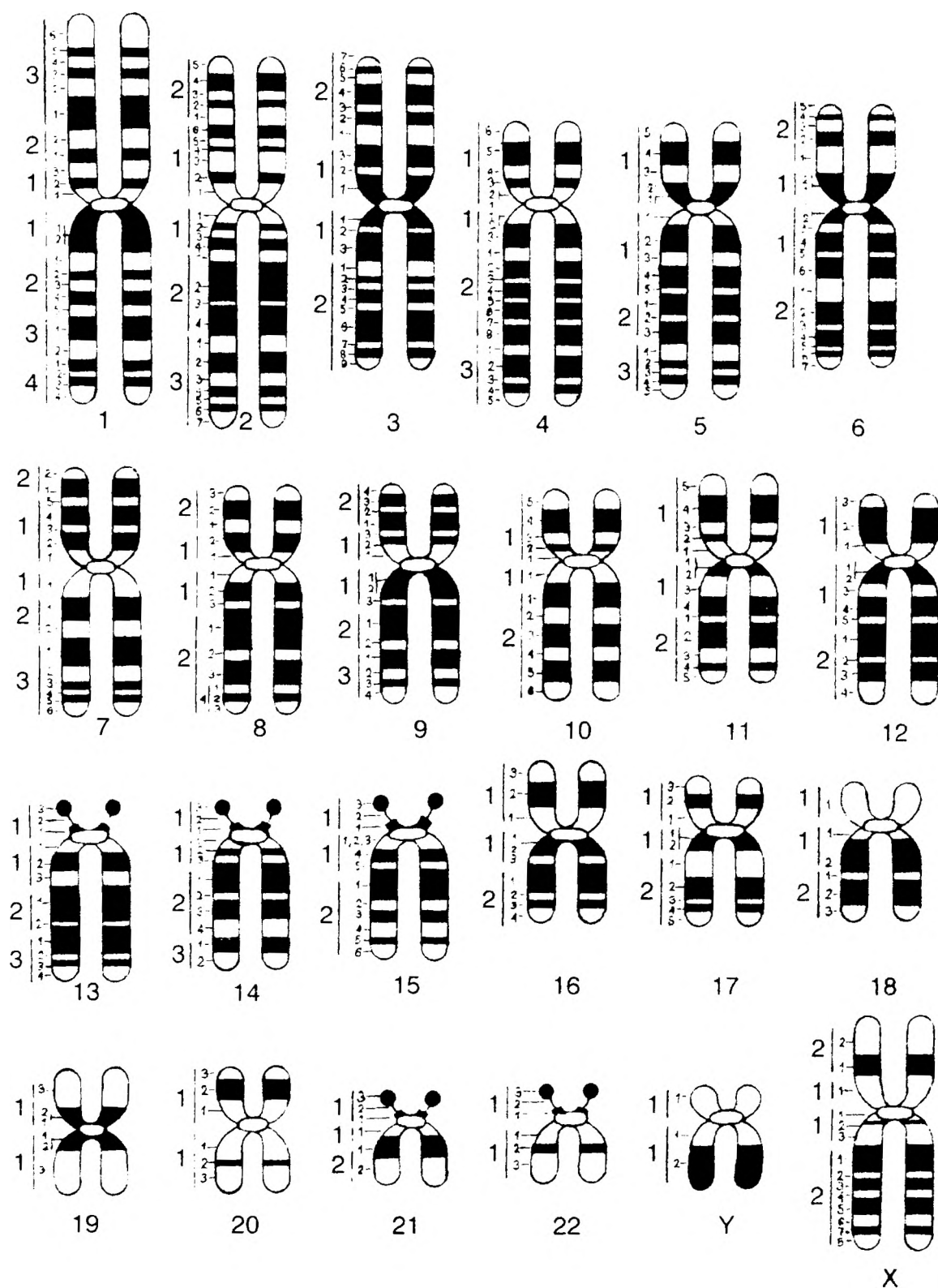
– здравственој заштити (производњом нових антибиотика, вакцина, лекова и дијагностичких агенса).

Од биотехнологије и генетичког инжењерства очекује се да знатно повећају и појефтине **производњу хране** стварањем тзв. једноћелијских протеина, затим повећањем ефикасности фотосинтезе код биљака, уграђивањем гена за фиксацију азота код гајених биљака или код симбиотских микроорганизама. Ово би знатно допринело и **заштити животне средине**. Посебан значај ови поступци имају с медицинског становишта јер биотехнологијом и генетичким инжењерством могу у знатно већој количини (и чистој форми) да се произведу драгоцени хормони или друге материје неопходне за **здравље човека**. Најбољи пример за то је протеински хормон – инсулин, који се у ћелијама синтетише само у малим количинама. Дијабетичари се лече инсулином изолованим из панкреаса свиња или говеда пошто је он веома сличан човековом инсулину. Ипак, ако се дуго даје, организам човека почиње да препознаје овакав инсулин као страног тела и брани се стварањем антитела. Инсулин произведен у бактеријама на човековом гену може се давати без таквих последица, а може се створити у великим количинама за релативно кратко време и уз утросак мањих средстава.

Генетичко инжењерство је поступак којим се утврђује и фина структура одговарајућих делова ДНК, што омогућује дијагнозу неких болести и пре него што се оне испоље. Оно пружа неслућене могућности комбиновања гена и жељених особина, уз стварање нових генотипова који до сада нису постојали у природи.

НАСЛЕДНОСТ И ВАРИРАЊЕ ОСОБИНА КОД ЉУДИ

Човекове телесне ћелије садрже по 46 једарних хромозома, а гамети половину тога броја, тј. 22 + X или Y – хромозом. Парови морфолошки сличних хромозома називају се **хомологим** хромозомима и воде порекло један од оца, а други од мајке. Скуп свих хромозома, како их видимо у ћелији под микроскопом, назива се **кариотип**. Када овако снимљене хромозоме поређамо према величини и изгледу, добијамо **кариограм** (приказан на слици 71). Тако поређани хромозоми човека могу се сврстати у једну од седам група и означавају се почетним словима абетеде: група A – 1 – 3. пар хромозома, група B – 4 – 5. пар, група C – 6 – 12. пар и X-хромозом, група D – 13 – 15. пар, група E – 16 – 18. пар, група F – 19 – 20. пар и група G – 21 – 22. пар и Y-хромозом.



Слика 71. – Карнограм хромозома човека, са назнаком места појединих гена

Код гамета, после редукционе деобе, све јајне ћелије садрже морфолошки исте хромозоме: половину аутозома и један Х-хромозом. Међутим, само половина сперматозоида садржи гарнитуру аутозома уз Х-хромозом, док друга половина има ситнији Y-хромозом. Женски пол је

хомогаметан, а мушки **хетерогаметан**. Од тога који се од два типа сперматозоида споји с јајном ћелијом зависи пол зигота. Сама генетичка детерминација пола састоји се у успостављању генетичке равнотеже између гена смештених у X и Y-хромозомима. Када је присутан само један X-хромозом, гени са Y-хромозомом „преовлађују“ и под њиховим дејством долази до развића мушког пола. Ако ћелије садрже оба X-хромозома, долазе у већем степену до изражаја гени смештени на овим хромозомима, што резултира развићем женских полних карактеристика.

Данас се процењује да ћелије човека садрже око 30 до 100 000 гена (највероватније 40 – 50 000), што значи да се у неком хромозому налази неколико хиљада, а у другом неколико стотина или неколико десетина гена. Чак за око 1 000 гена данас се тачно знају место и функција коју врше, а природа наслеђивања је досада утврђена за преко 5 000 фенотипских особина. Утврђено је да је од досада проучених гена приближно 1/3 полиморфна, тј. има два или више алела, док је око 70% мономорфно, тј. има само један алелни облик (слика 71). Када је реч о утврђеним местима за поједине гене, помињу се они гени који детерминишу крвне групе: тако настанак Rh-групе одређује ген смештен на првом хромозому, MN-групе на другом, ABO система – на деветом, док се на шестом хромозому налази група гена HLA система од кога зависи имунолошка отпорност према многим болестима. Досад је највећем броју гена место утврђено на X-хромозому. Наслеђивање неких фенотипских особина у најједноставнијим случајевима испољава се доминантно, рецесивно или везано за полне хромозоме.

Изразита пегавост лица, рупица на бради, шиљат средњи део косе на челу, испупчене грудне кости (кокошије груди) наслеђују се углавном као аутозомно-доминантне карактеристике, исто као и способност уздужног и повратног савијања језика (неки то не могу да учине, што је условљено паром рецесивних алела).

Рецесивно се наслеђују албинизам (одсуство пигментације коже, обрва и трепавица), светлоплава пигментираност очију, као и ушна ресица затегнуто везана за задњи део вилице. Другим речима, ако су оба родитеља албино, или имају светле очи, или им је затегнуто везан доњи мекани део уха – у великој већини ће сва њихова деца имати на сличан начин изражене наведене карактеристике. Међутим, црномањасте родитељи често имају плавооку децу јер могу бити хетерозиготни за одговарајуће алеле.

Далтонизам, хемофилија и низ других особина контролисани су генима који се налазе у X-хромозому. Особе с нормалним видом склапају боје комбинацијом три дела спектра (црвено, зелено и плаво). Далтонисти немају способност да оформе слику једног од поменутих делова спектра, па не разликују једну од тих боја или некад све три. Узрок је рецесивна мутација гена у X-хромозому, па су мушкарци (XY) чешће **слепи за боје** (око 7% или сваки петнаести) него жене с паром ових

мутација у Х-хромозому ($0,07 \times 0,07 = 0,005$ или свака двестота). Хемофилија је ретка болест (1/10 000 мушкараца), а више од половине оболелих умире у младости због немогућности заустављања крварења. Преноси се преко хетерозиготних женских носилаца који су фенотипски здрави.

Највећи број особина је полигеног карактера (квантитативне). Тако степен пигментираности коже одређују 3 – 5 гена, док узраст, брзину развића или пропорције појединих делова тела контролише знатно већи број гена. На њих много утичу и чиниоци средине. Данас је, на пример, познато да правилна исхрана може довести до вишег раста деце, и обротно.

О утицају наследних чинилаца и чинилаца средине најбоље се може просудити када се упореде једнојајни и двојајни близанци. Ако једнојајни близанци испољавају већи степен међусобне сличности у некој особини него двојајни, то би требало да укаже на веће учешће наследних фактора у испољавању те одлике. Тако су време када дете прохода, крвни притисак или број откуцаја срца у минути код око 65% једнојајних близанаца скоро истоветни, док је то случај код само око 30% двојајних близанаца. Природа наследности особина одређује се и формирањем наследних стабала или филограма (родослова), тј. шема које показују како се нека особина испољава код различитих чланова већих породица у неколико узастопних генерација.

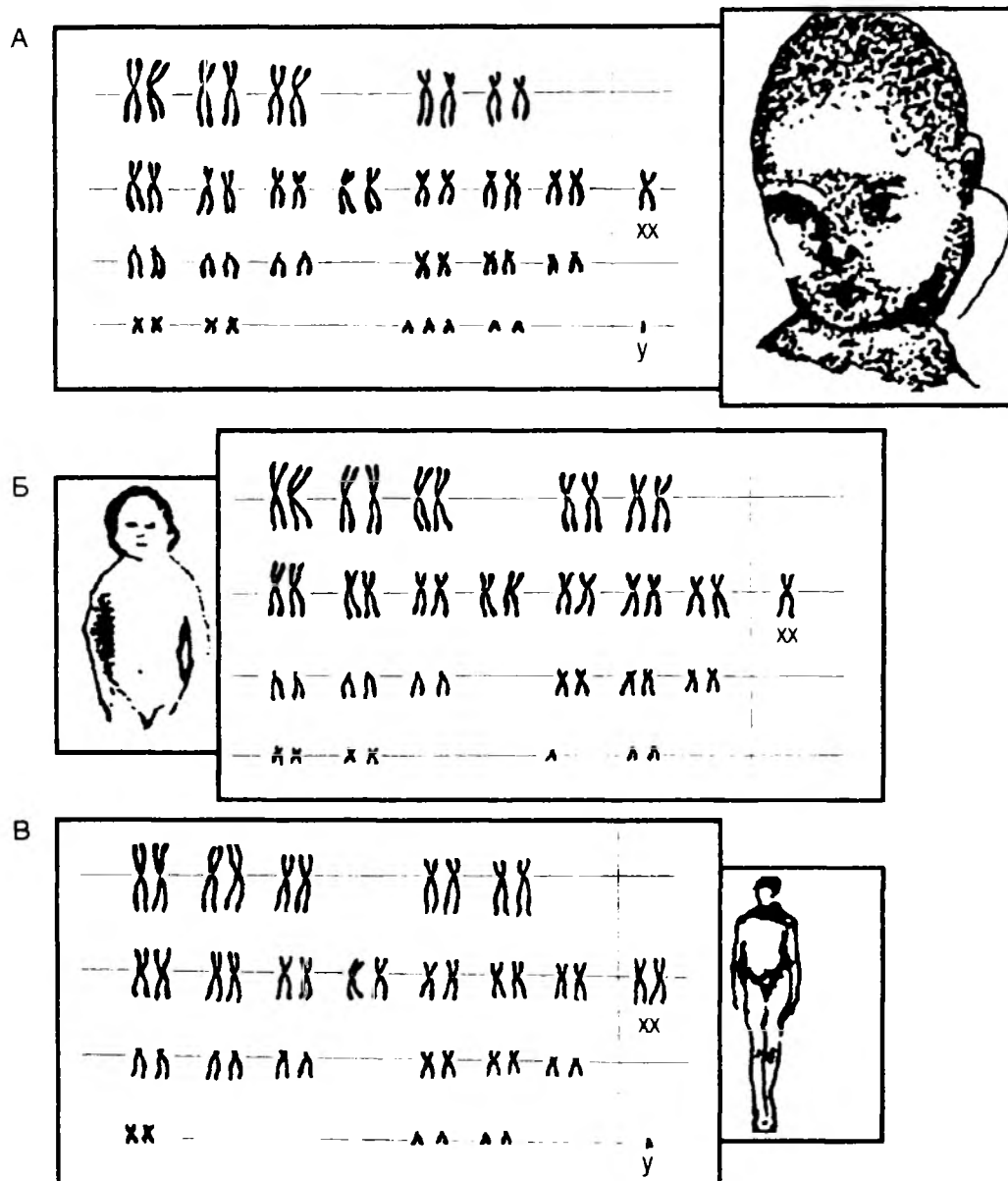
НАСЛЕДНЕ БОЛЕСТИ ЧОВЕКА

Данас је познато да се од стотину деце у просеку 0,5 – 1 рађа с неком ненормалношћу хромозома, а 10 – 15 с неком видљивом манифестацијом промене у једном од гена. Албинизам, сужене зенице (аниридија), наследна зривавост, извесни облици дистрофије мишића, као и низ болести с поремећајима у једној од метаболичких фаза (нпр. фенилаланина) настају када се у хомозиготном стању нађе пар рецесивних мутација једног од гена са аутозомних хромозома.

Ензимопатије су поремећаји који могу настати у метаболизму аминокиселина, угљених хидрата, масти или минералних материја и по правилу су рецесивног порекла. С друге стране, очна катаракта, полидактилија (шестопрстост шака или стопала), хондродистрофија (патуљаст раст) јесу болести које могу бити изазване само једном доминантном мутацијом која се испољава и у хетерозиготном стању.

Многе болести настају услед видљивих промена које су се десиле у једном од хромозома. То су крупни наследни поремећаји који имају вишеструке штетне ефекте, па често доводе и до менталних поремећаја. Један од таквих поремећаја настаје када код 21. пара хромозома посто-

је три (тризомија) уместо два хромозома, припадника G-групе. Ћелије ових особа садрже по 47 хромозома и та промена доводи до низа поремећаја који се називају Даунов синдром или монголоидна идиотија (слика 72). Такве особе су ментално заостале и имају низ органских поремећаја (нпр. у систему за варење и крвотоку), тако да многе од њих не живе дуже од 10 – 15 година. Тризомија 18. хромозома (Едвардсов синдром), затим тризомија 13. хромозома (Патоов синдром), као и одсуство делића једног од крупнијих хромозома В-групе (франц. *Cri-du-chat* – мачји плач детета), јесу најчешће ненормалности које се могу открити на аутозомним хромозомима.



Слика 72. – Примери наследних болести код људи: А – Даунов синдром; Б – Тарнеров синдром; В – Клинефелтеров синдром

Може се десити да један од полних хромозома буде у људским ћелијама прекобројан (XXY – КLINEФелтеров синдром), или да недостаје (XO – Тарнеров синдром). Особе са XXY хромозомима су мушког пола и код њих углавном долази до поремећаја хормоналне природе. Поремећаји су нешто већи кад је у питању губитак X-хромозома и имају као последицу стерилност и мању или већу менталну заосталост.

Старост мајке или оца знатно утиче на учесталост наследних обољења код деце, за шта су најбољи пример тризомије аутозомних хромозома. Код мајки које имају 20 година тек свако 3 000. дете има Даунов синдром, док мајке старије од 40 година рађају овакво дете у 1/50 случајева. Због тога се прибегава откривању хромозомских поремећаја још у току ембриогенезе. Нарочитом методом, која се назива **амниоцентеза**, узима се од мајки мања количина амнионске течности која садржи и ћелије ембриона. Прегледом под микроскопом утврђује се да ли овакве ћелије садрже нормалне гарнитуре хромозома. Уочавање ненормалности омогућава да се благовремено спречи развиће ненормалног организма, наравно ако се на то одлуче сами родитељи.

Иако носиоци штетних мутација, по правилу, не остављају или остављају мало потомства, стално настају нове промене, тако да се број наследних обољења не смањује. Осим тога, неки од хомозиготно штетних гена могу да имају користан ефекат у хетерозиготном стању, па природна селекција под одређеним условима може чак и да их фаворизује. Пример за то је мутација једног од гена који се интермедијарно наслеђује, а изазива деформације у молекулу хемоглобина, чиме се смањује способност апсорпције кисеоника у крви, што доводи до анемије. Када се мутација налази у хомозиготном стању, ћелије еритроцита су деформисаног српастог облика (отуда назив **анемија српастих ћелија**), па њихови носиоци доживе највише 12 до 14 година. Таквом смртношћу хомозиготних носилаца елиминишу се ове мутације из одређене људске популације. Међутим, код хетерозигота који су благо анемични ова мутација повећава отпорност према маларији. У пределима у којима је некада владала маларија ова наследна анемичност зато представља често обољење и оно је веома распрострањено у свету (нпр. на острвима Сардинији и Сицилији, па и код нас на јужном приморју).

Чињеница да су многа наследна обољења рецесивног порекла указује на њихову чешћу појаву код деце родитеља који су у међусобном сродству. Треба рећи да се родитељи и деца налазе у првом, а браћа и сестре у другом степену сродства, из чега се може извести степен сродства између ма која два рођака. Садашњи закони у многим земљама дозвољавају да се склопи брак између рођака у IV степену сродства. Ипак, у европским земљама се склапа само око 1% оваквих бракова. У нашој земљи је дозвољен брак у VI степену сродства, али и до таквих бракова веома ретко долази.

Све већа покретљивост људи (одлазак са села у град и из једних крајева у друге), њихово међусобно мешање, као и разбијање расних, верских, економских и етничких предрасуда при склапању бракова постепено смањују могућност да се код потомака нађу у хомозиготном стању истоветни алели. Истовремено се остварују све разноврсније комбинације генетичког материјала, што би требало позитивно да утиче на даљу еволуцију човека.

ПЛАНИРАЊЕ ПОРОДИЦЕ

Од постанка људског друштва, с мањим застојима приликом великих епидемија, број људи на Земљи се непрекидно повећава. То повећање праћено је повећањем производње хране и материјалних добара, али се као негативан резултат и последица ових промена појављује и повећање загађења средине. Вишак добара који човек ствара је обрнуто пропорционалан броју становника: вишкове производа и хране поседују друштвене заједнице са ниским наталитетом. Зато, ако се имају у виду глобални интереси човечанства, треба да се успори експанзија људске популације јер, осим проблема са храном и загађивањем, појављује се и проблем простора на коме треба да живи тако велики број људи. С друге стране, у развијеним земљама јавља се проблем ниског наталитета који, чак, угрожава постојање неких нација. Зато је планирање породице веома значајно питање садашњег времена.

Планирање породице не може се свести само на ограничење броја деце и на одређивање размака између два рађања. Веома је значајно како и колико родитељи брину о здрављу и васпитању деце. Млади људи данас све раније ступају у сексуалне односе, иако за то нису довољно зрели, нити одговорни. Зато се проблем нежељене трудноће често решава прекидом трудноће. То је најчешћи, али и најлошији метод планирања породице.

Здравствена служба има значајне задатке који се односе на планирање породице. Здравствено-васпитни рад, лечење стерилитета, увођење метода контрацепције и друго само су неке од активности. Социјална заштита има значајну улогу у ширењу схватања о одговорности родитеља. Задатак социјалних радника састоји се, пре свега, у пружању помоћи породици која треба да створи услове за срећно детињство својих потомака.

Стерилитет. – Под стерилитетом се подразумева здравствено стање особе која не може да има потомство. Стерилитет једног брачног друга значи да брачни пар не може да има децу. Брачна стерилност погађа данас око 15% брачних парова. У оваквим случајевима неопходно је спровести испитивање код оба партнера, а не само код жене, јер и мушкарци могу бити узрочници брачног стерилитета (око 40% случајева).

Стерилитет код мушкараца се може јавити услед недостатка сперматозоида у семеној течности, смањеног броја сперматозоида или њихове умањене способности за оплођење.

Узроци ових поремећаја могу бити: прележано запаљење тестиса, обољење семеновада, простате, семених кесица. Ове аномалије се утврђују прегледом сперме и могу се лечити.

Стерилитет код жена је чешћи (јавља се у око 60% случајева), а узроци који га изазивају су различити. Чест узрок стерилитета код жена је запаљење оваријума, али, такође, и појава препрека при сусрету сперматозоида и јајне ћелије, обољење спољашњих гениталних органа или поремећај у раду ендокриних жлезда. Често је узрок стерилитета генетички фактор. Да би се утврдио узрок стерилитета, морају се спровести комплетна клиничка испитивања.

Генетичко саветовање. – Ово саветовање подразумева постављање правилне дијагнозе, процену те дијагнозе и утврђивање ризика појаве неке наследне болести у породици. Исто тако, оно подразумева и страну помоћ стручњака породици у којој наследно обољење постоји. Помоћ се састоји у томе да породица разуме и прихвати проблеме, а затим у налажењу могућности да се последице ублаже. Генетичком саветовању подлежу и бракови између сродника.

Данас постоје методе помоћу којих се наследна болест може открити у пренаталном периоду и то представља значајно достигнуће модерне медицине. За постављање дијагнозе и превенцију наследних обољења све више се користи и ДНК технологија. Може се очекивати да ће се у будућности ова метода примењивати и у лечењу, заменом мутираних гена нормалним генима. Метода је означена као **генотерапија**.

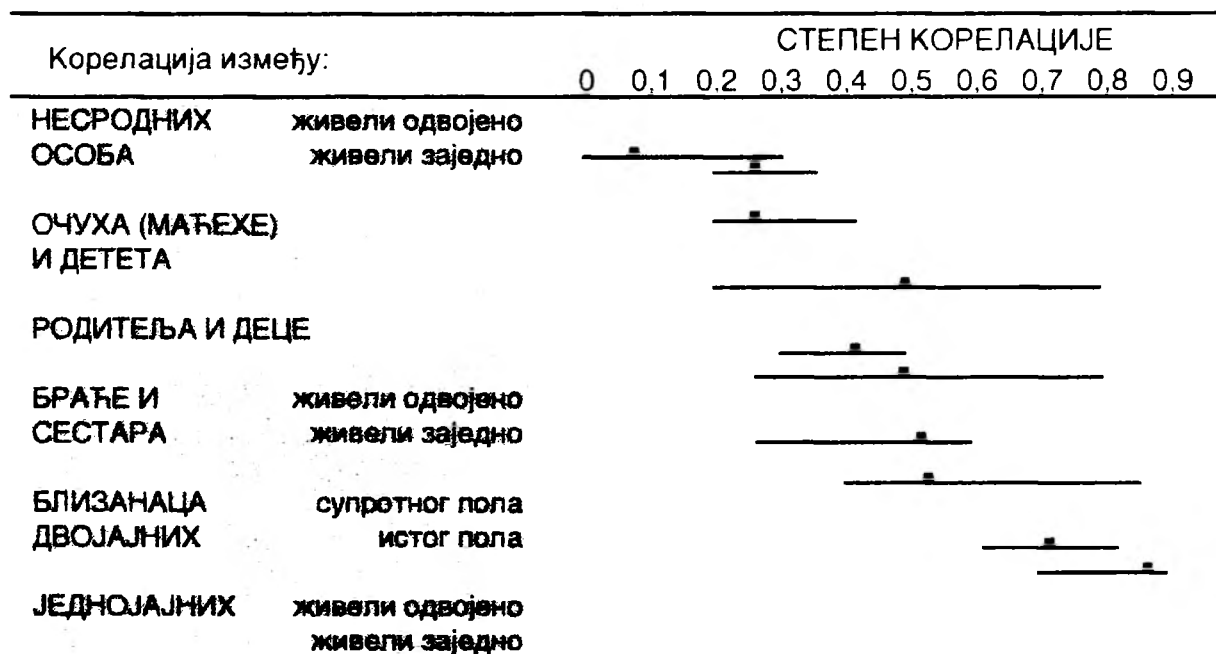
ГЕНЕТИЧКА УСЛОВЉЕНОСТ ЧОВЕКОВОГ ПОНАШАЊА

Гени не контролишу особине понашања директно, већ путем детерминације настанка одговарајућих ензима и других протеина од којих зависе структура и функционисање неурона и других типова можданих ћелија. Осим тога, већина особина понашања не испољава се одмах по рођењу, већ се постепено развија и формира током живота. Тај процес психолози називају развојем личности и он се остварује како под утицајем средине, у најширем смислу речи, тако и под утицајем генетичке конституције сваког појединца.

Постоји више карактеристика нормалне личности чија се наследност и варијабилност могу анализирати. Најинтересантније од њих су: интелигенција, црте личности и таленти.

Интелигенција примарно представља способност човека да решава одређене ситуације. Може се измерити помоћу одговарајућих психометријских тестова, при чему се одређује коефицијент интелигенције (IQ). Овај коефицијент показује, изражено у процентима, однос менталне старости особе (установљене на основу броја поена постигнутих решавањем одређених психолошких тестова) и њене хронолошке старости. Ако је IQ између 80 и 120, интелектуалне способности особе су просечне, изнад 120 су натпросечне, а испод 70 означавају менталну заосталост. Међутим, иако психолози покушавају да сачине тестове који неће зависити од претходног знања и образовања лица која се испитују, до данас овакав идеалан тест није створен. Значи, подаци који се на тај начин добијају имају само релативан значај и не могу се употребљавати за поређење људи који имају различито образовање или припадају различитим културама, односно социоекономским класама.

Већина научника данас сматра да у развићу човекове интелигенције генотип учествује са око 60%, средина са око 30%, а интеракција генотипа и средине са око 10%. Тако под повољним условима (исхрана, нега, васпитање, школа) повољан генотип може у просеку да утиче на развиће IQ са читавих 70% (60 + 10), док у неодговарајућим условима може да смањи степен свога учешћа (слика 73).



Слика 73. – Корелација између коефицијената интелигенције (IQ) код људи

Анализе психолошких **одлика личности** (тзв. персоналности) показују знатан удео наследних фактора у њиховом развијању. Те особине су најчешће под контролом полигена. Тако су у великој мери наследне (или су у корелацији код браће, сестара и блиских рођака) особине темперамента, као интровертност (повученост) и екстравертност (слобод-

није понашање). С друге стране, критичност, интуитивност и осетљивост развијају се у већем степену под утицајем чинилаца средине. Од специјалних способности сматра се да су неоспорно наследне вербалне способности, тј. тачност говора, као и способност оријентације у простору. За способност размишљања и памћења утицај средине, тј. вежбања и учења је одлучујући.

Различити **таленти** такође имају генетичку основу. Музикалност и слух се налазе под јасном генетичком контролом и диспозицијом, мада се у одређеној мери музикалност може и развити током живота. У породицама Моцарта и Баха велики број њихових чланова били су активни музичари, многи од њих веома познати. Близанци Јохан Кристијан и Јохан Амброзијус Бах (отац чувеног Јохана Себастијана Баха) компоновали су и дириговали на толико сличан начин да их ни најближи сарадници нису могли разликовати. Бављење сликарством се такође заснива на јасним генетичким предиспозицијама.

Генетичке промене које доводе до различитих менталних обољења могу бити изазване: видљивим поремећајима (аберацијама) у грађи и броју хромозома, мутацијама појединачних гена или мутацијама полигена.

Аберације хромозома, по правилу, имају као последицу већи или мањи степен умне заосталости јер захтевају (пошто су видљиве) на десетине, па и стотине гена. Поремећаји у полним хромозомима не морају имати овакав ефекат. Тако је само 25% мушкараца који имају вишак једног Х-хромозома (Клинефелтеров синдром) ментално заостало, док су они који имају два Х-хромозома вишка (XXXY) сви ментално заостали. Недостатак једног Х-хромозома код жена (Тарнеров синдром) проузрокује умерено снижење интелектуалних способности, али су такве особе ретко када и ментално заостале.

Већи број менталних обољења настао је услед мутација у појединачним генима, а највећи број спада у ензимопатије, тј. поремећаје у синтези једног или неколико ензима који контролишу значајне метаболичке процесе у организму. Највећи број менталних болести настаје услед мутација у полигенима, тј. у комплексу наследних чинилаца који контролишу поједине психофизиолошке особине људи. Такве болести су: шизофренија, манијачна депресија, епилепсија и други психоневротични поремећаји. Ако од шизофреније оболи један од дизиготних близанаца, у око 15% случајева оболеће и други, док код монозиготних близанаца та вероватноћа износи 80%. Међу јединкама које нису у било каквом сродству ова коинциденција износи свега 1%. Међутим, утицај чинилаца средине на испољавање оваквих обољења је прилично значајан и не може се занемарити.

Сви поменути примери односе се на тзв. **аберантне** особине понашања, али треба рећи да постоје и такве особине које у нешто мањој мери одступају од нормалног понашања и означавају се као **девијантне**

особине понашања. Такве особине су, на пример, склоност ка криминалу или самоубиству, коришћење алкохола или дрога, као и многа друга понашања која одступају од уобичајеног стандарда понашања. Коинциденција за оваква понашања је виша код монозиготних него код дизиготних близанаца, мада не толико висока као код абератних понашања. Овакве особине налазе се под полигенском контролом, што значи да је и утицај чинилаца средине на њих веома значајан, посебно кад је реч о склоности према алкохолизму.

ОСНОВИ ЕВОЛУЦИЈЕ

ПОРЕКЛО ЖИВОТА НА ЗЕМЉИ

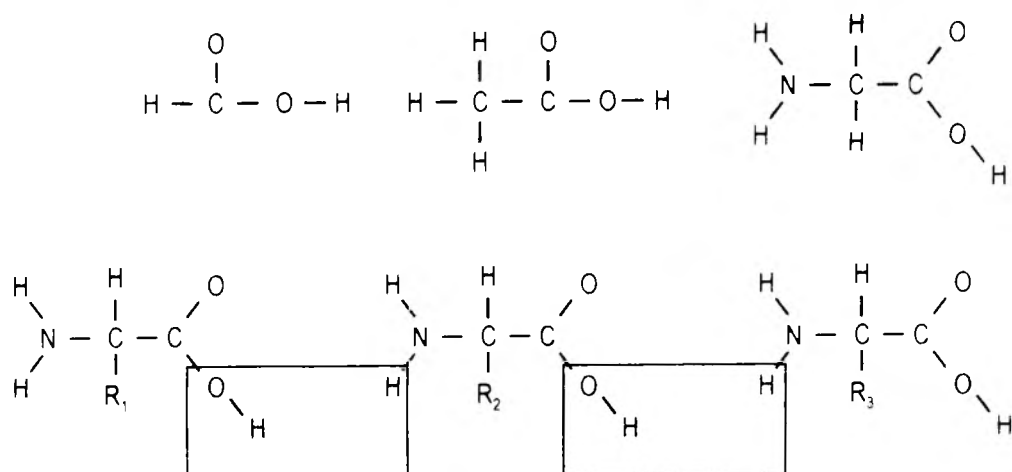
Живот је настао на Земљи пре око 4 милијарде година, али је појави првобитних живих система претходила хемијска еволуција која је могла трајати и милијарду година. Најстарији фосили који пружају доказ о постојању микроорганизама на Земљи стари су око 3,2 милијарде година.

На површини првобитне Земље физичке и хемијске одлике воде и угљеника омогућиле су да се створе прва једињења од којих је почела хемијска, односно предбиолошка еволуција. Услови су могли бити веома различити на појединим деловима Земље, али је свуда била присутна слободна енергија (Сунчево ултравиолетно зрачење, јонизујуће зрачење, водени таласи, топлота, електрична пражњења) која је могла помоћи одвијању бројних хемијских процеса.

Под дејством ултравиолетног зрачења вода се разлагала на водоник и кисеоник, који се све више накупљао у атмосфери. Вероватно је прошло милијарду година док атмосфера није постала засићена кисеоником, а тада је могло доћи до оксидације низа већ постојећих једињења: CH_4 и CO_2 , NH_3 и NO_3 , H_2S и SO_2 . Затим су могли настати и сложенији молекули, као што су метил-алкохол, формалдехид, мравља киселина, који су са кишом доспевали у првобитни океан. Тамо су ступали у реакцију са амонијаком и цијановодоником, из чега су настајале најпростније аминокиселине и једињења типа аденина. Због засићености различитим органским материјама створио се површински слој океана дебљине и до 1 км, састава сличног супи (**првобитни бујон**).

Данас постоје и експериментални докази да је стварање аминокиселина и других органских малих молекула било могуће из неорганских елемената. Ако се електрично варничење пропусти кроз смешу гасова метана и амонијака у присуству водене паре, могу се добити и сложенија једињења: глицин, аланин, аспарагинска, ћилибарна или млечна киселина. На такав начин могу се добити и основни састојци неуклеинских киселина – аденин, гуанин, AMP, ADP и ATP.

Полимеризовање ових још једнако простих органских молекула у сложеније био је следећи стадијум хемијске еволуције (слика 74).



Слика 74. – Типови молекула чијим су спајањем могле настати прве аминокиселине

Тако су постале најпростије беланчевине, липиди, нуклеинске киселине. Посебно је значајно да су полипептиди и полинуклеотиди истовремено настајали, јер је то омогућило обједињавање способности синтезе полипептида са способношћу њихове каталитичке активности. Саморепродукција нуклеинских киселина не може се спровести без каталитичког дејства низа ензима, док се синтеза одређених беланчевина путем издуживања полипептидних ланаца не може остварити без постојања информације о њиховој грађи, која се чува у одређеном делу молекула нуклеинске киселине. Највише изгледа да се одрже имали су молекули полипептида и полинуклеотида, код којих је каталитичка способност била усаглашена са способношћу за саморепродукцију. На тај начин се стварала предбиолошка селекција за усаглашавање ове две групе процеса, тако што су они молекули који су били међусобно усклађени опстајали и могли да стварају још сложеније системе.

Једни од тих молекула обезбеђивали су постепено растење и усложњавање структура (нпр. полипептиди и полисахариди); други су омогућавали да се процеси одвијају све брже (јони гвожђа, кобалта, бакра, калцијума или органски катализатори); трећи су одређивали којим редоследом ће се процеси одвијати (полинуклеотиди типа упрошћене једноланчане РНК); четврти су цепањем свога молекула ослобађали неопходну енергију која се користила да би се одвијали сви поменути процеси.

Од полипептида су се стварали и све савршенији каталитички системи (**праензими**), који су знатно успешније од јона појединачних елемената убрзавали хемијске процесе. На пример, ензим каталаза убрза-

ва разлагање водоник-пероксида на воду и кисеоник око 20 000 пута, док јони кобалта то чине за свега 10 пута.

Процеси полимеризовања молекула вероватно су се морали одвијати у дубљим слојевима првобитног Земљиног воденог омотача, јер ултраљубичасто зрачење разграђује овакве молекуле. Када је концентрација сложених молекула била довољно велика, почели су се стварати капљичасти системи – **коацервати** – у којима се обављало усложњавање хемијске грађе. Асимилацијом материја из спољне средине ове капљице су расле, а затим су се распадале на мање капљице. Оне код којих је редослед растења био стабилнији и бржи, опстајале су и размножавале се на више мањих. Тако су се стварали све стабилнији системи код којих су се све брже синтетизовале материје и усавршавала поновљивост процеса.

Сматра се да је **живот** настао онда када је редослед процеса достигао такву поновљивост да је систем из својих делова могао поново да изгради једну исту целину, тј. да оствари **саморепродукцију**. Овакви самопоновљиви системи мора да су првобитно настали на једном одређеном месту, највероватније у Земљиној хидросфери, одакле су се временом распространили по целој планети. Постоји много доказа да сви организми који данас живе на Земљи имају заједничко, тј. **монофилетско порекло**.

Руски научник Опарин поставио је теорију о постанку живота из слузавих беланчевинастих капљица, коацервата, на једној одређеној етапи Земљине историје. Према тој теорији, различите хемијске реакције у топлим водама праокеана довеле су до настајања органских система у којима су преовладавале беланчевине. Они су се, у виду лоптастих творевина, нагомилали у води. Из таквих коацерватних капљица, током дугог времена, образовали су се једноћелијски организми. Коацерватни системи су морали имати особине које су временом прерасле у особине живих организама.

Британски научник Холдејн поставио је сличну теорију, али су по њему прво настали нуклеотиди који су полимеризацијом могли да образују кратке молекуле нуклеинских киселина (вероватно рибонуклеинске киселине). Они су, по свој прилици, могли да одређују редослед аминокиселина при образовању кратких пептидних ланаца. То је морало да се догађа у присуству енергије и неких катализатора у елементарном облику.

Како ове две теорије нису у супротности, а заједно доприносе разјашњавању процеса који су довели до појаве живота, повезивањем њихових ставова дошло се до јединствене Опарин-Холдејнове теорије која је углавном прихваћена у научним круговима.

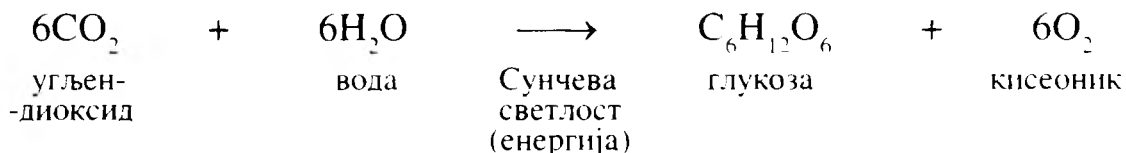
БИОХЕМИЈСКА ЕВОЛУЦИЈА ПРВОБИТНИХ ЖИВИХ СИСТЕМА

Претпоставља се да су првобитни организми настали у средини која је садржала доста органских материја, уз скоро потпуно одсуство слободног кисеоника. Из спољне средине могли су да узимају органске супстанце и да их прилично брзо разлажу на простије састојке помоћу својих ензима, на пример на угљен-диоксид и алкохол, користећи ослобођену енергију за неке од процеса у своме организму. Овде се ради о **ферментацији**:



Исхрана ових организама може се означити као **хетеротрофна** јер они користе материје које се налазе у спољашњој средини. Услед све интензивније потрошње, овакве материје су постајале све ређе, па су се у овим организмима морали усавршавати процеси њеног искоришћавања.

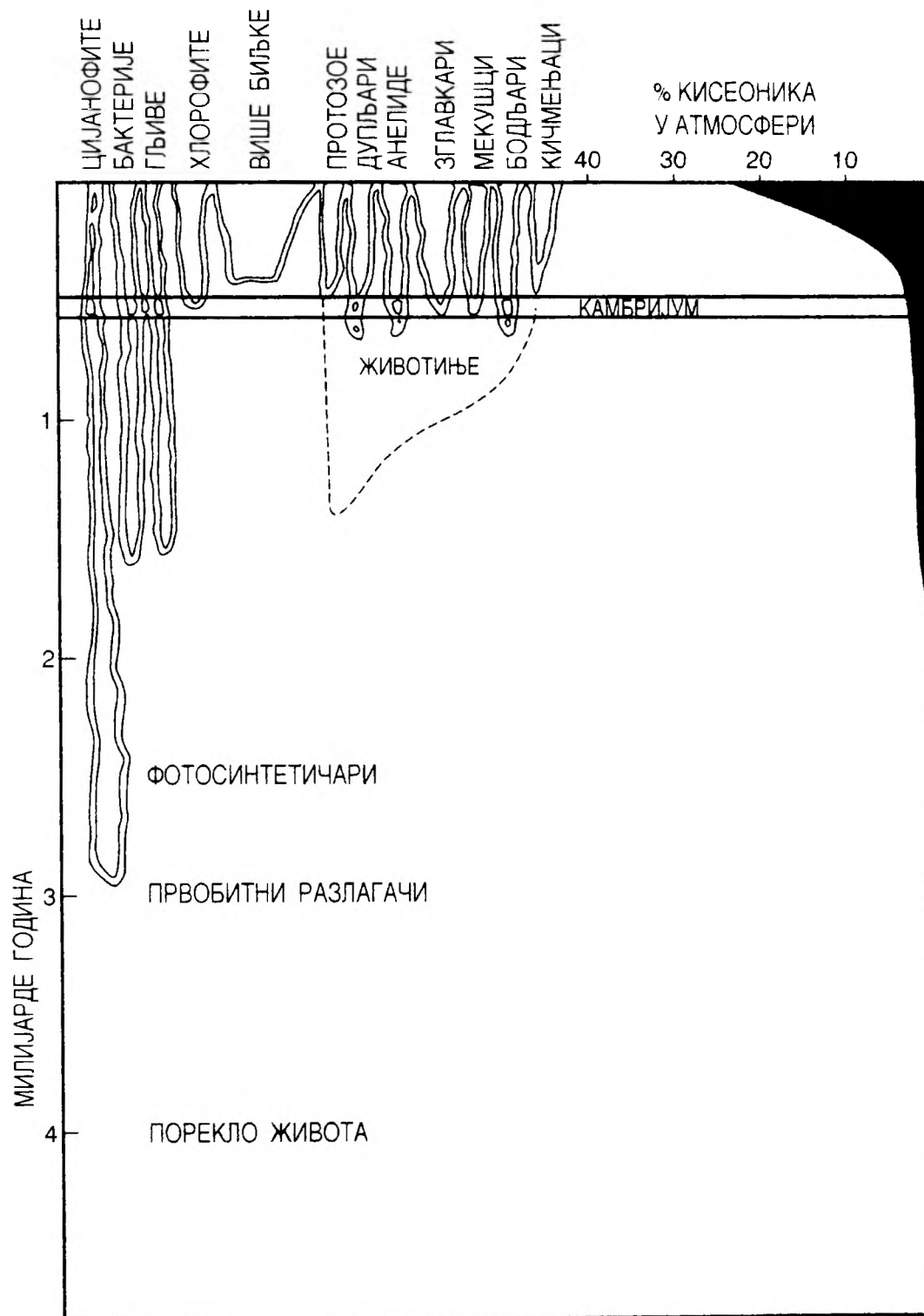
Код неких од првобитних организама развила се способност да користе светлост као енергију за издвајање водоника, на пример из воде или из водоник-сулфида, да би њиме редуковали угљен-диоксид и тако створили молекуле богате хемијском енергијом, као што је глюкоза:



Овај процес је основа **фотосинтезе**. Њиме се организму омогућује да сам ствара храну за свој опстанак, тј. да ствара сложеније молекуле чијим разлагањем може користити енергију за друге процесе. Зато се такав начин исхране назива **аутотрофан**.

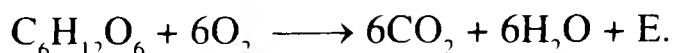
На овом ступњу еволуције многи облици живота који нису могли да користе Сунчеву енергију морали су да пропадну (слика 75). Неки од њих постали су паразити, живећи на рачун оних који су могли да врше фотосинтезу. Појава фотосинтезе датира пре нешто више од три милијарде година и прва је оставила траг стварањем кисеоника. Све веће присуство кисеоника у ваздуху изазивало је оксидацију минерала Земљине коре, тако да су стене од тог времена постајале браонкасте или црвенкасте, док су старије стене биле црнкасте или зеленкасте. Постепено се количина кисеоника у атмосфери повећавала све већом активношћу и бројем организама који су вршили фотосинтезу, па се сматра да је кисеоник достигао значајну присутност у атмосфери негде пре ма-

ње од две милијарде година. У горњим слојевима атмосфере образовао се слој озона који је знатно успешније штитио жива бића од ултраљубичастог зрачења. Сматра се да су у то време постали и прави ћелијски облици са формираним спољним мембранама које су могле учествовати инвагинацијама у образовању појединих органа.



Слика 75. – Постанак првобитних органских група

Како се кисеоник постепено нагомилавао, неки од ових организама развили су механизме за његово коришћење, па су могли да оксидују своје отпадне продукте све до H_2O и CO_2 . Тиме је искористљивост постојеће хемијске енергије била потпуна:



Оксидовањем се из исте количине шећера ослободи око 35 пута више енергије него ферментацијом. При томе се у спољну средину ослобађа угљен-диоксид, чиме се надокнађује његова потрошња фотосинтезом.

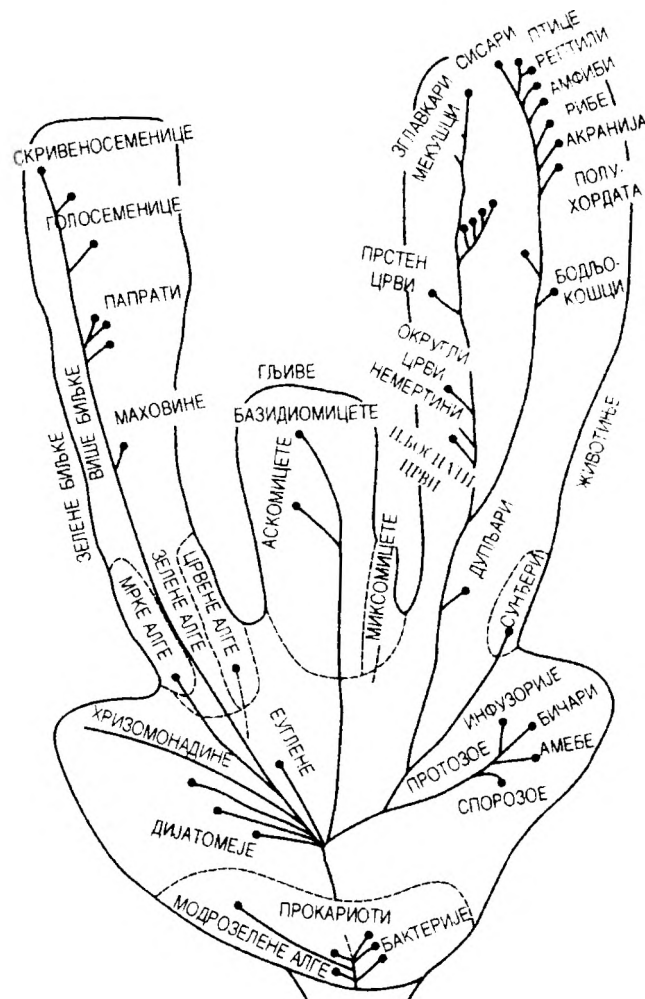
Хетеротрофни организми, способни да ферментацијом стварају енергију, морали су бити потиснути настанком аутотрофних облика. Из неких од њих могли су настати секундарни хетеротрофи који су користили органске материје образоване фотосинтезом аутотрофа, али су били способни да користе кисеоник за ослобађање енергије.

Од аутотрофних облика су касније постале **биљке**, а од хетеротрофних аеробионата су постале **животиње**, тј. потрошачи органских материја које стварају аутотрофи.

ЕВОЛУЦИЈА И ФИЛОГЕНИЈА – ПОСТАНАК ПОЈЕДИНИХ ГРУПА ОРГАНИЗАМА

Живот је настао пре око 4 милијарде година, а организми су се оспособили да сами синтетизују органске материје скоро милијарду година касније. Најстарији фосилни остаци организама стари су око 3.2 милијарде година и то су најпростији прокариоти који су могли да обављају фотосинтезу. Вишећелијски облици (еукариоти) постали су пре нешто више од 1,5 милијарде година – фосили неких алги и гљива из овог времена нађени су на подручју Канаде.

Прве аутотрофне биљке биле су, по свој прилици, зелене и модрозелене алге које су слободно лебделе у води, а пре нешто више од милијарду година постале су зелене и мрке алге које су биле причвршћене за дно мора у коме су живеле. Процеси обogaћивања континенталних делова Земље минералним материјама, бактеријама и модрозеленим алгама омогућили су да се деси важна промена у еволуцији – прве биљке су прешле на сувоземни начин живота. Псилофите су прве пре око пола милијарде година покриле приобалне делове тадашњих мора. Настале су важне промене у проводном систему и у покровним ткивима. Диференцирају се корен, стабло и лист, а затим се развијају архегоније, код којих женски гамети могу бити заштићени.



Слика 76. – Порекло основних група живих бића

Од тренутка изласка на суво биљке су еволуирале у два правца – у правцу развоја полне генерације или гаметофита код маховина и у правцу развоја бесполне генерације спорофита (све остале биљке). Овај други правац показао се погоднијим за сувоземне услове: већ у девону (тј. пре око 340 милиона година) развиле су се читаве шуме папрати и голосеменица, а неке врсте достизале су висину и од 40 метара.

Скривеносеменице су се појавиле у јури, тј. пре нешто мање од 200 милиона година. Испољиле су велике предности: развијенији проводни систем, цвет и плод; снабдевање клице резервама хране (ендосперм); смањен гаметофит; брже развиће клице и семена. Цветнице су се рано диференцирале у монокотиле и дикотиле (слика 76). Данас на површини Земље живи око 500 000 врста биљака.

Први трагови животиња нађени су у слојевима старим више од 800 милиона година. То су били представници сунђера, дупљара, неки црви и зглавкари. Већ пре око 550 милиона година у морима камбријума налазили су се скоро сви основни типови бескичмењака.

Према познатом немачком биологу Ернесту Хекелу, вишећелијски облици (*Metazoa*) постали су од претка који је био налик данашњој ко-

лонији протозоа *Volvox*, па се тај предак инвагинацијом (увлачењем) једне стране лопте развио у организам сличан организму данашњих дупљара. Међутим, према нашем познатом биологу Јовану Хацију, вишећелијске животиње су постале од једноћелијских вишеједарних протозоа, и то тако што се цитоплазма изделила и формирала вишећелијски организам сличан данашњим најпримитивнијим плоснатим црвима. Од ових предака су, на једној страни, регресивном еволуцијом постали дупљари, а, на другој страни, прогресивном еволуцијом су се развили преци данашњих ваљкастих и прстенастих црва.

Пре око 460 милиона година настали су први хордати, оклопне рибе сличне данашњим колоуостама. Сматра се да су постали у слатководним басенима, па су касније освајали мора и океане. Први инсекти су постали пре око 300 милиона година, а врхунац су достигли стотинак милиона година касније, када су се појавиле цветнице.

Пре око 350 милиона година појавили су се копнени кичмењаци – рибе шакоперке, од којих су неки, слични данашњим дводихалицама, могли живети и у води и на копну, тј. могли су узимати атмосферски ваздух. Од њих су се нешто касније развили простији водоземци – стегоцефали, а од друге велике групе риба шакоперки развиле су се кошљорибе.

Пре нешто мање од 300 милиона година настали су први сувоземни кичмењаци – примитивни гмизавци. Пре око 250 милиона година они су се диференцирали у биљоједе (корњаче), месоједе (змије и крокодиле), а неки су се вратили у воду. Једна група гмизаваца чак осваја и ваздушну средину. Од посебне групе гмизаваца ће постати птице пре око 140 милиона година, а приближно у исто време Земљу насељавају и огромни гмизавци – биљоједи (диносауруси), док од зверогуштера постају сисари.

Сисари, птице и инсекти доживели су процват пре око 70 милиона година. Примати су се појавили пре око 55 милиона година, а грана из које су постали преци човека издвојила се пре 30 милиона година. Човеков несумњиви предак аустралопитекус живео је пре десетак милиона година.

ДОКАЗИ ЕВОЛУЦИЈЕ

На основу многобројних доказа утврђено је да постојећи организми воде порекло од оних који су живели у прошлости. Такође, основне структуре, које су заједничке за поједине групе организама, постојале су код заједничких предака. Сви живи облици на Земљи стога имају монофилетско, тј. општезаједничко порекло.

Најубедљивији докази о заједничком еволуционом пореклу свих организама на Земљи могу се наћи на биохемијском, односно молекулском нивоу. Дезоксирибонуклеинска киселина се налази код свих орга-

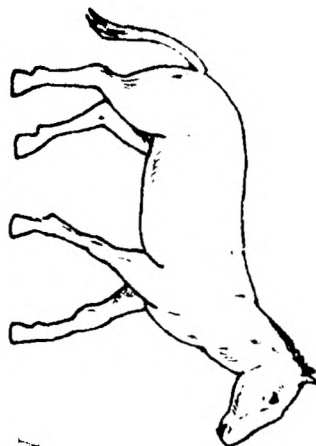
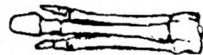
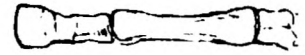
низама као носилац генетичког материјала који обезбеђује саморепродукцију, развиће и променљивост особина сваког од тих организама. Структура ДНК је код свих организама у основи иста и састоји се од четири типа нуклеотида (А, Т, Г, С), чији редослед условљава грађу и функцију појединих гена. Само код појединих вируса, уместо ДНК, молекул РНК је носилац генетичке информације. Осим тога, код организама најпростије грађе и величина молекула ДНК је најмања (код прокариота и нижих еукариота), док је код група које се налазе на вишим стадијумима еволуционе лествице молекул ДНК и за више од 1 000 пута већи него код бактерија.

Даљи доказ о заједничком пореклу органског света је **ћелијска структура** свих организама. У свакој ћелији заједничке су основне органеле које омогућавају функционисање организма. То су хромозоми, митохондрије, ендоплазматична мрежа, Голџијев апарат, лизозоми, центрозоми и ћелијска мембрана, док се код биљака, поред поменутих органела (осим центрозома), у ћелијама могу уочити пластиди. Сви вишећелијски организми почињу своје онтогенетско развиће једном ћелијом (зигот), која настаје код бисексуалних облика спајањем мушког и женског гамета, после чега се кроз одређен број генерација ћелијских деоба и њихову диференцијацију оформљује организам одређене врсте. Тако се организам одраслог човека формира кроз 46 – 50 генерација ћелијских деоба, па садржи укупно око дванаест хиљада милијарди ћелија. И док се код сисара ове ћелије диференцирају у 200 – 250 различитих типова (ткива), код инсеката се налази око 100 – 150 типова ћелија, код кишне глисте око 60, а код протозоа – само један.

Докази о анатомско-морфолошкој сличности међу организмима показују на убедљив начин да организми појединих таксономских група имају заједничко порекло. **Хомологије**, или сличности по пореклу, могу се најбоље илустровати на примеру скелета кичмењака који показују сличну грађу код различитих представника, без обзира на то што су се поједини органи касније специјализовали за различите функције. Тако, предњи екстремитет жабе, гуштера, птице, слепог миша и човека има веома сличну грађу костију (од рамењаче до прстију), без обзира на саввим различиту улогу (пливање, ходање, летење или манипулисање стварима).

Аналогије, или сличности по функцији, могу нас навести на закључак да поједини органи (или организми) имају већи степен сличности него што је то стварно случај. Тако је облик тела делфина и морског пса врло сличан, мада први припада класи сисара, а други класи риба.

Палеонтолошки подаци. – До ових података долази се проучавањем фосилних остатака организама који су живели у далекој прошлости. Они пружају најубедљивију слику о начину постанка појединих група организама или њихових органа и органских система.

К		Е		Н		О		З		О		И		К	
ЕОЦЕН		ОЛИГОЦЕН		МИОЦЕН		ПЛИОЦЕН		ПЛЕИСТОЦЕН							
															
<i>Eohippus</i>		<i>Mesohippus</i>		<i>Merychippus</i>		<i>Pliohippus</i>		<i>Equus</i>							
															

Слика 77. – Еволуциони низ постапка коња

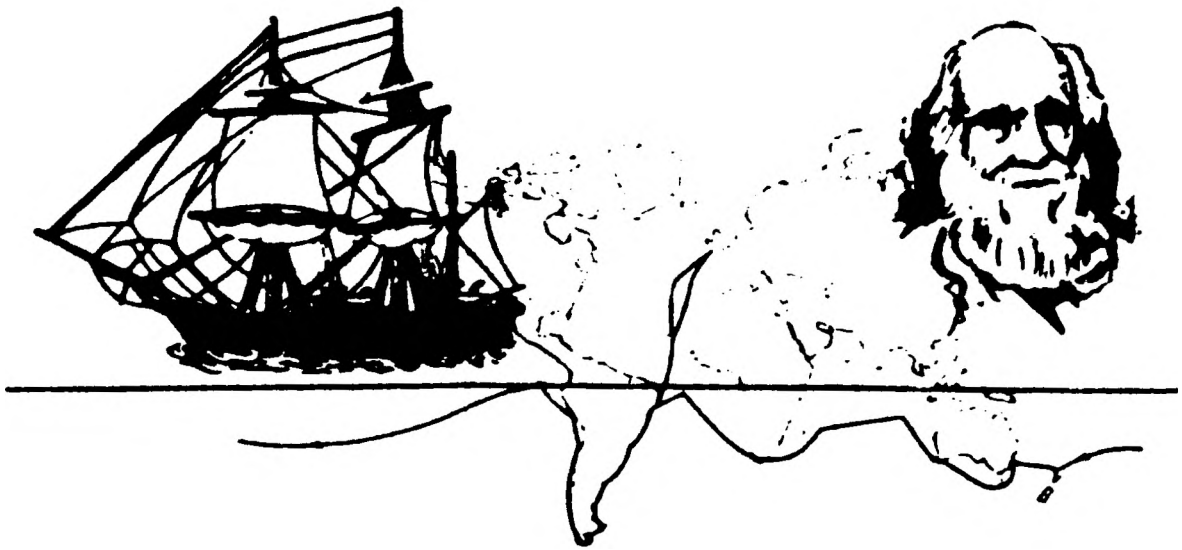
Прелазне форме су фосилни остаци организама који су живели у прошлости и представљају доказ да су једне групе организама постале од других. Тако је *Seymouria* (из перма) прелазна форма између водоземаца и гмизаваца. Праптице *Archaeornis* и *Archaeopteryx* (из јуре) прелазне су форме између гмизаваца и птица. Зверогуштери (нпр. *Synognathus* из тријаса) прелазне су форме између гмизаваца и сисара. Примера ради, праптице су имале реп са 18 – 20 пршљенова, канце на врху крила, кљун са зубима, пљоснату грудну кост. С друге стране, тело им је било покривено перјем, имале су крила, могле су да лете и биле су топлокрвне животиње.

Еволуциони низови су фосилни остаци из различитих геолошких периода који омогућују да се прати еволутивни постанак неког органа, дела тела или врсте организма. Најпознатији је еволуциони низ предака данашњих коња, који показује како је од малог *Eohippusa* (мањег од овце, који је живео пре педесетак милиона година) постао данашњи коњ (род *Equus*), са по једним (средњим) прстом на свакој нози, док су му бочни прсти током еволуције закржљали (слика 77). Сматра се да су ове промене настале као прилагођеност на промену климе и настанак степских предела у прошлости, јер су веће телесне димензије и дуже ноге са само једним прстом омогућавале брже трчање. Овакве еволутивне низове налазимо и код других организама, на пример код слонова (еволуција зуба), пужева (еволуција облика љуштуре) и сл.

ДАРВИНИЗАМ И САВРЕМЕНО СХВАТАЊЕ ОРГАНСКЕ ЕВОЛУЦИЈЕ

Основне поставке на којима се заснивају наша схватања о процесима и механизмима органске еволуције први је изнео и свестрано обраложио енглески природњак Чарлс Дарвин половином XIX века.

До средине XIX века прикупљено је довољно података о томе да су сложени организми настали од организама простије грађе. Ови подаци, као и појава филозофских схватања и научне мисли, допринели су развоју једне свеобухватне теорије о еволуционом развоју живог света на Земљи. Теорију еволуције, засновану на деловању природне селекције и опстанку организама који су способнији да се прилагоде условима средине, први су сачинили и скоро истовремено објавили (1858) енглески природњаци Чарлс Дарвин и Алфред Волес. При том је Дарвин сакупио знатно више доказа и примера за своје теоријске поставке, које је детаљно разрадио, тако да се на њима заснивају и данашње теорије о еволуцији живота на Земљи. За своју теорију еволуције прикупљао је податке преко двадесет година, а резултате је објавио у свом великом делу *Поштанак врста иушем природној одабирања*, 1859. године.



Слика 78. – Дарвинов пут бродом „Бигл“ 1831–1836. године

Дарвин је пошао од чињенице да способност организама да размножавањем дају велики број потомака превазилази могућности средине за опстанак свих тих јединки у природи. Полазећи од **пренасељености**, Дарвин постојање сличног броја организама у свим генерацијама објашњава деловањем сталне **борбе за опстанак**. Пошто се борба за опстанак одвија међу јединкама које се одликују великом **разноврсношћу**, само најбоље прилагођене јединке ће преживети. Тиме се врши стално **природно одабирање (селекција)** јединки које су носиоци најповољнијих карактеристика у датим условима средине.

Наслеђивањем најповољнијих одлика у следећим генерацијама стварају се могућности да још већи број јединки испољи овако повољне одлике. Тиме се остварује еволуциона **прилагођеност** организама и њихових врста. До борбе за опстанак може доћи између јединки истих, али и различитих врста, при чему преживљавају способнији облици.

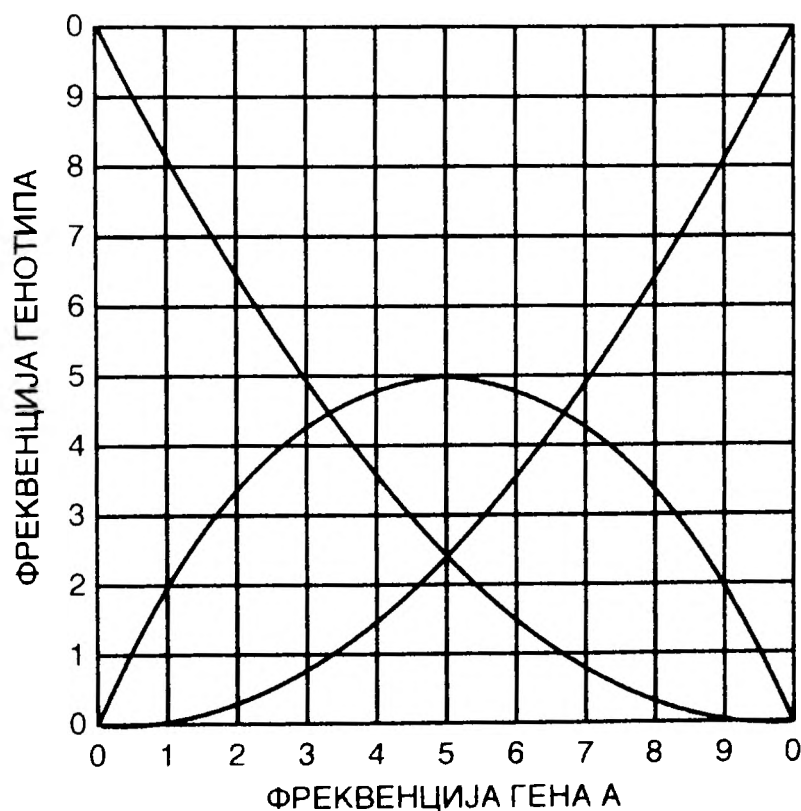
Дарвин је први изнео претпоставку да је извор разноликости организама у сталном настајању ситних наследних промена, **мутација**, а да путем природне селекције опстају само организми са најповољнијим комбинацијама ових наследних одлика. Сматрао је да су борба за опстанак и селекција најјаче изражене код јединки са сличним одликама. Организми који одступају од најчешћих форми имају, по Дарвину, веће изгледе да преживе јер су изложени блажој међусобној борби за опстанак и селекцији. Испољавање њихових одлика код потомака требало би да води постепеном дивергирању ових форми у различите врсте.

Већину својих теоријских поставки Дарвин је заснивао на посматрањима у природи, а већ тада је одлично познавао бројне примере вештачког одабирања домаћих животиња и гајених биљака.

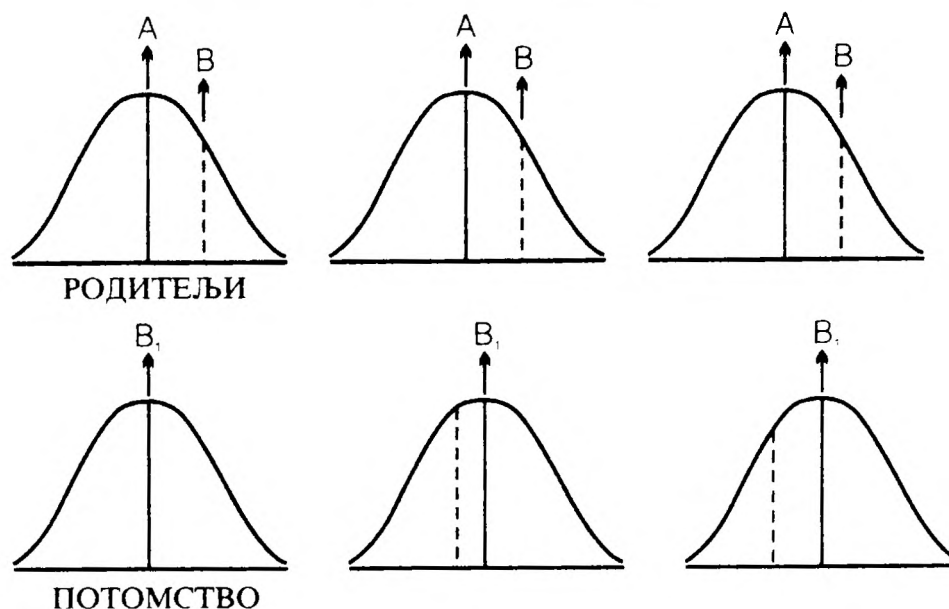
Дарвинова теорија еволуције је основ свих савремених учења о еволуцији живог света. У својој књизи Човеково порекло (1871) Дарвин први пут објашњава да је човек постао од заједничких мајмуноликих предака као и остали примати, истичући значај усправног хода, употребе руку и рада за развој људске врсте.

Захваљујући Дарвиновим поставкама данас знамо да су бројне прилагођености различитих органских врста настале у процесу еволуције, и то сталним деловањем природне селекције. На тај начин опстају генетичке варијанте способније од других да преживе у датим условима средине и да оставе потомство. Савремена открића у биологији не само да су подржала Дарвиново учење о принципима еволуције живог света већ су и омогућила да се на различитим нивоима, од молекулског до морфолошко-физиолошког, пруже докази о механизмима еволутивног развоја органских система. Дошло се до схватања да основна јединица еволуционе применљивости није индивидуа или врста, већ **популација** јединки одређене врсте која насељава одређен простор и има специфичну структуру. Утврђено је да је еволуциони процес јединствен, било да се ради о постанку врста или о вишим систематским категоријама.

Чиниоци који доводе до промена у саставу једне популације (слика 79), тј. до измена које могу бити основ еволуционих кретања, јесу: мутације, селекције, миграције и генетичка случајност. Ови фактори се називају **еволутивни фактори**.



Слика 79. – Промене у учесталости генотипова AA, Aa и aa, у зависности од учесталости алела A и a, када је популација у генетичкој равнотежи



Слика 80. – Могући начини деловања селекције (слева надесно): одсуство дејства, делимична и потпуна селекција; А – средња вредност родитеља; В – селекционисане групе јединки

Мутације су основни извор наследне променљивости организама. Пошто дају нове облике гена, логично је да имају утицаја на промену у генској (тј. алелској) структури популације.

Селекција. – Важан фактор еволуције јесте селекција јер се њеним деловањем адаптивно усмеравају промене настале мутацијама. Селекцијом се мења учесталост генских алела у популацији, што доводи до измењеног састава. Селекцијом се не врше увек промене у једном истом правцу (слика 80).

Чак и када је нека наследна варијанта веома повољна за своје носиоце, она је таква под специфичним условима средине. Када се ти услови измене, нека друга варијанта може бити фаворизована. Дуговременим деловањем на више генерација јединки, селекција може довести и до усмерених измена у структури популација. Тако се постепено и дешавају еволуционе промене. Интензивном вештачком селекцијом биљака или животиња промене се могу изазвати и за краће време, али када се престане са тим вештачким одабирањем, популација опет тежи да успостави своју ранију структуру, или неку нову генетичку равнотежу.

Миграције (сеобе). – Структуру једне популације могу, такође, изменити миграције на тај начин што већи број јединки из неке друге популације пређе у прву, и обратно. При томе су промене пропорционалне броју јединки које су мигрирале, као и степену генетичке разлике између две популације које размењују своје индивидуе.

Генетичка случајност. – То је појава која може довести до промена у структури популација – уколико су оне мање величине. Може довести и до наглих промена, нарочито ако се од једне веће популације одвоји мањи број јединки (које могу имати специфичну структуру) и заснује нову популацију.

Сви поменути фактори еволуције не делују појединачно, већ заједно, мењајући структуру природних популација. Популације не мењају лако свој генетички састав, па је потребно дуговремено деловање ових чинилаца да би дошло до еволуционих промена.

АДАПТАЦИЈЕ И ПРИРОДНА СЕЛЕКЦИЈА

Способност опстанка једног генотипа у природи најбоље се мери његовим репродуктивним успехом, односно бројем потомака које оставља следећој генерацији. **Адаптивна вредност** или **фитнес** означава релативни репродуктивни успех групе јединки одређеног генотипа, тј. број њихових репродуктивно зрелих потомака следеће генерације у односу на неки други генотип исте популације. На пример, ако АА и аа генотип дају за 20% и 10% мање потомака од Аа генотипа, њихове адаптивне вредности (W) износиће 0,8 и 0,9. Скуп фактора који смањује њихову адаптивну вредност чини селекциони коефицијент (S). Адаптивна вредност и селекциони коефицијент допуњују се до 1, тј. 100% ($W+S=1$).

Код природних популација различитих врста организама утврђено је да њихове јединке садрже огроман број генских мутација, нарочито оних рецесивног карактера. Када се нађу у хомозиготном стању, овакве мутације најчешће имају штетан ефекат по своје носиоце, па се називају генетичка оптерећења. Термин **генетичка оптерећења** односи се на свако смањење адаптивне вредности дела популације које је резултат присуства генетичке варијабилности организама.

Поставља се питање на који се начин у природи одржава оваква полиморфност која води елиминацији својих носилаца када се остваре специфичне комбинације генских алела, нарочито када се они нађу у хомозиготном стању. Два су основна начина којима се објашњава ова појава:

– елиминисање мутација путем негативне селекције генотипова са смањеном адаптивном вредношћу надокнађује се настајањем нових мутација гена;

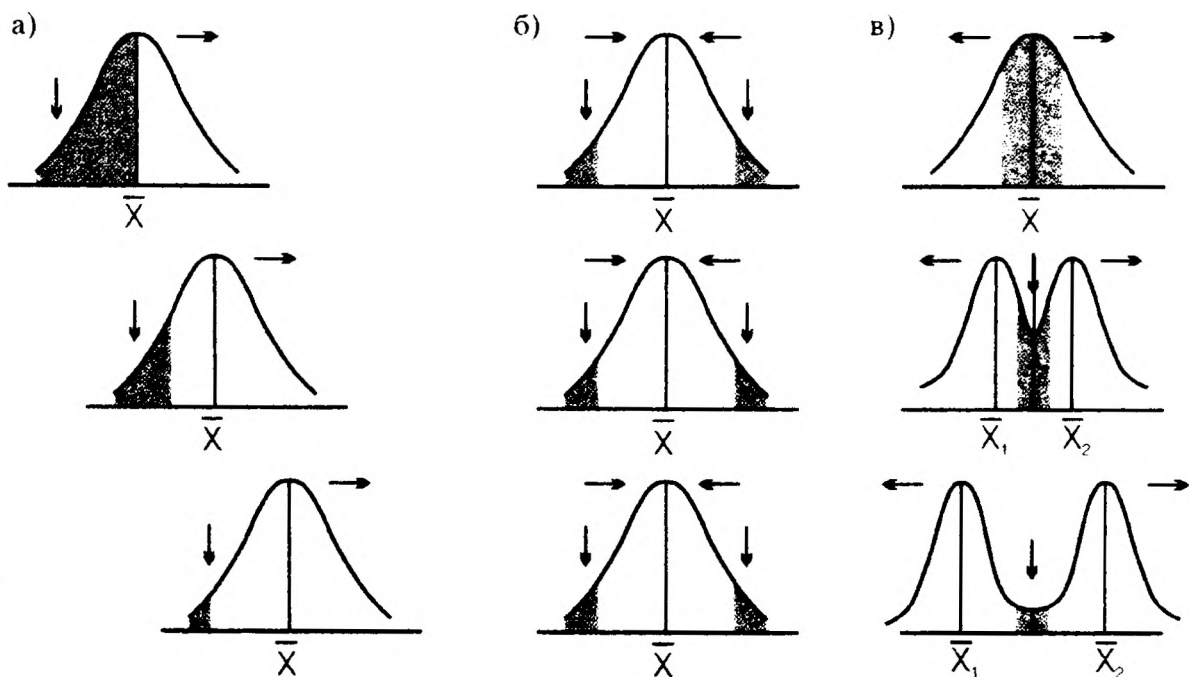
– мутације које су штетне у хомозиготном стању могу бити корисне у другим комбинацијама (нпр. у хетерозиготном стању), чиме се успоставља равнотежа, тј. биланс између њихових штетних и корисних ефеката.

Из свега изнетог може се схватити да у популацијама јединки не морају да постоје категорије као што су најбољи или најгори генотипови (или фенотипови). Наиме, и једни и други могу да стварају тзв. нормалне јединке, у зависности од услова под којима се остварује њихово развиће.

Ипак, укрштањем јединки које су у међусобном сродству знатно се повећава вероватноћа да ће се код њихових потомака испољити штетне последице када се њихове мутације за већи број гена нађу у хомозиготном стању. Још је Дарвин био импресиониран бројним прилагођеностима помоћу којих биљке са хермафродитним цветовима избегавају самооплођење. Када се код детелине вештачким путем спроведе самооплођење, број биљака се за само неколико генерација смањи више од три пута. Слично се дешава код лука или кукуруза. Код људи – супружници који су у међусобном сродству имају видљиво увећану пропорцију деце са наследним малформацијама.

Према типу промена које се одвијају у структури једне популације, могу се разликовати најмање два основна типа селекције:

- **прогресивна селекција** (динамичка, дирекциона или центрифугална), која повећава адаптивну норму популације, и
- **стабилизациона селекција** која адаптивну норму популације одржава константном (слика 81).



Слика 81. – Дирекциона (а), стабилизациона (б) и вишесмерна (в) селекција

Један од облика прогресивне селекције јесте и вишесмерна (дивергациона) селекција. Она фаворизује поједине комбинације генских алела, које, затим, могу имати сасвим различит фенотипски ефекат; дакле, може деловати у више различитих праваца.

Поред прогресивне и стабилизационе селекције, које делују на усмерен начин током већег броја генерација, постоји и **балансна (равнотежна) селекција**, која изгледа представља најчешћи облик селекције у природи. Она води већој адаптираности популација на променљиве услове средине, без сталног деловања у одређеном правцу.

Балансна селекција делује на више начина:

- генски алели могу бити елиминисани у хомозиготном облику, али фаворизовани у хетерозиготним комбинацијама (**хетеротичан баланс**);
- генски алели могу бити фаворизовани код једног пола, а елиминисани код другог пола (**сексуални баланс**);
- генски алели могу бити фаворизовани на једном од стадијума развића, а да њихови носиоци слабије преживљавају на неком другом стадијуму развића (**развојни баланс**);
- поједини генски облици могу бити елиминисани у једном интервалу времена (нпр. у једном годишњем добу), а фаворизовани у другом (**временски баланс**);
- различити генотипови могу насељавати различите еколошке нише, чиме се избегава компетенција и омогућује одржавање генетичке разноврсности у популацији (**еколошки баланс**);
- поједини ретки фенотипови могу бити фаворизовани у репродуктивном смислу, а када постану чести (тј. уобичајени) могу поново постати дефаворизовани.

Један од најбољих примера који илуструје **хетеротичан баланс** је појава болести таласемије (на Сардинији и Сицилији) и анемије српастих ћелија (у Западној Африци), о чему је раније било говора.

Селекција која зависи од учесталости фенотипа заснива се на фаворизовању ретког фенотипа, чиме се спречава да он буде елиминисан из популације. Код инсеката, од две групе мужјака неједнаке бројности, женке ће обично одабрати оне који су ређи, што је касније утврђено и код других организама, на пример водоземаца. Такође, није редак случај и у односима предатора и плења да се овај први храни варијететом плења који је чешће присутан у популацији, јер је на њега више навикао. Тако се птице много чешће хране пужићима који имају уобичајену боју љуштуре него онима који имају редак фенотип. Ово доводи до повећања учесталости ретких фенотипова (односно генотипова или одређених генских алела), а када они постану чешћи – селекција ће престати да их фаворизује. На тај начин учесталости појединих алела осцилују око одређене вредности јер их овај тип балансне селекције третира на различит начин, у зависности од њихове присутности у популацији.

Не треба заборавити да је и дирекциона селекција против рецесивног алела (тј. његовог фенотипа када је он у хомозиготном стању) најмање ефикасна када је он веома редак јер је тада овакав алел само присутан код нормално варијабилних хетерозигота. При потпуној елиминацији хомозиготно-рецесивног алела потребно је свега 18 генерација да се његова фреквенција смањи са 50% на 5%, 182 генерације да се редукција изврши са 5% на 0,5%, а чак 1 818 генерација да се (уз остале константне услове) учесталост рецесивног алела смањи са 0,5% на 0,05%.

Треба рећи да еколошки услови одређују и правац и врсту селекције, а тиме и правац еволуције популације, па и саме врсте. **Прогресивна селекција** делује у складу с променама животне средине, **стабилизациона** – у средини где су услови релативно повољни, тако да елиминише новонастале промене, а **балансна селекција** уноси промене које могу имати различите ефекте и доприноси не само одржавању већ и повећању генетичке разноврсности.

ПОСТАНАК ВРСТА И ТЕОРИЈА СПЕЦИЈАЦИЈЕ

Органске врсте се састоје од популација међусобно сличних организама који могу да насељавају сасвим различите пределе у границама свога распрострањења и способни су да међусобним укрштањем дају плодно потомство. Међусобна сличност јединки исте врсте (пчеле, речни ракови, жабе или веверице) изражава се преко читавог низа морфолошких и физиолошких особина, као и специфичног коришћења одређених услова средине (станишта и исхране). Јединке исте врсте имају у својим ћелијама једнак број скоро истоветних хромозома, што сведочи о великој сличности њихове генетичке грађе. Као важан знак распознавања врсте узима се способност њених јединки да се међусобно укрштају. Јединке различитих врста, чак и када су међусобно веома сличне (тзв. сестринске врсте), у природи се по правилу не укрштају. Ако се то и изведе вештачким путем, најчешће не долази до спајања гамета (оплођења), или се развиће плода зауставља на једном од раних стадијума. Веома се ретко дешава да потомци настали укрштањем две различите врсте (нпр. магарца и коња) дају потомство које достигне одрасли стадијум, али је оно и најчешће стерилно (мула и мазга).

Постоји више начина настанка врста и тај процес назива се **специјација**. Најчешћи начин је постепена измена структуре међусобно удаљених или међусобно изолованих популација и њихова дивергенција под дејством различитих услова средине. Дуговремено деловање селекције доводи до промене генетичке структуре популације у сагласности са постојећим условима средине. Постепено долази и до делимичне



Слика 82. – Врсте Дарвинових зеба које су настале у условима изолације на острвима Галапагоског архипелага

репродуктивне изолованости јединки које припадају различитим популацијама и тада их можемо прогласити различитим подврстама. Када после веома дугог времена одвојености (тј. изолованости) дође до таквих измена да се јединке двеју популација не спарују међусобно када их ставимо заједно, онда већ можемо говорити да је дошло до настанка различитих врста (слика 82).

Овакав процес дивергенције међусобно удаљених или еколошки изолованих популација у различите врсте назива се **алопатричка специјација**. То је веома спор процес, тако да је за образовање посебне подврсте потребно у просеку 10 – 100 000 година, а за постанак нове врсте – од 100 000 до 5 000 000 година.

Данас је једва могуће да у оквиру групе популација које насељавају исти шири простор и које нису међусобно изоловане дође до дивергенције у различите врсте. Овакав начин постанка врста, у који верује мањи број научника, назива се **симпатричка специјација**.

Најлепши пример за алопатричку специјацију описао је Чарлс Дарвин у свом делу *Постанак врста њихом природној одабирању* и односи се на постанак врста зеба на Галапагоским острвима, око 1 000 km западно од северних делова Јужне Америке. На овим острвима Дарвин је боравио 1835. године, као члан експедиције брода „Бигл“ (енгл. пас трагач). Галапагоски архипелаг се састоји од педесетак острва вулканског порекла на које је у прошлости дошла, вероватно уз помоћ ветра, мања група једне врсте зеба из Јужне Америке. Пошто су се размножиле, ове зебе су настаниле већину Галапагоских острва и ту оформиле засебне популације. Свака од популација користила је специфичне услове средине (вегетације и исхране), тако да се мењала у одређеном правцу дивергирајући у засебну подврсту, а касније у посебну врсту. На овој групи острва, међусобно удаљених 10 – 150 km. образовало се 13 различитих врста зеба, које се чак могу сврстати у три различита рода. Када су мала острва постала пренасељена, зебе су мигрирале и населиле већа острва. Ту су се сада нашле различите врсте јер међу њима не долази до репродуктивних контаката. Неке од тих врста су специјализоване за тражење хране по земљи, друге на кактусима, треће на дрвећу.

Интересантно је навести да је на Кокосово острво, северозападно од Јужне Америке, такође у далекој прошлости долетела група зеба, али оне нису дивергирале у различите врсте. Кокосово острво није архипелаг и зебе су овде еволуирале у посебан, јединствен род који се разликује од јужноамеричких предака, али се у симпатричким условима њихове популације нису могле раздвојити у различите врсте. Оваква еволуција назива се **филетичка еволуција**.

Коеволуција је појава истовремене еволуције популација различитих врста које су у међусобним интеракцијама. Како су популације свих врста делови одређених животних заједница, интеракције међу оваквим групама јединки различитих врста су веома значајне за разумевање еволуционих промена. Коеволуција је такав низ промена при којима адаптивна вредност сваког генотипа зависи од густине популације и генетичке композиције саме врсте, као и од врста са којима је она у интеракцији. При томе, свака еволуциона промена једне врсте условљена је еволуционим променама које су се оствариле код других врста.

Основни облици интеракције између две врсте могу бити:

- кооперација – сарадња у остваривању одређених услова за живот;
- предаторство – коришћење друге врсте (плена) за исхрану;

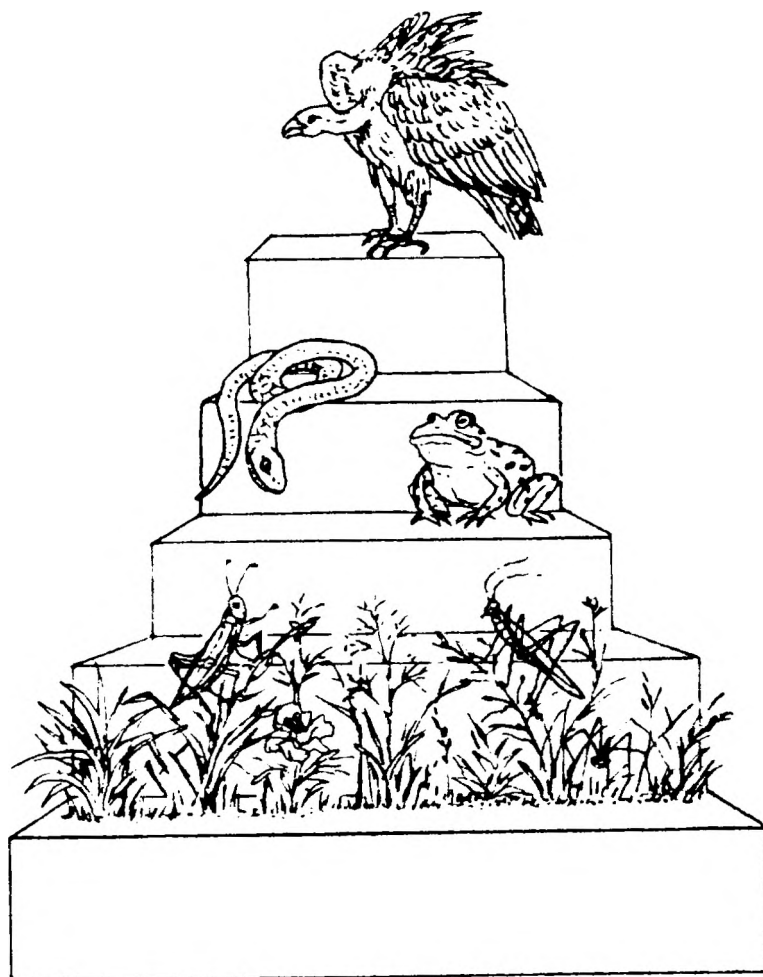
– паразитизам – живот на рачун других организама, најчешће без уништавања домаћина;

– конкуренција – борба за сличне услове простора, исхране, начина живота.

Предаторство и паразитизам имају заједничко то што су за једну врсту позитивни, а за другу негативни. То су односи исхране, при чему једна врста служи као храна другој, с том разликом што паразити не убијају своју жртву. Паразитизам је веома распрострањен и вероватно не постоји врста која нема својих паразита.

Конкуренција настаје као резултат конкурентских односа међу врстама у борби за животни простор, изворе хране и друге услове средине у којој живе (слика 83).

Две врсте са идентичном екологијом не могу да живе заједно на истом простору у исто време. Коегзистенција у тзв. засићеним стаништима неминовно је повезана са еколошким разликама између ових врста.



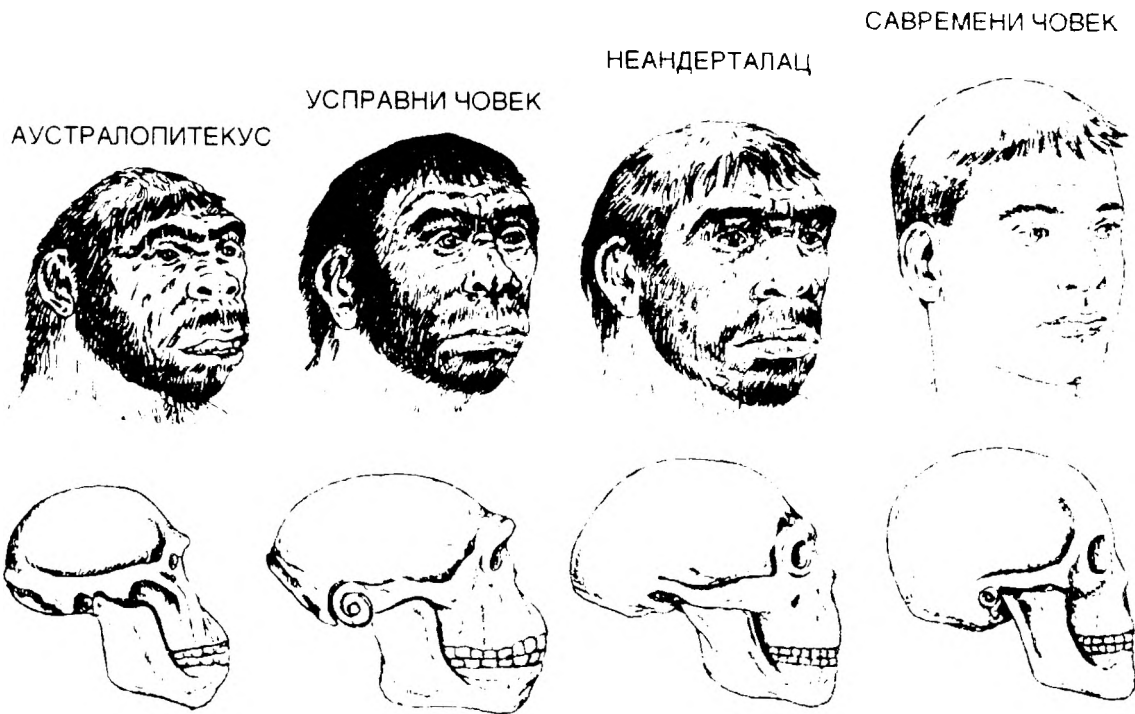
Слика 83. – Ланац исхране

ПОРЕКЛО И РАЗВОЈ ЧОВЕКА

Филогенетско стабло примата од којег је постао човек образовало се пре око 20 до 25 милиона година. То су највероватније биле неке врсте рода *Driopithecinae*, од којих су, с једне стране, постали човеколики мајмуни (*Pongidae*), а, с друге стране, преци човека (*Hominidae*). Пре око 15 милиона година издвојила се линија од које су постале данашње шимпанзе, гориле и човек. Један од могућих предака човека, **рамапитекус**, хранио се углавном биљкама на земљи и живео пре око 12 милиона година на тлу Индије, али је од њега остала само једна вилична кост. Доказано је да је предак човека **аустралопитекус**, који је живео пре више од 5 милиона година у централној и јужној Африци (*australis* – јужни), био висок око 150 cm, ходао бипедално и имао запремину лобање од око 600 cm³. Аустралопитекус је употребљавао камен и дрво као оруђе за рад, чиме је могао да обезбеди веће количине биљне и животињске хране, а кретао се отвореним теренима и сакривао по пећинама.

Следећи стадијум у филогенији човека био је тзв. вешти човек, *Homo habilis*, који је живео пре око 2,5 до 3 милиона година. Много је фијније обрађивао камено и дрвено оруђе за рад и оружје за одбрану од непријатеља. Све то још више долази до изражаја код тзв. усправног човека – *Homo erectus*-а, чији нађени остаци потичу из периода од пре 1,5 милиона година и касније. Запремина лобање усправног човека износила је већ око 850 до 1 200 cm³. Само на афричком континенту пре милион година живело је око 130 000 људи, а овладавање оруђима за рад, боље коришћење оружја и усавршавање групног начина лова ослободили су усправног човека да крене у освајање новог континента – Евроазије, где је оформио неколико раса, а то су хајделбершки, пекиншки и јавански човек. Усправни човек је користио ватру, ловио и крупну дивљач, поседовао делимичну способност артикулисаног говора, а од пре око 250 000 година његова бројност на Земљи је процењена чак на више од три милиона.

Од усправног човека изгледа да су настале две гране пре око 150 – 200 000 година. Неандерталски човек (*Homo neandertalensis*) насељавао је већину евроазијског континента у периоду од 200 000 до 40 000 година пре наше ере. Био је снажне грађе, висок око 160 cm, крупног лица, ниског чела, истурене вилице, али са запремином лобање од 1 400 до 1 500 cm³. Његови фосилни остаци нађени су и у Крапини у Хрватској. Бавио се ловом на крупну дивљач, али и сакупљањем биљних плодова, семена и хватањем ситнијих животиња. Храну је пекао на ватри, а понекад се одликовао и канибализмом. Сахрањивао је своје мртве уз извесне верске ритуале, што наговештава најпримитивније облике религије. Његову заједницу карактерисало је одређено социјално уређење, али, изгледа још није овладао правим артикулисаним говором (слика 84).



Слика 84. – Еволуција човекове лобање и реконструисане главе

Друга грана усправног човека настала је пре око 100 – 120 000 година негде у западним деловима Азије или североисточним деловима Африке. То је *Homo sapiens* или кромањонски човек, чија је основна одлика била потпуна способност артикулисаног говора. Његов скелет је био нежније грађе у односу на неандерталца, али је био вишег раста, високог, усправног чела, а лица и лобање налик на савременог човека, при чему је запремина лобање била око 1 400 cm³. Кромањонац је био на нешто вишем ступњу цивилизације, са знатно израженијим смислом за сарадњу и друштвени начин живота. Употребљавао је камено оруђе финије обраде и израђивао га знатно вештије од претходника, а такође и оруђе од костију и рога. Има знакова да је употребљавао и лук и стрелу. Примењивао је извесне религиозне обреде и испољавао одређене уметничке способности, о чему говоре цртежи у пећинама у Француској и Шпанији.

Негде пре 40 – 50 000 година дошло је до тога да је кромањонски човек заменио неандерталца у јужним деловима Европе, као и у другим пределима. Ради се о некој врсти постепеног потискивања, уз евентуалну асимилацију, тако да је неандерталски човек практично нестао пре 35 – 40 000 година. Сматра се да је кромањонски човек вероватно дивергирао на три сада постојеће расе. Ако је артикулисани говор (омогућен специфичном мутацијом и променом у ларинксу) настао пре 100 – 120 000 година, изгледа да се група монголоидних популација издвојила пре око 90 000 година, а да су се негроидне и кавказоидне популације раздвојиле неких двадесет хиљада година касније. Такође је до-

шло до постепене миграције кромањонаца и њихове асимилације са афричким и азијским популацијама, што је потрајало можда и дуже него на европском континенту. Пре око 25 000 година дошло је до драматичних миграција огромних размера у источним деловима Азије. Тада су насељавана јапанска и индонежанска острва, а група популација је преко Беринговог мореуза прешла на северноамерички континент, раздвојивши се на групу која је касније дала Ескиме и на групу која је населила Америку (амерички Индијанци).

Из свега до сада изнетог види се да је човек испољавао социјалне одлике од самог почетка свога настанка и да је упоредо доживљавао своју биолошку и културну еволуцију. Његова **биолошка еволуција** састојала се од постепених наследних промена, или мутација, чијом селекцијом је долазило до све повољнијих фенотипских одлика које су омогућавале повећање запремине лобање, све усправнији ход, веће могућности за употребу екстремитета, нарочито при мануелним радњама. Мада се овакве промене веома споро дешавају, нема ниједне друге врсте на Земљи која је доживела такав напредак у својој биолошкој еволуцији током протеклих десетак милиона година: повећање запремине лобање и величине мозга скоро три пута, измењен однос величине лица и лобање за неколико пута, успостављање човеколиког уместо мајмуноликог изгледа главе и целокупне конфигурације тела, способност бипедалног кретања и усавршеност коришћења предњих екстремитета за манипулисање предметима.

БИОЛОШКА И КУЛТУРНА ЕВОЛУЦИЈА

Човекова социјална, културна и биолошка (тј. генетичка) еволуција су процеси који су се одвијали упоредо и стално утицали један на други. Довољно је истаћи значај коришћења и усавршавања оруђа за рад у еволуцији човека, као и овладавање могућностима да набави храну за себе и своје најближе.

Човекова **социјална и културна еволуција** имају као основ промене у неком од обичаја, у новом открићу – инвенцији, у способности да се овлада законима природе и омогући преживљавање у суровим условима живота. Нова открића могу да се веома брзо пренесу до других особа исте генерације, па кажемо да се она шире по типу инфекције или хоризонтално. Међутим, контакти међу људским хордама били су код првобитних предака човека веома ретки, а међусобним уништавањем често је долазило и до уништавања открића и знања којима је располагала одређена група људи. Тако су промене у човековој културној еволуцији биле веома споре и дуготрајне, све док није почело да долази до изражаја човеково друштвено биће.

Пре око 15 000 година човек открива могућност да засади семе неких житарица и обезбеди биљну храну тамо где је није било довољно. Пре 8 000 – 12 000 година такође почиње да припитомљава животиње, чиме обезбеђује протеинску храну. Пре 6 000 година на Земљи је живело већ више од 80 милиона људи. Стварање села и мањих градских насеља омогућило је много интензивнију размену знања и искустава, па почињу да се стварају и специфичне културе, писма (последњих 3 000 година) и историја.

У XVI веку на Земљи је живело око пола милијарде људи. Када се у појединим подручјима повећала густина насељености, људи су све чешће оболевали од различитих болести које су у виду епидемија драстично смањивале њихову бројност. Тиме се вршила оштра селекција за одређене имунолошке типове отпорности према болестима. На пример, анализом костне сржи око 90 људи чију су остаци откопани у гробницама Лепенског вира код Ђердапа (око 6 000 година пре н.е.) утврђено је да су скоро сви имали Б крвну групу, док су египатски фараони (2 000 – 3 000 год. пре н.е.) скоро сви имали А2 – крвну групу. Ипак, поређења fine структуре лобање ових наших старих предака, па и оних који су живели пре 10 – 12 000 година, са данашњим човеком не упућују на било какву разлику у величини или конфигурацији лобање. То би могло значити да се сви људи налазе данас на сличном ступњу биолошке еволуције. Али треба бити свестан да су поједине људске популације (или веће групе популација – племена и народи), у односу на степен културне еволуције на пример данашњих европских народа, у заостатку и за неколико хиљада година.

Новија истраживања показују да је капацитет генетичке разноврсности у човековим популацијама веома велики. Анализа алелне полиморфности преко стотину гена у преко четрдесет популација са различитих континената показала је да свака од њих садржи око 85% алела који постоје на Земљи у свим другим популацијама. Нема разлога да три велике групе људских популација (кавказоиде или Европљане, монголоиде или Азијате и негроиде или Африканце) називамо различитим расама јер се оне разликују у мањем броју својстава. Много је већи степен њихове генетичке сличности, док се њихова различитост, изгледа, заснива на највише 6–7% генских алела.

Човек једини успева да схвати просторно-временске односе у природи захваљујући способности апстрактног мишљења. Једино он комуникацију успоставља путем говорног и писаног језика и, поред биолошке, остварује и своју **културну еволуцију**. Само код човека је, дакле, развијена свест о поступцима које чини, а његово памћење и способност учења далеко надмашују било који други организам. Облици човековог социјалног понашања су постали током еволуције изузетно разноврсни, а **алтруизам** (који се ретко среће и код животиња) и **етичке норме** у понашању издвајају човека од осталих живих бића на Земљи.

ПЕРСПЕКТИВЕ ДАЉЕ ЕВОЛУЦИЈЕ ЧОВЕКА

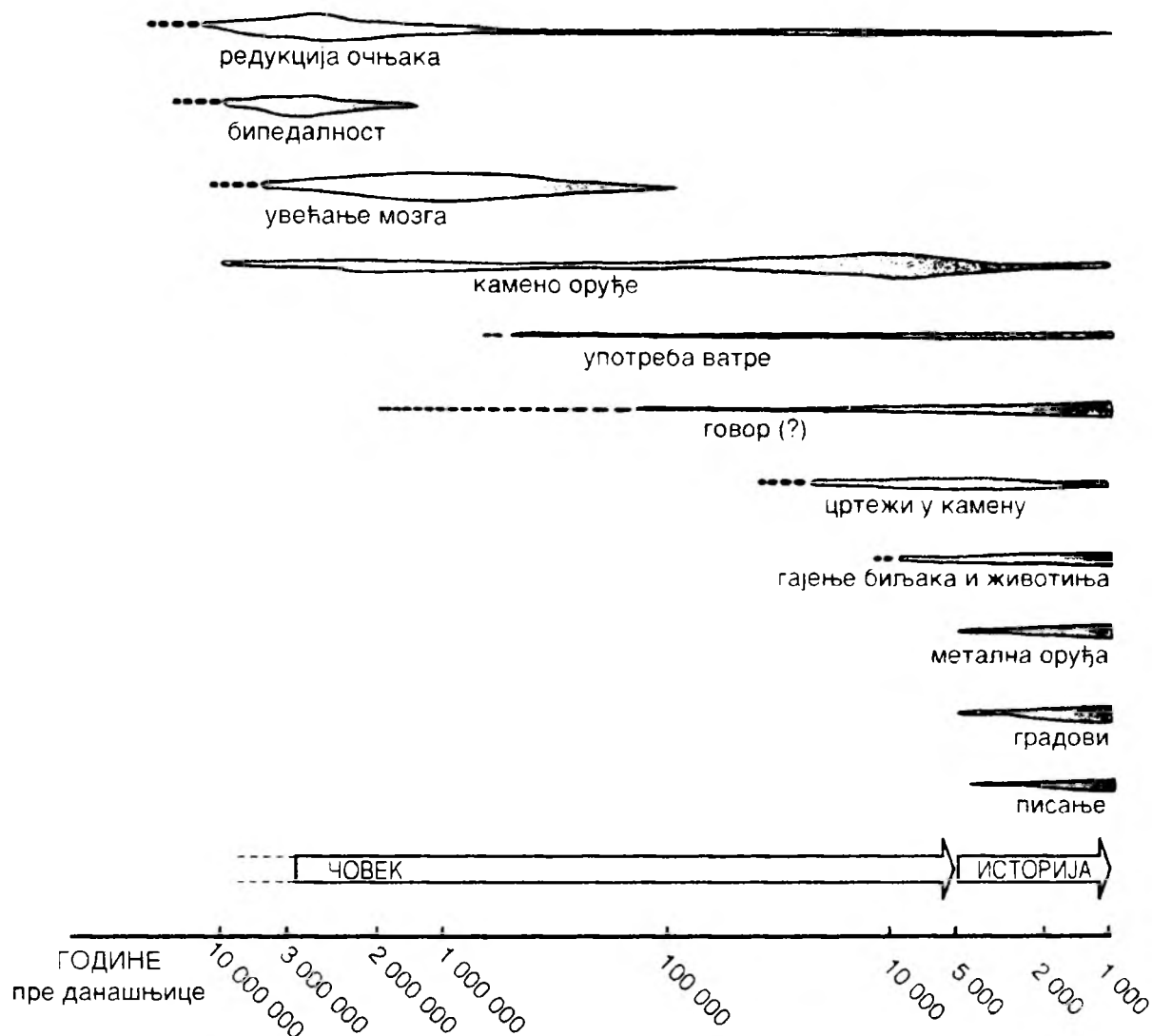
Постоје мишљења да је биолошка еволуција човека завршена, да је његов мозак достигао максималан могући развој и да се са садашњим одликама човековог тела и нервног система може остварити целокупна будућа културна и социјална еволуција људске врсте. Међутим, мада су промене које у данашње време карактеришу напредак људске културе тако велике да се последњих деценија наша целокупна знања из појединих области наука удвостручују сваких 10 – 20 година, погрешно би било мишљење да се биолошке промене у људским популацијама више не дешавају.

Ако се биолошка еволуција човека схвати искључиво као последица **борбе за опстанак** са другим врстама и међу различитим групама популација (тј. народа) наше сопствене врсте, може се претпоставити да ће у будућности овај облик природне селекције бити мало значајан. Сви су изгледи да ће културна и биолошка еволуција имати све више заједничког за популације људи које насељавају различите континенте. Њихова генетичка полиморфност и морфофизиолошка разноврсност требало би да буду значајна основа за даљи развитак човекове културе, као и за усавршавање и хуманизацију односа међу људима.

Опсег **биолошке разноврсности** једно је од најбољих мерила за процену човекових еволуционих кретања. Ако ова разноврсност стагнира или се смањује, могло би се посумњати да стагнира и еволуција човекових популација.

Низ чинилаца може довести до тога да у будућим генерацијама дође до повећања генетичке разноврсности човекових популација. Најважнији од њих су: све чешће миграције људи из једних предела у друге, повећање бројности становништва, уклањање социјалних и расних разлика у склапању бракова, смањење смртности деце при рођењу, али и деловање медицинских интервенција на смањење наследних обољења, као и утицај бројних хемијских и физичких агенаса на изазивање нових (најчешће штетних) мутација у наследној основи.

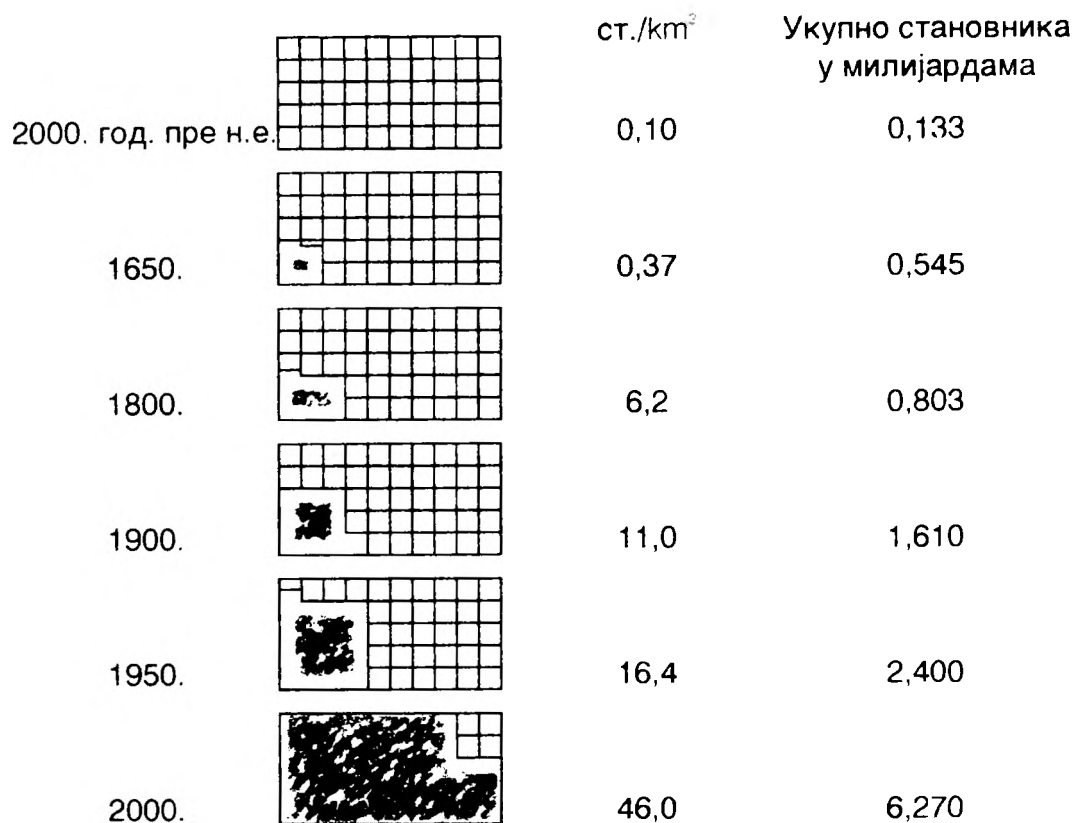
Миграције људи су све чешће не само из села у град већ и из једног у други крај исте земље, као и у различите земље, па и континенте. То доводи до знатног смањења могућности склапања сродничких бракова (што је неизбежно, на пример у групи села са мање од 1 000 становника), као и до нових комбинација гена.



Слика 85. – Неке од важних биолошких и културних промена у току еволуције човека

Повећање бројности становништва на Земљи такође утиче на увећање генетичке разноврсности људске врсте, што се, у начелу, сматра позитивним трендом у еволуцији. Пренасељеност Земље људима, међутим, може постати опасан феномен ако би се наставило са трендом који је постојао неколико десетина година уназад. Док је просечна насељеност Земље 1950. године износила 16,4 становника по km^2 (са укупно 2,4 милијарде људи), на основу података из осамдесетих година XX века процењивало се да ће 2 000. године достићи 46 становника по km^2 (тј. 6,2 милијарде људи), што је повећање за два и по пута (слика 86).

Повећању наследне разноврсности доприноси и напредак савремене медицине, која смањењем смртности деце при рођењу знатно мења деловање природне селекције. Савременим медицинским методама лечи се стерилитет, а велики број људи са наследним болестима (дијабетес, хемофилија) сада може да остави и потомство, али код њиховог потомства се те болести испољавају чешће него у општој популацији.



Слика 86. – Пораст насељености Земље људима од 2000. године пре нове ере до 2000. године нове ере

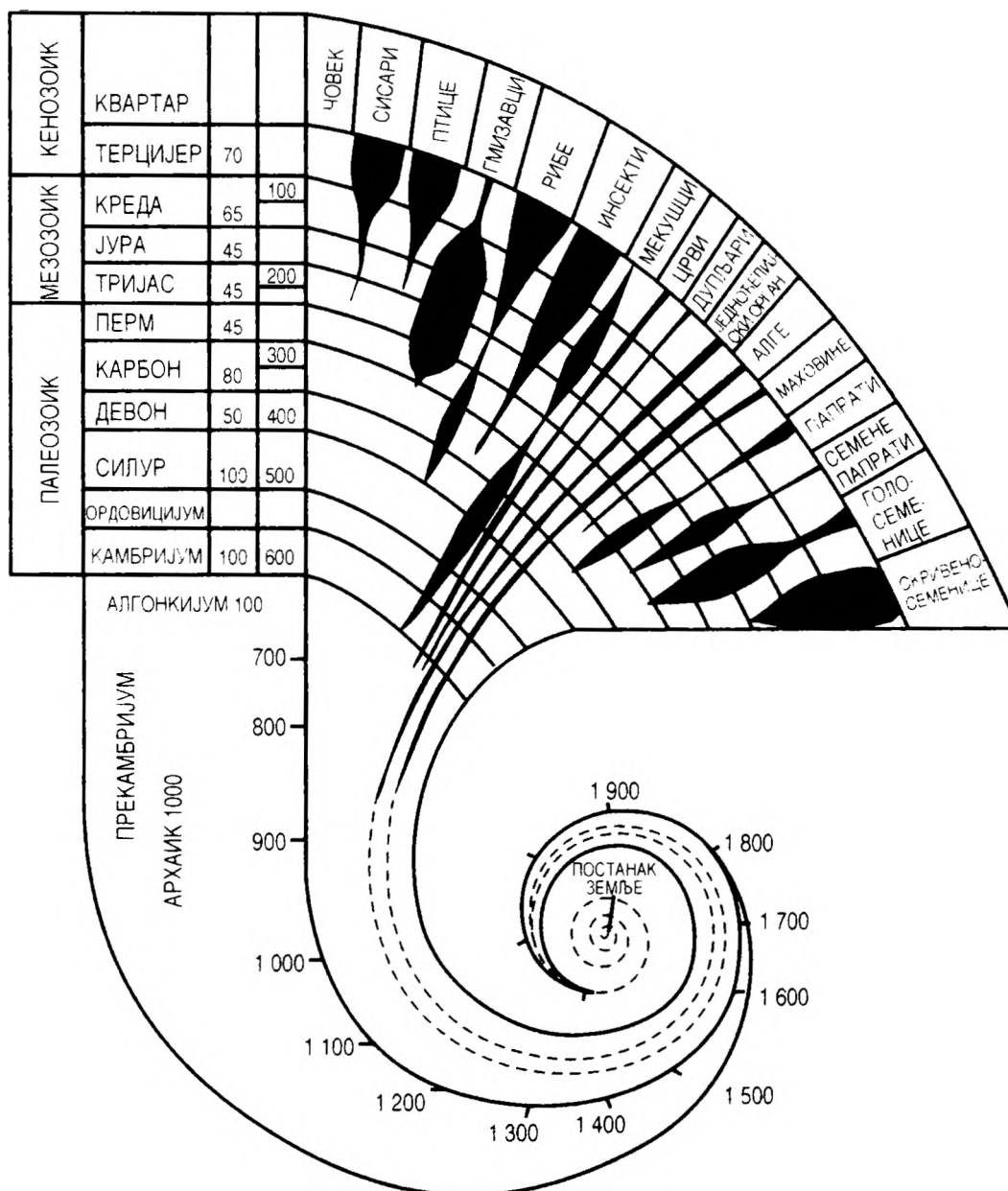
Знатно повећање наследне разноврсности може да настане и услед све веће употребе физичких и хемијских мутагена који, непосредно или посредно, изазивају наследне промене и најчешће штетне последице по здравље људи.

Низ других чинилаца, међутим, може у будућности да делује у правцу смањења генетичке разноврсности човекових популација. То је, на првом месту, смањење ефективног броја популације (тј. укупног броја родитеља од којих настају следеће генерације), затим смањење величине породице, огрман број вештачких прекида трудноће, као и прихватање неких медицинских савета. Сличан ефекат има и примена вештачког олопођења.

Према томе, на човекову даљу биолошку еволуцију утицаће велики број различитих чинилаца, али са супротносмерним деловањем, тако да можемо очекивати да ће и будуће популације људи, као и ове сада, представљати динамичне биолошке системе који ће се налазити у одговарајућој равнотежи. Чиниоци који утичу на постепено увећање гентичке разноврсности изгледа да ће ипак превагнути, што би требало да буде значајна основа за даљи прогресиван развој човечанства.

РАЗНОВРСНОСТ ЖИВОГ СВЕТА

Услови живота на Земљи. – Данашњи услови живота резултат су дуготрајних промена и међусобних утицаја спољашње средине и живих бића (слика 87).



Слика 87. – Филогенетски развој живог света

Разноврсност спољашњих услова довела је до појаве великог броја биљних, животињских и других организама у току еволуције. Врсте су се прилагођавале променама спољашње средине мењајући је, чиме су се опет стварали нови животни услови, а врсте им се или поново прилагођавале или нестајале. Појава човека и његово деловање на природу радикално су изменили услове живота на Земљи, што се одразило на живи свет и стање биосфере у целини.

Разноврсност животињског света. – Према научним подацима, разноврсни животињски свет који данас насељава Земљу обухвата око 1.5 милиона врста. Сматра се да се нове врсте још увек проналазе и описују. Око 85% животињских врста припада бескичмењацима. Од тога, само зглавкара има преко милион врста, а то је само 3% у односу на бескичмењаке.

РАЗНОВРСНОСТ БИЉНОГ СВЕТА

Опште карактеристике биљака. – Биљке имају неке особине по којима се битно разликују од животиња и других организама. Пре свега, биљке садрже хлорофил, биљни пигмент који апсорбује Сунчеву енергију и трансформише је у хемијску енергију аденозин-трифосфата. Оне имају способност да директно користе енергију Сунца. Захваљујући процесу фотосинтезе, коју су способне да обављају, биљке су ауотрофни организми. Оне немају способност да се активно крећу као што то чине животиње. Захваљујући меристемским ткивима која се непрекидно деле, биљке имају неограничено растење. На целуларном нивоу, биљке имају својство да граде ћелијски зид од целулозе који обавија мембране готово свих ћелија.

На основу свих ових специфичности биљке се издвајају у посебно **биљно царство**.

Сматра се да данас на Земљи живи око 350 – 400 000 биљних врста. На основу палеонтолошких налаза утврђено је да је велики број врста изумро у току ранијих геолошких периода.

Ботаничка номенклатура. – Развој ботанике, науке о биљкама, довео је до потребе регистровања стечених знања о биљкама како би она била доступна свима. Нарочиту сметњу чинило је то што су исте биљне врсте у различитим крајевима имале различите називе. То је представљало велики проблем при њиховој класификацији јер је било тешко да се усагласе и уједначе сазнања о биљкама и њихови називи. Шведски природњак Карл Лине је још у XVIII веку, користећи латинску терминологију, одредио називе биљака и увео тзв. двојну или бинарну номенклатуру. Лине је имена означаио са две латинске речи, од којих је прва реч назив рода, а обе речи заједно представљају име врсте. Овакав принцип давања назива врстама прихваћен је у биологији уопште, а употребљава се и данас.

Савремена класификација биљака. – Према усвојеним систематским категоријама и Линеовој номенклатури, биљке се данас сврставају у природни филогенетски систем. Он је формиран тако да одражава објективне сродничке односе биљака у природи, указује на њихову филогенију, практичан је и употребљив за свакога ко се на било који начин бави биљкама. Систематска категорија је одређен скуп биљака чији се чланови, систематске јединице, налазе на одређеном нивоу хијерархијске класификације. Свака систематска јединица на било ком нивоу у хијерархијском низу назива се **таксон**. Таксон је сваки скуп биљака чији чланови имају одређене карактеристике. Све биљке на Земљи су чланови таксона највишег ранга – царства биљака. Основни таксон, односно основна јединица класификације јесте врста. Као пример, наведена је класификација биљке пасуљ, заједно са хијерархијским низом систематских категорија.

Табела 5. – КЛАСИФИКАЦИЈА БИЉКЕ ПАСУЉ И ХИЈЕРАРХИЈСКИ НИЗ СИСТЕМАТИЧКИХ КАТЕГОРИЈА

Категорија	Научни назив таксона	Народни назив
<i>Regnum</i> (царство)	<i>Plantae</i>	биљке
<i>Divisio</i> (раздео)	<i>Angiospermae</i>	скривеносеменице
<i>Classis</i> (класа)	<i>Dicotyledones</i>	дикотиледоне биљке
<i>Ordo</i> (ред)	<i>Fabales</i>	бобови (лептирњаче)
<i>Familia</i>	<i>Fabaceae</i>	бобови (лептирњаче)
<i>Genus</i> (род)	<i>Phaseolus</i>	пасуљ
<i>Species</i> (врста)	<i>Phaseolus vulgaris</i>	обичан пасуљ

У класификацији биљака, поред таксона као јединице система, користи се и разврставање у групе на основу неких посебних карактеристика. Такве групе немају значај таксона, али представљају велику помоћ ботаничарима при ближем одређивању припадности врсте. Најпознатије такво груписање је подела биљака на:

- *Thallophytae* – биљке ниже телесне организације, и
- *Cormophytae* – биљке више телесне организације.

Оваква подела изведена је на основу тога што је тело биљака ниже телесне организације, **талус**, изграђено од мање-више сличних ћелија које не граде ткива, нити диференциране биљне органе. Талофите се размножавају помоћу покретних или непокретних спора, које се образују у једноћелијским спорангијама. Живе претежно у води или влажној средини. Групу талофита чине следећи раздели: *Cyanophyta* – модрозелене алге, *Chlorophyta* – зелене алге, *Pheophyta* – мрке алге, *Mycophyta* – гљиве, *Lishenophyta* – лишајеви, са одговарајућим класама, редовима, фамилијама, родовима и врстама.

Тело биљака више телесне организације, **кормус**, изграђено је од ткива и диференцирано на биљне органе који могу бити вегетативни и генеративни. Бесполно се размножавају спорама које настају у вишеће-

лијским спорангијама. Живе претежно на копну. Групу *Cormophyta* чине следећи раздели: *Bryophyta* – маховине, *Equisetophyta* – раставићи, *Polypodiophyta* – папрати, *Pinophyta* – голосеменице (*gymnospermae*), *Magnoliophyta* – скривеносеменице (*angiospermae*), са многобројним класама, редовима, фамилијама, родовима и врстама.

Медицински и привредни значај биљака. – Биљке са хлорофилом представљају примарне произвођаче органске масе у природи, јер процесом фотосинтезе обезбеђују храну за себе, све животиње, човека, гљиве и микроорганизме. У току процеса фотосинтезе биљке апсорбују Сунчеву енергију, трансформишу је у хемијску и акумулирају у органским молекулима. Синтеза органских супстанци одвија се уз апсорпцију угљен-диоксида и ослобађање кисеоника, што обезбеђује стабилност атмосфере. Кисеоник омогућава процесе ћелијског дисања. Тиме се угљен-диоксид враћа у атмосферу, а кисеоник опет надокнађује процесом фотосинтезе. Захваљујући свим овим процесима одржава се живот на Земљи.

Биљке садрже различите супстанце које могу бити сировина за индустријску производњу: скроб и друге шећере, беланчевине, уља, дрвну масу, лековите материје, етарска уља, витамине и друго. Воће, поврће, чај, кафа, какао, дуван служе за исхрану или уживање. Исто тако, биљке служе за добијање меда, воћних сокова, алкохолних и безалкохолних напитака, гутаперке, каучука, разних влакана, папира, боја, смоле, лепка, лекова итд. Посредно, пошто се животиње хране биљкама, човек користи и многе животињске продукте: месо, млеко, масти, јаја, кожу, вуну и др. Такође, угаљ, шкриљци, тресет, а делом и нафта, продукти су биљног порекла који се користе за добијање енергије.

Око 10 000 биљних врста употребљавало се или се и данас употребљава у медицинске сврхе јер садрже различите лековите супстанце: алкалоиде, гликозиде, смоле, етарска уља и др. Често се за лечење користи цела биљка или њени делови, без претходне прераде. Међутим, око 30% постојећих медицинских препарата производи се прерадом лековитих биљака. Биљне сировине се добијају из самоникле флоре, али у широј производњи користе се и гајене врсте.

БИЉНА ТКИВА И ОРГАНИ

Тело биљака више телесне организације изграђено је у основи од две различите групе ткива:

– **творних** или **меристемских** ткива, чије се ћелије непрекидно деле и дају сва остала ткива, и

– **трајних** ткива, изграђених од ћелија које имају одређену функцију и делимично или трајно су изгубиле способност деобе.

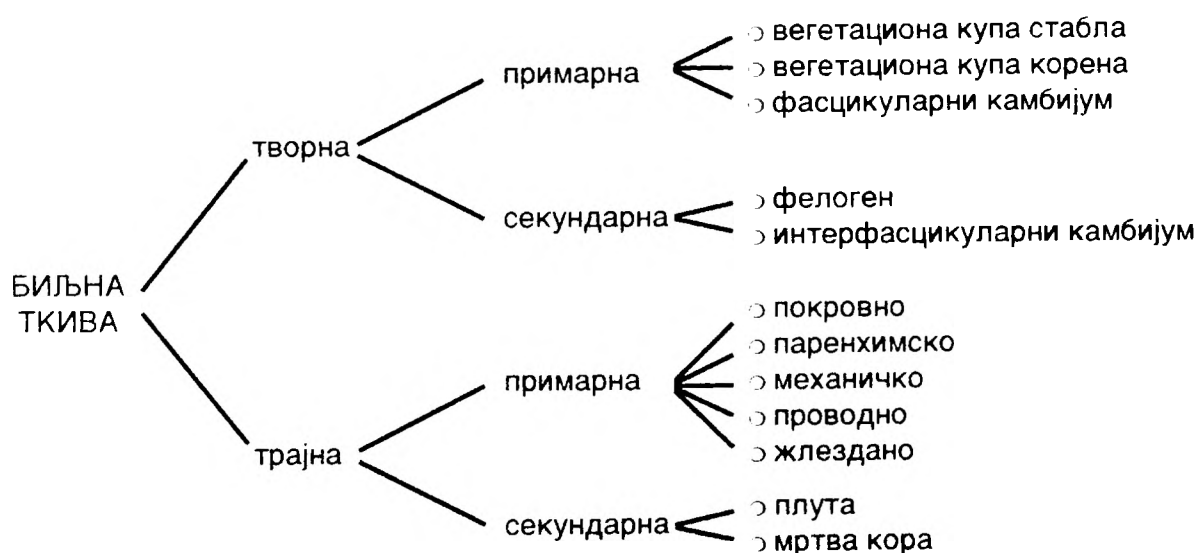
Под биљним ткивом се подразумева група ћелија које имају углавном исту грађу, ембрионално порекло и функцију. Ткива наста-

ју деобом ћелија. Биљно тело скривеносеменица изграђено је од диференцираних трајних ткива и увек младих, ембрионалних меристема који се деле читавог живота и дају нова ткива и органе. Ембрионално ткиво се код скривеносеменица задржава на врху главног и бочних изданака и на врху корена, а може имати и другачији положај. Меристемска ткива могу настати и накнадно, када ћелије неких трајних ткива постану способне да се поново деле. То су секундарни меристеми.

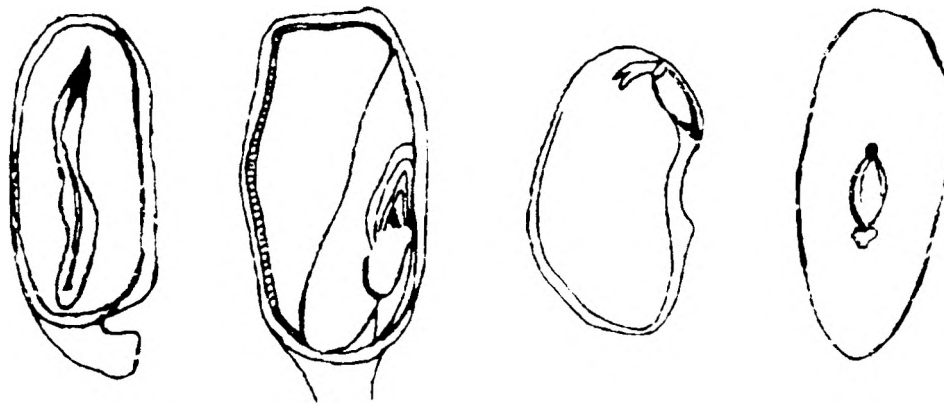
Трајна ткива се састоје од диференцираних ћелија. Такве ћелије су добиле одређени облик и функцију. Делимично или потпуно, оне су изгубиле способност за деобу. Постоји неколико типова трајних ткива: **основно ткиво** или **паренхим**, **покровна ткива**, **механичка ткива**, **проводна ткива** и **жлездана ткива**.

Ћелије паренхимских ткива су живе и имају веома танак ћелијски зид. Паренхим се налази у различитим деловима биљке и обавља различите функције. Он представља ткиво за фотосинтезу, гради срж стабла, а у меканим деловима плодова и семена представља ткиво за складиштење хранљивих материја. Ткиво за излучивање или апсорпцију воде такође је изграђено од паренхимских ћелија. Ћелије паренхима имају способност обнављања меристемске активности јер нису високодиференциране.

Покровна ткива се налазе на површини тела биљака више телесне организације. Имају улогу да штите сва остала унутрашња ткива од спољашњих утицаја, као што су: неповољна температура, прекомерно испаравање или повреде. Покровна ткива су покорица (епидермис) и мртва кора.



Слика 88. – Преглед биљних ткива



Слика 89. – Развиће клице

Механичка ткива дају трајну чврстоћу биљкама. Зато оне могу да се одрже у најповољнијем положају у простору и да се супротставе различитим механичким утицајима. Ћелије механичких ткива имају задебљале зидове. Њихов распоред у биљци је специфичан и подлеже механичким принципима. Листови и стабљике, отпорни на савијање, имају механичке елементе на периферији. Код корена и стабла који су подложни истезању механичка ткива се налазе у центру.

Проводна ткива су специјализована за провођење материја кроз биљку. Састоје се од дрвенастог дела – **ксилема**, који проводи воду и растворене минералне материје од корена до најудаљенијих периферних делова (листова, цветова, плодова), те од ситастог дела, **флоема**, чија је функција провођење органских супстанци, синтетизованих у листовима, до места где ће бити употребљене или смештене у облику резервних материја (пупољци, плодови, корен). Ксилем и флоем образују **проводне снопиће**. Између ове две врсте ткива код дикотиледоних биљака се налази слој ембрионалних ћелија које се деле и дају читавог живота елементе флоема према кори и елементе ксилема ка центру стабла. На овај начин стабло расте у ширину, односно секундарно дебља.

Жлездана ткива и ћелије су разноврсни јер имају различит настанак, функцију и положај у биљном телу. Ћелије имају танак целулозни зид. У њему се синтетизују различите супстанце: смола, етарска уља, слуз, гума, танинске материје и млечни сок.

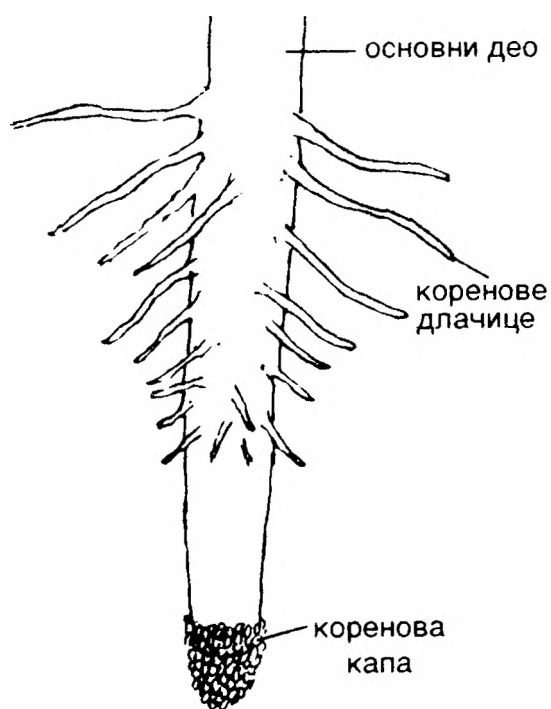
Развиће тела биљака цветница почиње деобом зигота и образовањем ембриона или клице. Клица се налази у семену и представља зачетак нове биљке. Делови клице су **коренак**, **стабаоце**, на чијем се врху налази **пупољчић** и најчешће један или два клицина листића – котиледона. Од коренка клице у току развића биљке настаје корен. Развићем стабаоцета и пупољчића настаје **изданак** – стабло са листовима. Функција котиледона је упијање хранљивих материја из семена или служи за складиштење хранљивих материја. Према броју котиледона, биљке се деле на монокотиледоне и дикотиледоне.

Тело биљака цветница изграђено је од **вегетативних** и **генеративних** органа. Вегетативни органи одржавају биљку у животу и то су корен, стабло и листови. Генеративни или репродуктивни органи обезбеђују размножавање јединки, односно биолошки опстанак врсте. То су цвет, плод и семе.

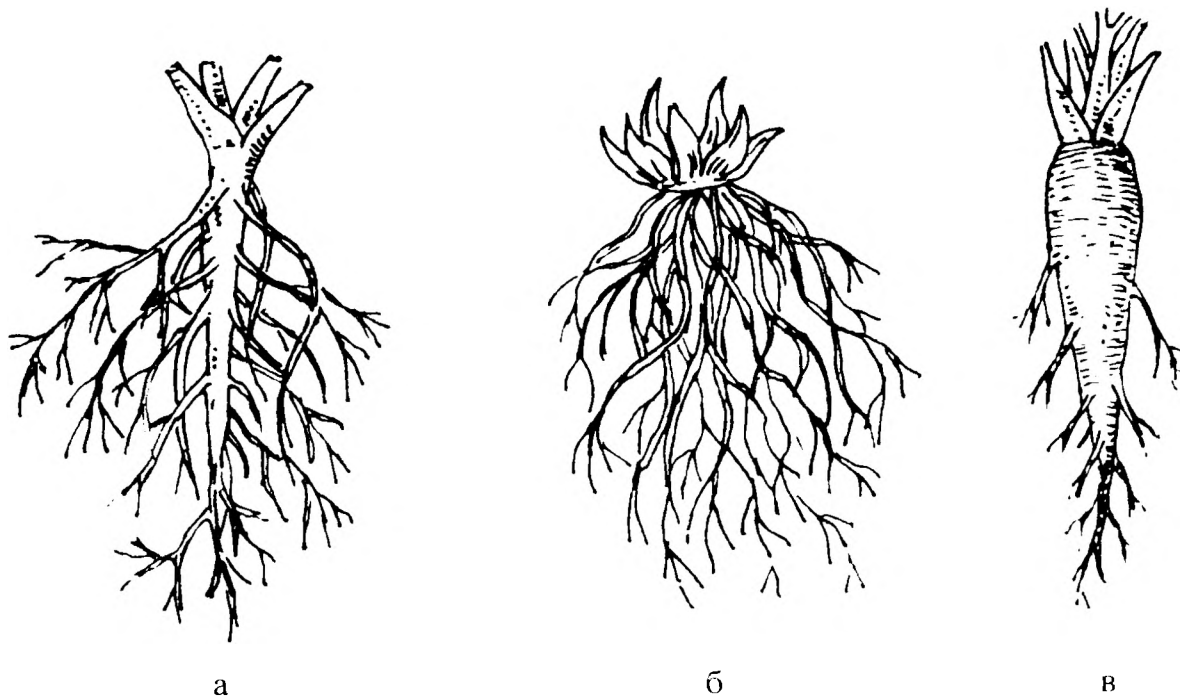
КОРЕН, СТАБЛО И ЛИСТ

Корен. – Улога корена је да причвршћује биљку за подлогу из које апсорбује воду с минералним материјама. Обично је цилиндричног облика и радијалне симетрије. На врху корена се налази **вегетациона купа**, меристемско ткиво чијом активношћу корен расте. Растење корена је неограничено и одвија се у правцу деловања Земљине теже. У односу на изданак, корен се морфолошки одликује тиме што никада нема листове, а вегетациона купа је заштићена **кореновом капом**. Корен који настаје од коренка клице назива се главни (прави) корен. На извесној удаљености од врха он се грана и образује бочне коренове. Сви бочни коренови заједно са главним кореном чине **коренов систем**. У састав кореновог система могу да уђу и коренови који не настају од коренка клице, већ се развијају на стаблу или листовима. То су **адвентивни** или допунски коренови.

На корену се морфолошки разликује више делова. Део корена с кореновом капом назива се **зона коренске капе**. Пошто се испод ње налази вегетациона купа чије се ћелије стално деле, овај део се назива **зона растења** или **зона деобе**. Даље, изнад вегетационе купе, ћелије расту, издужују се и диференцирају, па се тај део назива **зона издуживања**. Изнад ове зоне ћелије површинског слоја корена образују коренске длаке које апсорбују воду из земљишта. Тај део корена је **зона коренових длака** или апсорпциона зона. Изнад апсорпционе зоне налази се **зона провођења**. То је најдужи део корена, кроз који се вода са минералним материјама проводи до основе стабла (слика 90).



Слика 90. – Спољашњи изглед и морфолошки делови корена



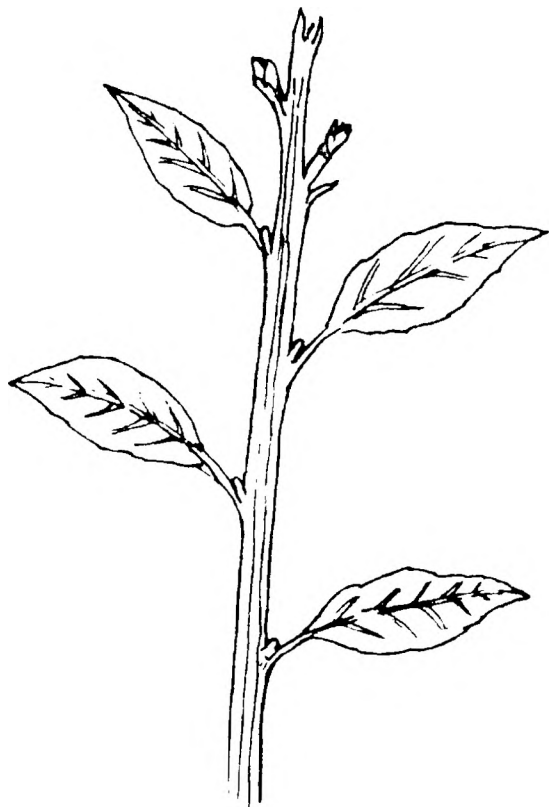
Слика 91. – Врсте коренова: а – осовински; б – жиличаст; в – задебљао

Постоје два основна типа кореновог система. **Осовински коренов систем** има јасно изражен главни корен, са кога полазе слабије развијени бочни коренови. Такав коренов систем се налази углавном код дикотиледоних биљака (луцерка, маслачак). **Жиличаст коренов систем**, какав има већина монокотиледоних биљака, изграђен је од великог броја подједнако развијених, најчешће адвентивних коренова који се слабо гранају.

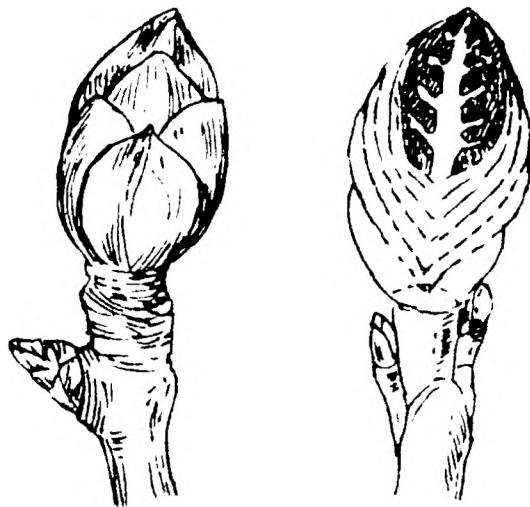
Ако корен поред основних функција има и неку другу улогу, тада се облик и грађа мењају и корен је метаморфозиран. Најчешће се у њему складиште резервне хранљиве материје и то је **репаст корен**. Ако се хранљиве материје складиште у бочним кореновима, они задебљавају и називају се **коренске кртоле**. Неке тропске биљке које живе на муљеви-тој подлози развијају **коренове за дисање**, преко којих се снабдевају кисеоником (слика 91).

Корен скривеносеменица има специфичну анатомску, примарну и секундарну грађу.

Стабло. – Стабло са листовима назива се изданак. Развија се из стабаоца клице, у ваздушној средини, и расте у правцу Сунца, ка светлости. Изданак расте врхом на коме се налази вегетациона купа. При основи вегетационе купе образују се зачеци листова. У њиховом пазуху образују се бочне вегетационе купе, односно бочни изданци. Део стабла са кога полазе листови је чвор или **нодус**, а део стабла између два чвора је чланак или **интернодија**. Вегетациона купа стабла са лисним зачецима назива се пупољак. Он представља зачетак изданка (слика 92).



Слика 92. – Изданак



Слика 93. – Граћа пупољка

Према распореду на стаблу, пупољци могу бити **темени** и **бочни**. Темени пупољак се налази на врху стабла, а у пазуху листова су бочни пупољци. Пупољци су љуспастим листићима заштићени од различитих утицаја (слика 93).

Основа изданака назива се **стабло**. Облик стабла је најчешће ваљкаст, а може бити четвороугласт (код мртве коприве и других уснатица), троугласт (код барских биљака), плоснат (код неких кактуса) итд. Основна функција стабла је провођење воде с минералним материјама од корена до листова и провођење органских материја од листова до корена. Гранањем стабла увећава се површина биљке. Стабло и гране носе листове и постављају их у најповољнији положај према светлости. Осим тога, у стаблу се могу нагомилавати хранљиве материје. Код кактуса стабло замењује листове.

У зависности од дужине чланака на стаблу, изданци могу бити кратки и дуги. Код кратких изданака листови су приближени, а код дугих се налазе на одговарајућој удаљености. Код неких биљака (маслачак, јагорчевина) чланци стабла су веома кратки, а листови су збијени и граде **розету**.

Према изгледу надземних делова и заступљености механичког, проводног и паренхимског ткива, биљке могу бити **зељасте** или **дрвенасте**. Код дрвенастих биљака стабло секундарно дебља и образује дрво.



Слика 94. – Подземни изданци: а – ризом; б – кртола; в – луковица

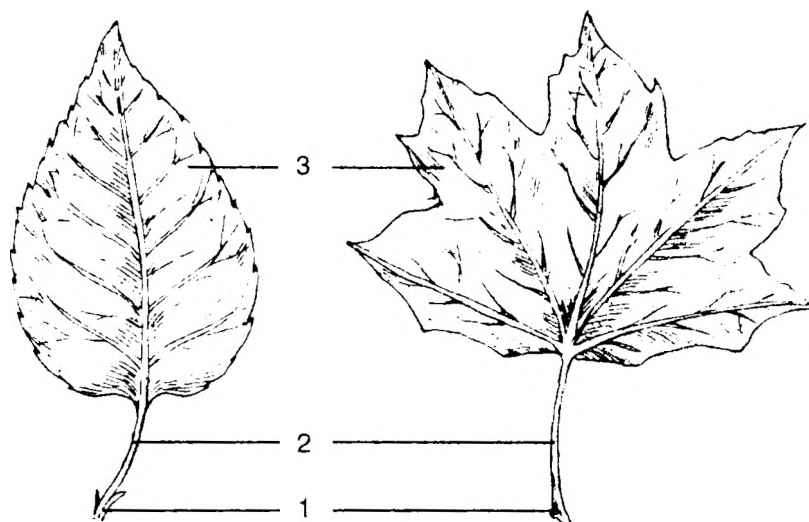
Поред основне функције, стабло може имати и неку другу улогу, као што је складиштење материја, фотосинтеза, прихватање за неки ослонац итд. У вези с променом функције стабло мења свој облик и грађу, преображава се или **метаморфозира**. Метаморфозирана стабла могу бити трнови, рашљике, столоне, листолики израштаји (филокладије), надземне кртоле и др.

Код неких биљака изданци се развијају испод површине подлоге и то су **подземни изданци**. Код њих су листови неразвијени и љуспасти, али се у њиховом пазуху, као и код надземних изданака, образују пазушни пупољци. Подземни изданци су задебљали јер се у њима складиште хранљиве материје. У подземне изданке се убрајају **ризом, кртола и луковица** (слика 94).

Листови. – образују се у пупољку при основи вегетационе купе, из творног ткива од кога настаје и стабло. Зато је лист део изданка. Има ограничено растење, спљоштеног је облика и обично зелене боје јер садржи хлорофил. Основна и најважнија функција листа је обављање процеса фотосинтезе. Преко листова се врши транспирација – одавање водене паре, и размена гасова између биљке и спољашње средине. Читава грађа листа је прилагођена овим функцијама.

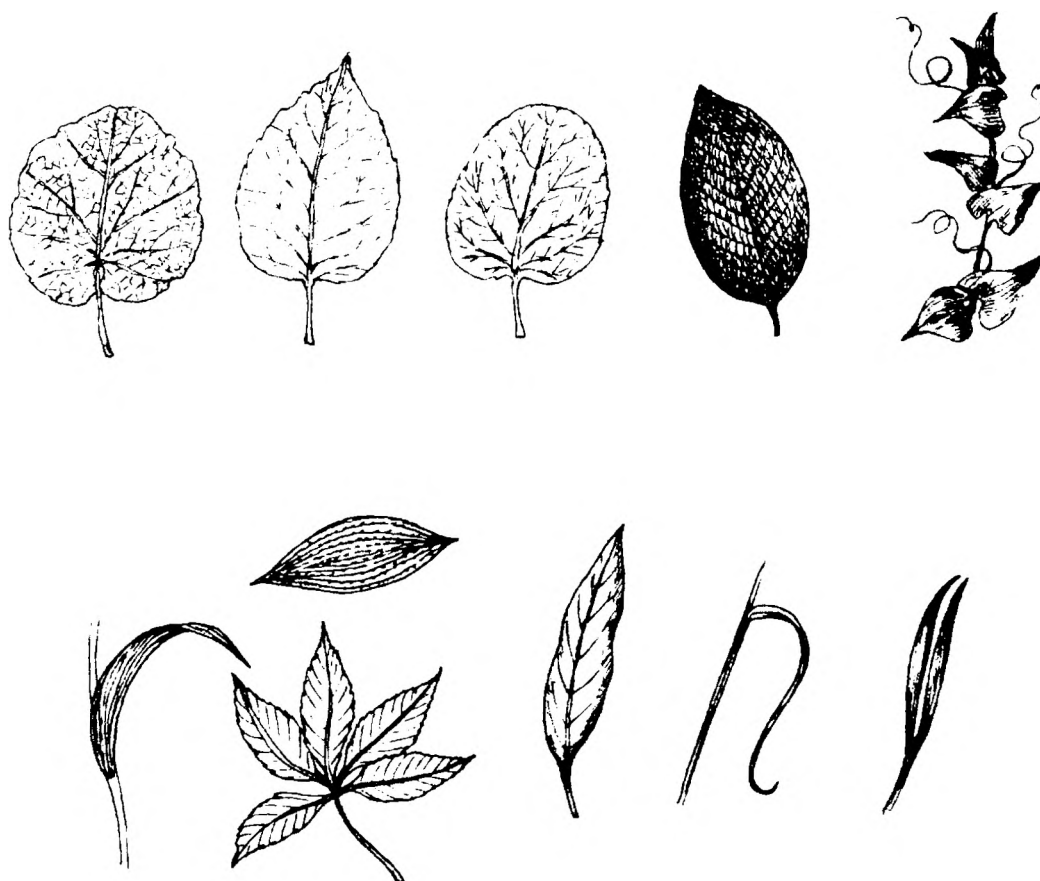
На биљци се разликују три категорије листова: доњи, средњи и горњи. **Доњи листови** су љуспасти. То су листови подземних изданака и први листови који се развијају одмах изнад котиледона. Најчешће се и сами котиледони убрајају у ову категорију листова. **Средњи или прави листови** су најбројнији и они врше све функције листа. **Горњи листови** се налазе на врху изданка у области цвета или цвасти. Највећи значај за биљку имају средњи листови.

Типично развијени лист се састоји од проширеног дела – **лиске** или **лисне плоче**, **лисне дршке**, која носи лиску, и **лисне основе**, дела којим је лист причвршћен за стабло. Лист који нема лисну дршку назива се **седећи**.



Слика 95. – Лист: 1 – лисна основа; 2 – лисна дршка; 3 – лиска

Лиска је најважнији део листа. Она је различита по облику, величини и изгледу обода. По облику, лист може бити игличаст, ланцетаст, линеаран, јајаст, елипсоидан, округласт, бубрежаст, срцаст, копљаст, стреласт. Обод листа може да буде раван, тестерасто или двојно тестерасто наzubљен, више или мање усечен итд. (слика 95).



Слика 96. – Различите врсте листова и лисна нерватура

На спољашњој страни листа јасно се уочавају **лисни нерви**, заправо проводни снопићи. Обично се на листу разликују јаче истакнут **главни нерв** и слабије развијени **бочни нерви**. Сви они чине **нерватуру листа**. Већина монокотиледоних биљака има **паралелну**, а дикотиледоних биљака **мрежасту** нерватуру. У зависности од облика листа, мрежаста нерватура има **прстасту** или **перасту** форму (слика 96).

Листови имају просту или сложену грађу. **Прост лист** је онај на чијој се једној лисној дршци налази само једна лиска, као код јабуке, трешње, крушке и др. Ако је лиска издељена на већи број листића, онда је то **сложен лист**. Листићи могу бити **парно** или **непарно перасто** распоређени, као код боба и ораха. Код **прстасто дељеног листа** листићи полазе с једног места на врху лисне дршке, као код дивљег кестена. Детелина и јагода имају **трочлано сложен лист**.

Многе водене биљке имају листове различитог облика. Њихови листови под водом обично су **кончасти**, а они изнад воде су најчешће цели. Та појава се назива **хетерофилија**.

Код неких биљака развијају се листови различите величине на истом изданку. То је **анизофилија**.

Распоред листова на стаблу је специфичан за различите биљне врсте. **Наизменичан** распоред листова среће се код дуда или брезе, код којих са једног чвора полази само један лист. **Наспраман** распоред листова имају јасен или јавор, код којих са истог чвора полазе наспрамно постављена два листа. Ако са истог чвора полази више листова, такав распоред је **пршљенаст**, као код олеандера.

Распоред, облик и величина листова представљају њихову прилагођеност на услове осветљености, што је у вези са фотосинтетичком активношћу биљке.

У зависности од функције, листови могу да претрпе различите преображаје. Код шимширике или многих кактуса листови су преобращени у трнове. То смањује транспирацију, а истовремено је и заштита од животиња. Код краставца и бундеве цели листови метаморфозирају у рашљике. Листови месоједих биљака су, такође, преобращени и служе за хватање инсеката.

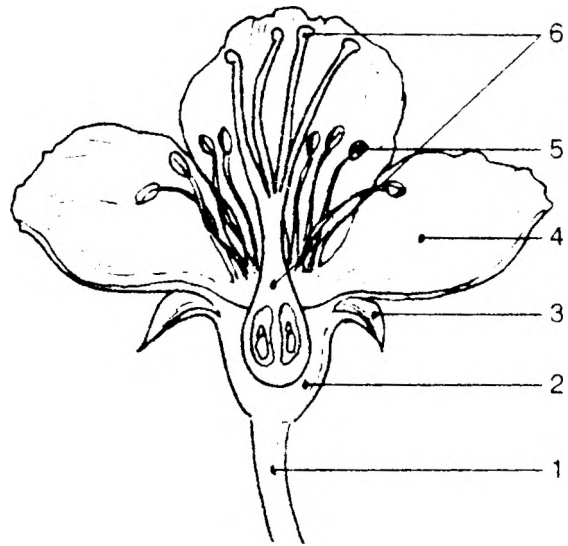
ЦВЕТ, ЦВАСТИ, ПЛОД И СЕМЕ

Цвет. – Код скривеносеменица цвет је промењен изданак чији су делови прилагођени тако да омогућују размножавање. На њему се разликују измењена цветна осовина и листови. Цветна осовина је скраћена, често проширена, издубљена или испупчена и назива се цветна ложа. На њој су распоређени **цветни листићи**. Део изданка који се налази испод цветне ложе је **цветна дршка**. Цветови који немају цветну дршку су **седећи цветови**.

Типично грађен цвет се састоји од следећих делова: листића чашнице, листића крунице, прашника и једног или више тучкова (слика 97).

Ако се у цвету налазе и тучак и прашници, цветови су **двополни**. Такве цветове имају ружа и јабука. **Једнополни** цветови садрже или само тучак или само прашнике и називају се женски, односно мушки цветови. Такав је случај код ораха и леске. Ако се на једној биљци налазе обе врсте цветова, биљка је **једнодома**. Такве биљке су кукуруз, орах или леска. У случају када постоје женске и мушке биљке, односно када индивидуе исте врсте имају само мушке или само женске цветове, биљке су **дводоме**. Такве су коприва, конопља и дуд.

Битна одлика цвета је његова **симетрија**. Цветови могу бити **симетрични** или **асиметрични**. Ако се кроз цвет може повући више равни симетрије, као код цвета лале, јабуке или јагорчевине, такав цвет је **актиноморфан**. Кроз цвет љубичице, мртве коприве или зевалице може се повући само једна раван симетрије и такав цвет је **зигоморфан**. Цвет кане је асиметричан јер се кроз њега не може повући ниједна раван симетрије (слика 98).



Слика 97. – Грађа цвета: 1 – цветна дршка; 2 – цветна лока; 3 – чашични листић; 4 – крунични листић; 5 – прашник; 6 – тучак



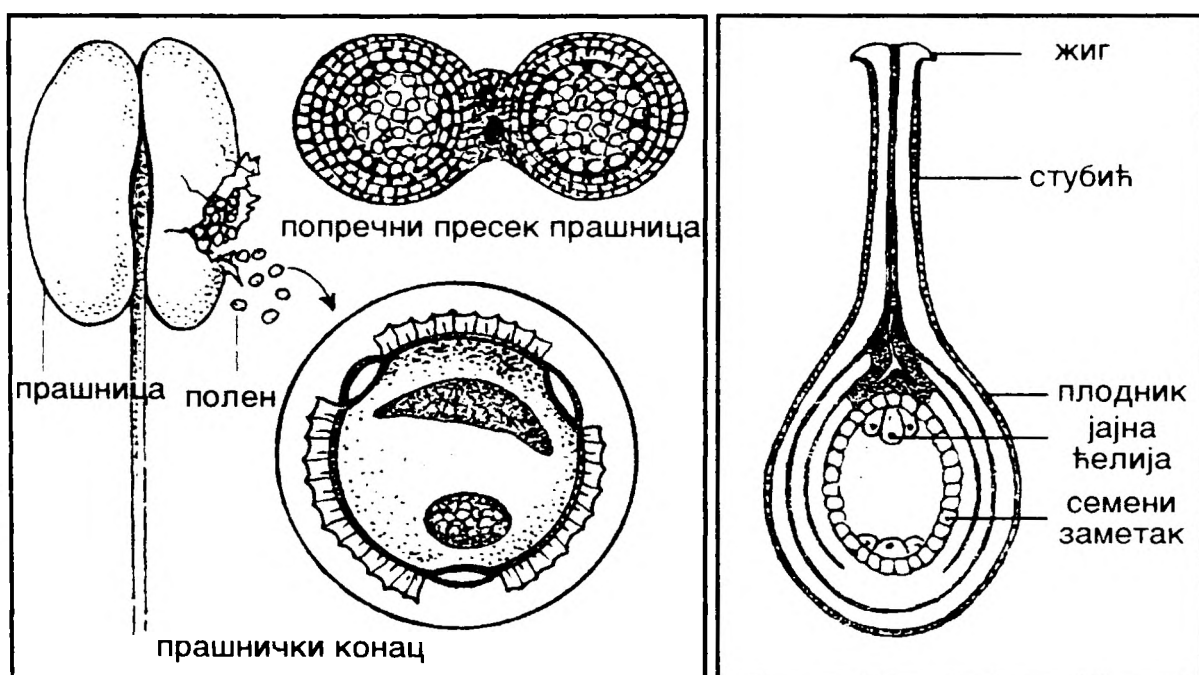
Слика 98. – Асиметричан цвет

Делови цвета су различито распоређени на цветној ложи. Код простије грађених цветова, какве имају гороцвет и кукурек, цветни делови су спирално распоређени. Код љутића су листићи чашице и крунице распоређени **кружно**, а прашници и тучкови спирално. Код највећег броја скривеносеменица сви делови цвета су распоређени кружно, у **пршљеновима**. Број пршљенова у цвету је различит, као и број чланова у једном пршљену. Цветни делови често међусобно срастају.

Листићи чашице и крунице који опкољавају прашнике и тучак чине **цветни омотач**. Они штите унутрашње делове цвета и служе за примамљивање инсеката. Цветни омотач који је једнако обојен је **прост**, а ако се на њему разликују зелено обојена чашица и живо обојена круница, онда је **двојан**. Прост цветни омотач може бити **чашицолик**, као код коприве, дуда или хмеља, или **круницолик**, какав је код лале, зумбула и висибаве. Јасен, ива и различите оштрице имају цветове без цветног омотача и то су **голи цветови**.

Чашица се састоји од ситних листића зелене боје, који су распоређени у спољашњем кругу цветног омотача. Она штити цвет у пупољку, а после отварања цвета листићи опадају, као код мака, или чешће, остају на цвету и опадају заједно с круницом. Код јабуке, дуње, крушке задржавају се и на плодовима. Код многих главочика чашица се преобрађава у делове који помажу расејавање.

Листићи крунице су углавном живо обојени и својим обликом, величином и мирисним етарским уљима привлаче инсекте који врше опрашивање.



Слика 99. – Грађа прашника и плодника

Прашник се састоји од **прашног конца** и **прашница** у којима се налазе **поленове кесице**. У њима се образују поленова зрна.

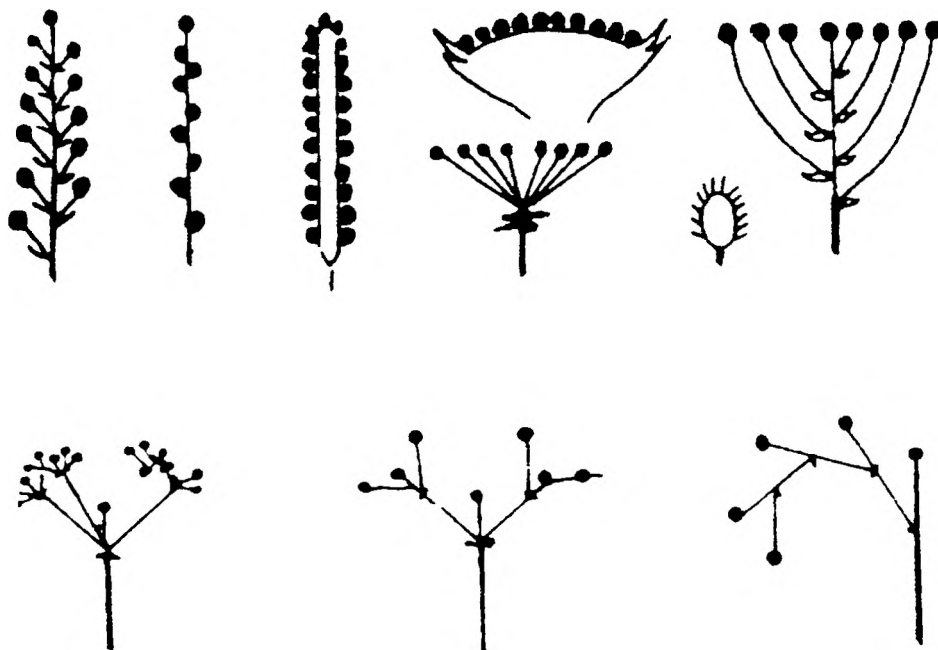
Тучак (један или више њих) сачињавају сви оплодни листићи цвета. Састоји се од доњег, шупљег, проширеног дела – **плодника**, у коме се налази један или више семених заметака са јајним ћелијама. С плодника полази танак стубић на чијем се врху налази жиг (слика 99).

Код мака нема стубића па се жиг налази на плоднику. Тучак се састоји од једног или више оплодних листића, који су слободни или срасли. Код већине скривеносеменица оплодни листићи су срасли и граде један плодник. Положај плодника на цветној ложи је натцветан, средоцветан и потцветан, у зависности од односа према осталим цветним деловима.

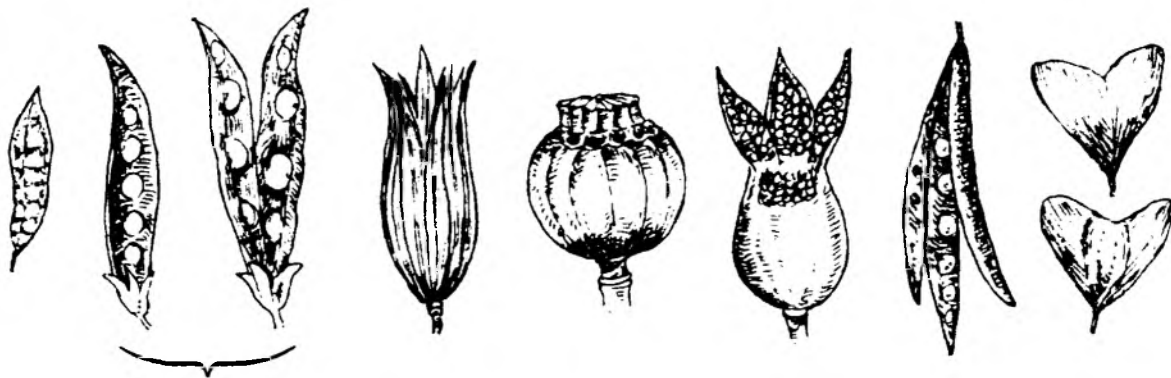
Цвасти. – Цветови се на биљци образују појединачно и тада су крупни и упадљиви. Ако су ситни и неупадљиви, најчешће су груписани у цвасти како би били уочљивији и тако привукли инсекте који их опрашују. **Цвасти су скупине цветова на заједничкој цветној осовини.** Оне настају гранањем цветног изданка. Разликују се два основна типа цвасти: **рацемозне** или гроздасте и **цимозне** или рачвасте (слика 100).

Код рацемозних цвасти главна цветна осовина дуго расте, образујући цветове на ситним бочним осовинама. Најмлађи цвет се налази на врху. Овакве цвасти су грозд, клас, клип, гроња, штит, сложен штит и главица.

Код цимозних цвасти главна цветна осовина рано престаје да расте, доносећи цвет испод кога се развијају бочне осовине. Оне, такође, завршавају раст доношењем цвета. У зависности од броја бочних грана и њиховог положаја, цимозне цвасти могу бити: монохазијум, дихазијум и полихазијум.



Слика 100. – Различите врсте цвасти



Слика 101. – Различите врсте плодова

Цветови се развијају из цветних пупољака који настају исте године када и цветају, или једну годину раније. Отварање цвета је **цветање**. Једногодишње биљке цветају половином вегетацијског периода, двогодишње у другој, а вишегодишње у трећој години или касније. Многе дрвенасте биљке први пут цветају после више година. Трајање цветова веома варира код различитих врста биљака и креће се од неколико десетина минута до неколико недеља.

Плод. – Образује се из плодника, после оплођења. Код многих биљака и други делови цвета учествују у изградњи плода. Плодов омотач који настаје од зида плодника обавија једно или више семена. Он може бити различито развијен: сочан, делимично сочан и сушан.

Према томе како настају, плодови се деле у две велике групе: **прости плодови**, који настају од једног цвета, и **сложени плодови**, који настају из цвасти. Прости плодови могу бити **сушни**, **сочни** и **збирни** (слика 101).

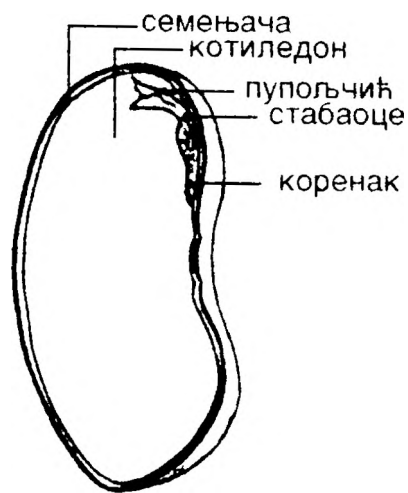
Сушни плодови се даље деле на плодове који се отварају и плодове који опадају затворени. Сушни плодови који се отварају су: мешак, махуна, чахура, љуска и љушчица. Сушни плодови који опадају затворени су: орашица с посебним облицима ахенија и крупа, шизокарпијум и мерикарпијум. Непуцајући плодови чија је оплодница месната и сочна јесу бобице и коштунице. Посебан облик коштунице је плод јабуке. Збирни плодови су јагода, ружа, малина и купина. Сложени плодови су дудиња и смоква.

Семе. – Развија се из семеног зачетка после оплођења и носи клицу, зачетак нове биљке. Испуњено је хранљивим ткивом и обавијено семењачом. Семењача штити унутрашње делове семена. Настаје из омотача семеног зачетка. Хранљиво ткиво служи за исхрану клице. Клица или ембрион се састоји од коренка, стабаоцета и пупољчића. Од појединих делова клице развијају се органи биљке.

Клица дикотиледоних биљака има два клицина листа – котиледона, док клица монокотиледоних биљака садржи један котиледон (слика 102).

Број семена у плоду је веома различит и зависи од броја семених заметака у плоднику. Величина и тежина семена такође веома варирају.

Плодови и семена се расејавају на различите начине и тако се биљке распростиру.



Слика 102. – Грађа семена

УПОТРЕБА БИЉАКА У ПЕЧЕЊУ

Биљке које садрже лековите супстанце и имају повољно дејство на организам човека и животиња означене су као **лековите биљке**. Из њих се у фармацеутској индустрији добијају хемијске материје које се користе за справљање лекова. У медицинској пракси лекови се користе за лечење различитих болести. И многе отровне биљке се у медицини користе као лековите. Отровне супстанце које ове биљке садрже користе се у веома малим количинама.

У народној медицини биљке се користе за лечење онакве какве се налазе у природи, односно нису, осим сушења, претрпеле никакву прераду. При томе се користи цела биљка, тј. надземни зељаст део биљке у цвету, или само неки њен део – ризом, корен, кртола, луковица, кора, лист, цвет, плод или семе слика (103).

Људи су биљке употребљавали за лечење користећи искуство или предање о њиховој лековитости. Најстарија сазнања о употреби биљака као средстава за лечење потичу из *Библије* и записа лекара старог века, али је сама употреба стара колико и људски род. Човек је, вероватно, одабирајући биљке за исхрану, наилазио и на оне које нису биле за јело, али су имале нека друга својства. Користећи случајна искуства и посматрајући како се понашају оболеле животиње у природи, он је вероватно схватио значај лековитости различитих биљних врста. Оваква сазнања и искуства преносила су се усменим предањем. У раним периодима развоја људске цивилизације носиоци знања о употреби биљака у лечењу били су племенски врач и свештеници. Они су добро познавали лековите биљне врсте и начин њихове употребе. Зато је појава првих школа, болница и санаторијума везана управо за црквене институције.



МЕЛИЛОТ



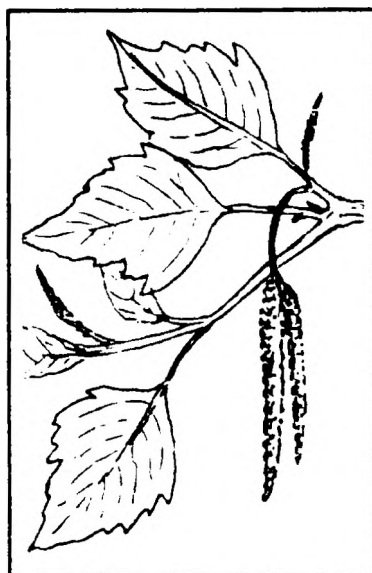
КАМИЛИЦА



ГЛОГ



ЦРНА ЗОВА



БРЕЗА



ВАЛЕРИЈАНА

Слика 103. – Неке лековите биљке

Један од најстаријих писаних докумената о лековитим биљкама је староегипатски спис *Papyrus Eber* из 1500. године пре нове ере. Он садржи опис 700 лекова за чију се израду користе биљке. На основу тога се данас зна да су још људи старог Египта употребљавали бунику, приморски лук, мајоран, жалфију и друге биљке или као лек, или као додатак јелима у виду зачина. Египћани су познавали начин добијања биљних уља и вештину справљања мирисних вода и парфема. Сматра се да обичај украшавања лица шминком такође потиче од Египћана. Они су, наиме, неку врсту инфекције очију лечили тако што су око очију наносили мешавину лековитих трава са једном врстом глине која садржи малахит, минерал зелене боје. Временом је ово прешло у обичај који су прихватиле жене широм света.

О томе како су стари Грци користили биљке у лечењу постоје списи које су оставили Хипократ (460–377. године пре н.е.), Теофраст (око 372. године пре н.е.) и Диоскоридес (око првог столећа нове ере). Диоскоридесов спис је пуних 17 векова важио као највећи ауторитет у области ботанике лековитих биљака и лекарства, те су га се сви лекари придржавали.

Позната су још два списка са почетка нове ере. Један је оставио Плиније Старији (23–79. године), а други Галенус (131–201. године).

Упутства и правила која су ови стари лекари поставили у вези са лечењем болесника важила су и у средњем веку. Вештину справљања лековитих напитака од трава према старим рецептима знали су једино сами лекари. Тек касније се у народу јављају и други људи који су најпре били само сакупљачи лековитог биља, а затим су почели и сами да справљају лекове. За њих се може рећи да су претече данашњих апотекара.

Хипократу се приписује да је дао основу лекарства, која се и данас поштује као „Хипократова заклетва“. Из његових многобројних списка сазнаје се да је он за лечење људи користио преко 200 биљних врста, а те биљке су употребљавали и лекари у средњем веку.

Када су 711. године Маври продрли у Шпанију, донели су арапске списе и тадашњим европским лекарима се пружила прилика да обогате своје медицинско знање. Арапски лекари су имали огромно искуство у лечењу, а најпознатији међу њима, Авицена (980–1037), и данас носи титулу „кнез медицине“.

Карло Велики (742–814) био је велики поклоник тадашње медицине и интересовало га је лекарство. Он је наредио да се у вртovima манастира гаје и негују лековите биљке. Сматра се да је посебан допринос познавању лековитих биљака дала опатица Хилдегард, игуманија манастира Дисибоденберг. Она је живела у XII веку и за собом оставила значајно дело *Физика*, у коме је изложила сва своја медицинска знања и искуство. Доминикански свештеник Албертус Магнус, који је живео у исто време, написао је за то доба најбољу књигу о ботаници.

Прве апотеке основане су 1224. године – једна у Италији, у Риму, а друга на Сицилији. Отварање апотека у Европи текло је веома sporo. Тек је 1343. године основана прва апотека у Немачкој, у Франкфурту на Мајни, а друга читавих сто година касније, у Улму. У апотекама су се најпре продавале траве, познато је да су се у то време користиле: машина трава (валеријана), камилица, цвет зове, коморач, хајдучка трава и многе друге. Тек касније се у апотекама почело са справљањем лекова по лекарским рецептима. Стари апотекари справљали су углавном лекове за чишћење, а највише се користио општи лек теријак, направљен од мешавине трава и домаће ракије.



Слика 104. – Универзитет у Оксфорду и ботаничка башта

До снажног развоја лекарства долази у време крсташких похода, од краја једанестог, па до краја тринаестог века, јер су тада до лекара допрла знања о медицини на Истоку. Најстарији источњачки списи о употреби лековитог биља потичу из Кине. Кинески цар Кин-Нонг (3000. године пре н.е.) познавао је преко стотину лековитих биљака. У књизи коју је написао кинески цар Шен-Нунг (2700. године пре н.е.) описано је више биљака које се и данас употребљавају. Најпознатија од њих је цимет или слатка корица. Класично кинеско медицинско дело *Pent-Sao* (2500. године пре н.е.), написано у 52 тома, садржи две књиге о лековитом биљу.

Открићем Америке пронађене су на новом континенту дотад непознате биљке са снажним лековитим деловањем. Од њих је и данас веома познато кининово дрво, чија се кора употребљавала као лек против маларије.

У овом периоду (XI – XIII век) оснивају се и први универзитети у већим градовима Европе – Болоњи, Салерну, Падови, Паризу, Оксфорду, Кембриџу, Бечу, Прагу, Хамбургу, Келну итд. (слика 104).

Проналазак штампарије у XV веку омогућио је да медицинско знање буде трајно забележено за будуће генерације. Међутим, фармацеутска наука, као посебна дисциплина, снажно се развија тек после Француске револуције. Њеном развоју веома су допринели Лавоазје, Шеле, Пристли и други познати научници.

Све до пред крај XIX века лековито биље је имало огромну важност за лечење људи и домаћих животиња. Међутим, откако су хемичари створили вештачка лековита средства, а лекари их одмах прихватили, значај лековитих биљака је опао и њихова употреба је сведена на најмању меру током протеклих столећа. У најновије време, међутим, многи људи, али и лекари, опет се враћају лековитим биљкама. Треба ипак имати у виду да се синтетички лекови не могу у потпуности искључити. Зато је најбоље и лекове и лековите биљке

користити према упутству лекара. Данас се лековите биљке детаљно изучавају јер се трага за лековима који би имали, поред повољног, што слабије пратеће негативно дејство на људски или животињски организам.

На простору Балканског полуострва, а тиме и код нас, због специфичности климатских и других еколошких услова расте велики број лековитих биљака. Зато се у нашем народу лековито биље вековима користило за лечење оболелих и повређених. Чак се и у народним песмама могу наћи подаци о народном знању о лековитим биљкама. Сами народни називи биљака указују на то против којих болести су се поједине врсте употребљавале.

Од писаних докумената који говоре о коришћењу лековитих биљака у лекарству код нас постоји *Ходошки кодекс*, који потиче из XIV века и представља најстарији запис српске световне медицине. У манастиру Хиландар на Светој Гори (слика 105) сачуван је *Хиландарски медицински кодекс* број 517, који је написан у XV или XVI веку. Постоји и читав низ других записа који су сачувани у библиотекама разних манастира. Манастир Студеница је пре 800 година био прва српска болница, изграђена по најмодернијим принципима медицине онога доба. Имала је своја истурена одељења у Цариграду и на приморју.



Слика 105. – Манастир Хиландар у коме је сачуван
Хиландарски медицински кодекс



Слика 106. – Изглед једне старе апотеке

Први подаци о апотекама на овим просторима, потичу из Далмације, из 1271. године, када је основана апотека у Трогиру. Већ 1272. године у самостану „Мале браће“ у Дубровнику отворена је и друга апотека. Остаци те апотеке могу се видети у музејском простору самостана (слика 106). У Београду је прва апотека основана априла 1830. године.

Данас се још увек у народу користи *Народни лекар* Васе Пелагића, који садржи многа упутства за лечење биљем. У употреби су и многе друге књиге тог типа, а најпознатија је *Лечење биљем* др Јована Туцакова.

ЛЕКОВИТИ САСТОЈЦИ БИЉАКА

У биљкама се синтетизује велики број различитих органских материја које се у непромењеном или прерађеном облику могу користити у различите сврхе. Биљке које их садрже у већој количини користе се као лековите или служе као зачини.

Алкалоиди су хемијска једињења која углавном садрже угљеник, кисеоник, водоник и азот. То су отровне материје које се у биљним ћелијама налазе у облику соли растворених у води. Алге и маховине уопште не садрже алкалоиде. Гљиве и папрати их садрже у малим количинама, док су код цветница, посебно дикотиледоних, веома чести. У већим количинама их садрже врсте из фамилије помоћница, мака, љу-

тића, броћа и других. Алкалоиди већине ових биљака налазе се у плодовима и семену. Код неких биљака се могу наћи у листовима, а мањи број врста их садржи у кори, ризому или у стаблу.

Значај алкалоида за саме биљке није сасвим јасан, али се претпоставља да имају улогу у синтези беланчевина. Еколошки значај је вероватно у томе што животиње не једу биљке које их садрже, јер су отровне.

Гликозиди су сложене органске супстанце које су углавном отровне и налазе се у вакуолама биљних ћелија. Под дејством неорганских киселина или ензима разлажу се на шећер глукозу и једно или више ароматичних једињења. Најпознатији гликозид је амигдалин, који се налази у семенкама бадема и другог коштуњавог воћа. Деловањем ензима он се разлаже на глукозу, бензалдехид и цијановодоничну киселину која је веома отровна и може изазвати тровање уколико се одједном поједе сувише семенки бадема.

Од цветница, гликозиде нарочито садрже ђурђевак, напрстак и гроцет. Човек их користи за добијање супстанци неопходних за штављење коже.

Сапонини или сапонозиди су биљне супстанце које не садрже азот. У воденом раствору граде колоиде који мућкањем стварају постојану и обилну пену. Зато се користе као додатак средствима за прање финих тканина, козметичким препаратима и средствима за испирање уста. За човека сапонини нису отровни. Садрже их многе биљке, на пример спанаћ, блитва, соја као и врсте из фамилија каранфила, јагорчевине, љиљана и других.

Танини су хемијска безазотна једињења веома распрострањена у биљном свету. У суштини представљају комплексну смешу гликозида. Биљке које их садрже имају опор укус: грожђе, храстов жир, бобице трњина итд.

Смола је биљни производ који цури из незлеђених или озлеђених биљака различитих фамилија. На ваздуху смоле постају чврсте и стакласте. Различите су боје, нерастворљиве су у води и ароматичне. Настају оксидацијом етарских уља. Користе се у индустрији боја и лакова, за израду козметичких препарата и у фармацеутској индустрији.

Балсам је течан, жидак или чврст ароматичан биљни продукт који многе биљке нормално излучују или се јавља услед озледе биљке. Балсами се користе као сировине у изради лекова и козметичких производа.

Фитонциди су посебна група биљних супстанци које имају заштитну улогу. Они успоравају или потпуно спречавају раст микроорганизама и биљних паразита. Делују селективно јер су и сами веома различити. У ћелијама се налазе у облику лако испарљивих једињења или раствора. Фитонцидима су веома богати: лук, рен, слачица, коприва, хајдучка трава. Када их спере киша, они делују и на околину биљке.

Витамини. – Органске супстанце које у организму имају улогу биокатализатора називају се витамини. Неопходни су у малим количинама и делују као регулатори различитих метаболичких процеса. Имају различиту хемијску структуру.

Недостатак витамина у организму животиња и човека доводи до многих обољења, познатих под општим називом авитаминозе и хиповитаминозе. Вишак витамина у организму такође изазива обољења, тзв. хипервитаминозе.

Данас је познат већи број витамина.

Витамин А обухвата групу једињења растворљивих у мастима. Настају од каротинских пигмената који су **провитамини**. Провитамин је неактиван облик витамина.

Витамин А је неопходан за растење и има способност да спречава инфекције. Такође, значајан је у прилагођавању вида на таму. У облику провитамина уноси се у организам биљном храном, као што је мрква, патлиџан, воће (кајсија, брескве). Највише га садрже намирнице животињског порекла: јетра и месо морских риба (бакалар, иверак), јаја и млечни производи (маслац). Дневне потребе организма за овим витамином су 0,2 mg.

Авитаминоза А се може јавити код деце која се дуго хране скробом. Код одраслих се манифестује губитком вида при светлости слабог интензитета, променама на слузокожи дигестивног тракта и смањењем отпорности организма према инфекцијама.

Витамин В. – Комплекс витамина В обухвата читаву групу материја које су растоврљиве у води. Витамини комплекса В су врло разноврсни по структури, физиолошком дејству и терапијској примени.

Витамин В₁ (тиамин, анеурин) налази се у квасцу, свим врстама жита, грашку, пасуљу, шљиви, рибизли, ораху. Намирнице животињског порекла су извор овог витамина, на пример свињско и говеђе месо, цигерица и јаја. Има важну улогу у метаболизму глукозе. Дневне потребе организма за овим витамином су 1 – 2 mg.

Авитаминоза В₁ се јавља као последица узимања пречишћених намирница (бело брашно, глазирани пиринач, шећер) или уништавањем витамина при преради намирница (љуштењем, одбацивањем семенки, кувањем, стерилизацијом воћа, поврћа, конзервирањем хране). Недостатак овог витамина проузрокује болест бери-бери.

Витамин В₂ (рибофлавин) отпоран је на високу температуру, што му је значајна особина. Главни извори овог витамина су: квасац, биљна храна (жита и зелено поврће) и животињски производи (цигерица и бубрези). Дневне потребе организма за овим витамином су 1,5 – 2 mg.

Авитаминоза В₂ се јавља само код особа које се хране неуравнотежено, узимају храну са великим количинама масти и шећера, а мало беланчевина. Такође се јавља код беба које се хране вештачким млеком.

Витамин В₃ (витамин РР никотинамид налази се у истим изворима у којима се налазе и остали витамини В – групе. Неопходан је за обављање оксидо-редукционих процеса у ћелији. Дневне потребе организма за овим витамином су 10 – 18 mg. Авитаминоза В₃ изазива болест пелагру.

Витамин В₄ је аденин – дериват неуклеинских киселина.

Витамин В₅ је пантотенска киселина која има важну улогу у метаболичким процесима (Кребсов циклус). Дневне потребе организма за овим витамином су 5 – 15 mg.

Витамин В₆ (пиридоксин) представља скуп од три једињења. Учествује у различитим метаболичким процесима у облику коензима. Дневне потребе организма за овим витамином су 2 – 3 mg.

Биотин (витамин Н) придодат је витаминима В – групе. Налази се у истим намирницама као и сви витамини Б.

Витамин В₁₂ се уноси у организам углавном животињском храном јер су биљке узрок авитаминозе В₁₂. За потребе фармацеутске индустрије добија се из гљиве *Streptomyces griseus*. Има изразито дејство на растење, а делује и на стварање еритроцита. Авитаминоза В₁₂ изазива анемију.

Витамин С (аскорбинска киселина) налази се у поврћу (купус, спанаћ, салата, лук, пасуљ, грашак, патлиџан), нарочито воћу (лимон, поморанџа, грејпфрут), али и у свежем месу и млеку. Неопходан је за ћелијски метаболизам и за многе физиолошке процесе (синтеза колагена, ресорпција гвожђа). Дневне потребе организма за овим витамином су 100 mg. Авитаминоза С код одраслих особа изазива скорбут. Често се јавља прскање капилара, а могу настати и поремећаји раста костију.

Витамин С₂ (витамин Р) утиче на пропустљивост крвних судова и повећава њихову отпорност на прскање. Највише га има у љусци индијског кестена.

Витамин D представља читаву групу материја од којих свака има специфично деловање. У биљкама се налази у облику провитамина DD који под дејством ултраљубичастог зрачења у телу животиња и човека прелази у витамин. Нарочито га има у млеку, јајима, месу. Он регулише метаболизам фосфора и калцијума и обезбеђује њихово везивање за кости. Дневне потребе организма за овим витамином су до 0,1 mg. Хиповитаминоза D код организма који расте изазива рахитис, а код одраслих особа доводи до промена на костима.

Витамин E (токоферол) налази се у зеленом поврћу и зрнима жита. Растворљив је у мастима. Има значаја за функцију полних жлезда.

Витамин F је назив за незасићене масне киселине.

Витамин K се налази у биљкама (свежем поврћу и јестивим зрнима) и у свињској јетри. Има значајну улогу у процесу коагулације. Дневне потребе организма за овим витамином су око 4 mg.

Витамини се примењују у лечењу разних болести, и то углавном у великим дозама.

Ензими. – Протеинске су супстанце које имају каталитичку функцију. Грађа им је специфична. Једна компонента ензима је висококолоидна супстанца – **носач** или **апоензим**, а другу компоненту чини активна група – **коензим**. Деловање ензима на неки супстрат одвија се тако што носач гради комплекс са супстратом, а коензим омогућава одвијање реакције. Ензими су неопходни састојци свих живих ћелија јер омогућавају одвијање метаболичких функција. Међутим, своју каталитичку функцију они могу да обављају и ван организма. Врло су осетљиви на промене температуре и киселост средине у којој делују.

Биљни хормони. – То су органске супстанце које се синтетизују у одређеним деловима биљке, а затим доспевају на места на којима ће деловати. Хормони делују само у живим организмима. Мање су осетљиви на температурне промене. Заједничка особина хормона и ензима је да су активни у врло малим количинама. У зависности од функција које обављају, биљни хормони се деле у неколико група.

Ауксини су хормони раста. Образују се на врху стабла и крећу се само одозго надоле. Управљају растом биљке, утичу на развиће пупољака, спречавају опадање плодова и омогућују укоренивање резница.

Гиберелини такође убрзавају растење биљака, али посебно утичу на растење стабла. Под њиховим утицајем ћелије стабла се убрзано деле и издужују.

Кинетини су хормони који изазивају клијање семена и развиће пупољака. Такође, они убрзавају зарађивање рана, изазивају ћелијске деобе.

Флоригени су хормони цветања. По свом хемијском саставу веома су слични гиберелинима.

Протеини. – Поред градивних и функционалних беланчевина, у биљним ћелијама органа за складиштење хране налазе се резервне беланчевине. Оне имају велику хранљиву вредност. Најчешће се налазе растворене у вакуолама, али се могу јавити и у кристалном облику, када граде **кристалоиде**. Код неких биљака има их у зрнастом облику и то су **протеинска** или **алеуронска зрна**. Кристалоиди се налазе у ћелијским вакуолама. Крупни кристалоиди се могу наћи у ћелијама кртоле кромпира, непосредно испод плуте. Зато у овим ћелијама има мање скроба. Семена многих биљака садрже алеуронска зрна. Алеуронско зрно је обавијено протеинским омотачем испод кога се налази аморфна протеинска маса. Код биљака са крупнијим алеуронским зрнима у аморфној протеинској маси могу се наћи кристали беланчевина који се називају **глобоиди**. Понекад се могу наћи и кристали калцијум-оксалата. Крупна и морфолошки оформљена алеуронска зрна налазе се у семену рицинуса. Врсте из фамилије боба – боб, пасуљ, грашак, имају ве-

ома ситна алеуронска зрна. Плод пшенице испод срасле оплоднице и семењаче садржи слој ћелија са алеуронским зрнима и то је **алеуронски слој**. Млевењем пшенице и сејањем кроз густо сито ради добијања белог брашна овај протенински слој се одбацује. Зато бело брашно има мању хранљиву вредност.

Масти и етарска уља. – У многим ћелијама биљака стварају се масти и етарска уља. Ова једињења су лакша од воде и не растварају се у њој. Растворљива су у неким органским растварачима као што су бензин и толуол. Масти се по хемијском саставу разликују од етарских уља. Исто тако, масти су обично без мириса, а етарска уља имају јак и често пријатан мирис.

Биљне масти се називају уља. Оне се налазе слободне у цитоплазми ћелија и у пластидима и то у облику емулзије. Има их и у млечном соку неких биљака из фамилије млечика. Највећу количину биљних масти садрже семена и споре и то су резервне масти. Оне имају велику хранљиву и енергетску вредност. Садрже олеинску киселину која је незасићена и зато су биљне масти течне. За исхрану људи су веома значајне јер не садрже холестерол. За исхрану се најчешће користе масти које се добијају из семена сунцокрета и клица кукуруза.

По хемијској структури масти су естри виших масних киселина и трохидроксилног алкохола глицерола. Количина масних материја у семену зависи од особине биљке и спољашњих услова у којима биљка живи. Већу количину масти садржи семе биљака из фамилије крсташица, лана, тикве, мака, ораха и многих главочика. Плодови житарица садрже мале количине масти. Резервне масти се код неких биљака налазе у ћелијама вегетативних органа, у ризомима и кртолама. Веће количине масних материја налазе се у телу неких једноћелијских биљака. Све биљке које живе у умереним климатским условима садрже течне масти, док су код биљака тропских области масти чврсте.

Етарска уља се налазе у облику крупнијих или ситнијих капи у цитоплазми биљних ћелија. Њих нарочито садрже ћелије листића цветног омотача, ћелије коре, ризома, а понекад их има и у зеленим листовима. Етарска уља јако миришу и брзо испаравају. Представљају мешавину различитих једињења: алкохола, алдехида, кетона и многих органских киселина.

Улога етарских уља у биљном свету је различита. Када се налазе у цветним листићима, служе за примамљивање инсеката опрашивача. У зеленим листовима служе као заштита од биљоједа. Изолована из биљака, етарска уља се примењују у медицини, индустрији сапуна, парфема и других козметичких производа.

Восак је смеша естара и слободних виших органских киселина, алкохола и угљоводоника. Налази се у саставу масти, али га многе биљке излучују на површину различитих биљних органа у виду танког слоја

који их штити од спољашњих утицаја. Неки биљни воскови се користе у фармацеутској индустрији и индустрији козметичких препарата.

Угљени хидрати (сахариди). – Биљне ћелије садрже велике количине угљених хидрата, за разлику од животињских ћелија које садрже више беланчевина. Глукоза у присуству ензима прелази у скроб. Међутим, тај тзв. **примарни скроб** не задржава се у листу. Преко ноћи он поново прелази у шећер који у течном облику одлази у органе за складиштење резервне хране као што су кртоле, задебљали корен, плодови и др. У тим органима шећер у леукопластима прелази у чврсти облик – **резервни скроб**, који се јавља у облику зрна. То су **скробна зрна**. Ако се скробна зрна посматрају под микроскопом, уочава се њихова слојевита грађа. Слојевитост се јавља због различитог садржаја воде. Слојеви који садрже мање воде су светлији. Скробно зрно се повећава таложењем нових слојева око језгра. Ако је језгро зрнца смештено у централном делу пластида, слојеви ће бити концентрични, а ако је уз опну пластида, биће ексцентрични. Скробна зрна могу бити просте, сложене и полусложене грађе. Зрна просте грађе имају само једно језгро и око њега се налази систем слојева. Сложено грађена зрна имају два или више језгара, при чему свако од њих има свој систем слојева. Полусложено грађена зрна имају неколико простих зрна (два или три) обавијених једним или више заједничких слојева. Таква зрна су ређа.

У телу гљива и бактерија не образује се скроб, већ **гликоген**. Код неких виших биљака, као што су оне из фамилије главочика, образује се **инулин**. У плодовима биљака најчешће се налазе сахароза и малтоза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), који им дају слadak укус.

Органске киселине. – Код већине биљних врста садржај вакуола има киселу реакцију јер се у њима налазе различите органске киселине, које могу бити слободне или у облику соли. Ћелијски сок најчешће садржи оксалну, јабучну, винску и лимунску киселину. Оксалну киселину садрже у великој количини лишће кисељака и зечје соце, као и лишће других, њима сродних биљака. Јабучне киселине нарочито има у плодовима јабуке, малине, шимширике, а посебно у плодовима оскоруше. Винске киселине највише има у плодовима грожђа, патлицана и ананаса. Лимунску киселину изузетно много садрже биљке јужних географских ширина, нарочито плод лимуна (око 9%) и њему сродне биљне врсте. У малим количинама има је у плодовима брескве, кајсије и јагоде.

Поред ових органских киселина, у биљкама, у мањој количини, има ћилибарне, салицилне и бензоеве киселине.

Понекад у ћелијском соку има и аминокиселина.

Минералне соли. – У вакуолама ћелија налазе се растворене минералне супстанце у облику соли, а најчешћи су нитрати, фосфати и

хлориди. Биљка их помоћу кореновог система апсорбује из земље заједно са водом. Неке соли су неопходне за раст и развиће биљака, али многе преостају у вишку из различитих процеса и остају ненаскорашњене.

У физиологији исхране човека и животиња минералне соли и органске киселине (млечна, јабучна, лимунска) веома су значајне. Натријумова со лимунске киселине употребљава се као конзерванс.

Хемијски активне материје које се налазе у биљкама имају различито дејство на организам човека и животиња и о томе треба водити рачуна приликом њихове употребе. Познато је да бобице паскавице могу изазвати тровање код човека, док их коњи радо једу без икаквих последица. Само пола грама листова напретка изазива смрт човека, а код кокоши које их једу не изазивају никакве штетне ефекте. Козе једу отровну млечнику, а овце се хране многим отровним биљкама. Због оваквог селективног деловања хемијских супстанци које биљке садрже треба бити опрезан приликом њихове употребе. Лековите и ароматичне биљке треба добро познавати да би се могле употребљавати.

ГАЈЕЊЕ И ПРИМЕНА ЛЕКОВИТОГ И АРОМАТИЧНОГ БИЉА

Сакупљање, сушење и чување лековитог биља. – Да би се нека биљка користила као дрога, тј. за лечење или као зачин, веома је важно да се бере у право време, правилно осуши и сачува за употребу. Биљке се сакупљају у време када је садржај активних материја у њима највећи. Време треба да буде лепо јер су тада листови суви и на њима нема кишних капи или росе (слика 107). Сакупљене биљке се, по правилу, истог дана припремају за сушење. Биљке не смеју остати у корпама, сандуцима или врећама јер ће почети да се кваре. Оне се морају очистити од оштећених делова, песка или остатака земље, разестрти у танком слоју по чистој подлози и оставити до следећег дана у просторији са добрим проветравањем.

Сакупљање биљака треба да надгледа стручно лице. Треба избегавати истовремену бербу више биљних врста да не би дошло до њиховог мешања, чиме се смањује квалитет сировине. На природним стаништима треба најбоље примерке биљака оставити за спонтано размножавање. Приликом стављања у кутије, корпе или вреће биљке не треба сабијати. По завршетку рада са биљкама руке и сав прибор који је употребљаван треба добро опрати јер су многе супстанце које ове биљке садрже отровне.



Слика 107. – Лековите биљке на високопланинској ливади

Пупољци се беру у пролеће, пре него што се отворе. Листови се сакупљају у време када су потпуно развијени, а то је најчешће непосредно пре цветања. Цветови се обично сакупљају на почетку цветања, пре него што се потпуно отворе. Зељасте надземни делови беру се на почетку цветања. Семенке и плодови се сакупљају када су потпуно зрели. Кору треба скидати са младих грана и стабала у пролеће, пре листања. Кртоле, ризомни и корење сакупљају се обилно у јесен када опадне лишће, а ређе за време цветања биљке.

Биљке се суше у сушионицама које су опремљене нарочитим пећима и термостатима ради одржавања сталне температуре сушења, која треба да износи 35 – 40°C. Сакупљени материјал се не сме излагати директном Сунчевом зрачењу или високој температури. У недостатку посебних сушионица, за сушење се користе тавани покривени металним кровом, надстрешнице у сенци или просторије које се добро проветравају. Места која служе за сушење биљака морају бити чиста, а испод биљака које се суше треба поставити чисте простирке (хартија, платно, асура).

За сушење се биљке постављају у танком слоју. Том приликом се прегледају и задржавају се само здраве биљке. Делови који су потамнели, почели да труле или су их оштетили инсекти одбацују се. У току сушења биљке се често преврћу, али веома пажљиво да се не би поломиле.

Пупољци се суше на умереној температури и брзо јер се могу уплесивити ако дуже стоје. Листови се разастире у танком слоју, али се велики листови суше сваки засебно. Цветове у току сушења не треба прертати. Зељасте изданке треба везати у китице, поставити их да висе и тако се суше. Семенке и плодови дозревају на ваздуху током сушења. Сочни плодови се суше у пећима, али треба пазити да се не пресуше или изгоре. Ризом, кртоле и корење се суше цели на ниској температури. Правилним поступањем при сушењу обезбеђује се квалитет сировине, односно очување свих састојака, и биљке се могу употребљавати као лек или зачин (табела 6).

Добро осушени материјал треба заштити од влаге и плесни. Он се обично чува у просторијама са добрим проветравањем на дрвеним подметачима у врећама и сандуцима са отворима како би се обезбедило струјање ваздуха. Цветови и други миришљави делови биљака одлажу се засебно. Осушени сочни плодови чувају се у врећама. Отровне биљке се чувају у засебним просторијама које се закључавају (табела 7).

Табела 6. – ЛЕКОВИТЕ БИЉКЕ

Назив биљке	Део који се употребљава	Назив биљке	Део који се употребљава
Бели јасен	лист	Мајчина душица	херба
Бели лук	главица	Маслина	лист
Бели слез	корен, лист	Матичњак	лист
Вербена	лист	Навала	ризом
Винова лоза	лист	Нана	лист
Враниловка	лист	Нар	кора са корена
Врба	кора	Невен	цвет
Глог	цвет	Одољен	корен
Дивља љубичица	цвет	Орах	лист
Дуња	плод	Пелен	лист, цвет
Еукалиптус	лист	Пиревина	ризом
Жалфија	лист	Раставић	лист
Анис	плод	Ружа	листићи крунице
Зова	цвет	Рузмарин	врх гранчице у цвету
Јагорчевина	лист, корен	Тимијан	херба
Јечам	семе	Трешња	потелка, кора
Кафа	пржено семе	Турчинак	листићи крунице
Кукуруз	свила	Хајдучка трава	лист
Купина	пупољак	Хмељ	шишарке
Лаванда	цветне гранчице	Црна рибизла	лист
Линцура	корен	Црни слез	цвет
Липа	цваст, кора	Чај	лист
Љубичица	цвет	Шафран	жиг

Табела 7. – ОТРОВНЕ БИЉКЕ

Назив биљке	Употреба у медицини
Бели мак	лист, чауре
Буника	лист, корен, семе
Велебиље	лист
Гороцвет	херба
Дигиталис	лист
Једић	лист, корен
Мразовац	семе
Приморски лук	пупољак
Татула	лист

Табела 8. – ЈЕСТИВЕ БИЉКЕ

Назив биљке	Употреба	Назив биљке	Употреба
Багрем	поврће, салата, чај	Локвањ	хлеб, каша, напатак
Бела рада	поврће	Малина	воће, чај
Бели слез	поврће, салата	Маслачак	поврће, салата, чај
Боквица	поврће, салата	Мечја шапа	поврће, воће, зачин
Боровница	чај, воће	Мишјакиња	поврће, салата
Бреза	поврће, салата, хлеб	Мртва коприва	салата, поврће
Детелина	поврће	Навала	поврће
Дивља јабука	воће	Оскоруша	воће
Дивља крушка	воће	Плућњак	поврће
Дивља блитва	поврће, каша, сируп	Пољско зеље	поврће
Дивља мрква	поврће, зачин	Пуцавац	поврће
Дивљи лук	поврће, салата, лук	Репушина	поврће, салата, напатак
Дивља рибизла	воће	Седмолист	поврће, салата
Дивља ружа	чај, воће	Суручица	поврће
Дивљи огрозд	воће	Тетивка	поврће
Добричица	поврће, салата	Трњина	воће
Дрен	воће	Троскот	поврће, салата
Глог	хлеб, каша	Зечја соца	поврће, салата, чај
Лобода	поврће, салата	Златан	поврће, каша
Јагода	воће, чај	Жедњак	поврће
Јагорчевина	поврће, салата, чај	Шумска јагода	чај, воће
Кисељак	поврће	Јаглика	поврће, салата, чај
Клека	чај	Каћун	каша
Коприва	поврће		
Купина	чај, воће		

Савремена производња лековитог и ароматичног биља. – Лековите и ароматичне биљке се користе за производњу различитих препарата и зачина, те имају значај у индустрији. Продукти на бази ароматичног и лековитог биља користе се за производњу безалкохолних напитака, ликера, ароматичних алкохолних лековитих напитака, кондиторских производа, меса и месних прерађевина, козметичких производа, парфема, боја, лакова и многих других производа. За све производе ове врсте значајно је да имају специфичну боју, укус и мирис и да им је основна супстанца природног порекла. Фармацеутски препарати су некада израђивани искључиво на бази лековитих и ароматичних биљака. И синтетички препарати су касније израђивани на бази материја које су изоловане из појединих биљака (табела 8).

Међутим, за масовну производњу различитих препарата природна налазишта биљака нису довољна. На природним стаништима је тешко добити стандардну и увек подједнако квалитетну биљну сировину. Временске прилике могу да доведу до подбацавања приноса. Појава биљних штеточина такође може да угрози или уништи бербу. У зависности од климатских услова, иста биљна врста у различитим поднебљима стиже за бербу у различито време, па то омета истовремено сакупљање и прераду.

Да би се обезбедило редовно и поуздано снабдевање индустрије неопходном сировином, примењује се плантажна производња лековитих и ароматичних биљака. Такође, научници су дошли до сазнања да се нарочитим култивисањем лековитих и ароматичних биљака садржај корисних супстанци у њима може повећати, а количина непожељних материја умањити. То се постиже променом животних услова биљака, брижљивим одабирањем и укрштањем, за шта је опет најпогоднија плантажна производња.

Данас се лековито и ароматично биље гаји на великим плантажама, а производњу контролишу различити стручњаци. Плантажна производња има велике предности. Максималан принос се обезбеђује избором адекватног земљишта, експозиције терена и његове надморске висине. Квалитетан материја за расад производи се у лабораторији и стакленим баштама. У условима плантажне производње могућа је и примена најсавременијих агротехничких мера. На тај начин се обезбеђује најквалитетнија природна сировина.

Опште упутство за припремање и употребу чајних напитака. – Чај или чајна мешавина се припремају увек непосредно пре употребе, а према упутству које важи за одређену дрогу. Ако у упутству није другачије наглашено, чај се пије топао, и то лагано, у гутљајима. По правилу, чајеви се пију незаслађени. Ако им се додаје витамин С или нешто слично, онда то треба чинити када се чај прохлади. Дрога од које се прави чај употребљава се само једанпут. Вишекратна употреба је бескорисна, а може се догодити да буде токсична. За припремање чаја треба користити квалитетне посуде од емајла, стакла или инокс челика. Металне незаштићене посуде могу изменити укус и квалитет напитка. Стварање навике да се чај пије редовно и када човек није болестан веома је корисно јер се ефекти доброг чаја тада могу најбоље осетити. Зато, различите бескорисне напитке треба заменити добрим чајем.

Др ДРАГОСЛАВ МАРИНКОВИЋ
мр КАТИЦА ПАУНОВИЋ
мр ВЕЉКО ТЕРЗИЈА

БИОЛОГИЈА
за I и II разред средње школе

Осамнаесто издање, 2016. година

Издавач
ЗАВОД ЗА УЏБЕНИКЕ
Београд, Обилићев венац 5
www.zavod.co.rs

Ликовни уредник
БРАНИСЛАВ НИКОЛИЋ

Лектори
БИЉАНА НЕСТОРОВИЋ
МИРЈАНА ВАСИЉЕВИЋ

Корице
АИДА СПАСИЋ

Цртежи
ДРАГАНА ЈОВЧИЋ

Графички уредник
ДРАГАН ТАДИРОВИЋ

Коректор
ЈАСМИНКА ЦВЕТКОВИЋ

Обим: 12¹/₂ штампарских табака
Формат: 16,5 × 23,5 cm
Тираж: 5000 примерака
Рукопис предат у штампу марта 2016. године.
Штампање завршено априла 2016. године.
Штампа „Сајнос”, Нови Сад

