

Шартты белгілер:



— білімді шыңда



— білімдеріңді тексеріңдер



— білу, түсіну



— қолдану



— талдау



— синтез



— бағалау

**МОЛЕКУЛЯРЛЫҚ БИОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИО-
ХИМИЯ**

1

ҚОРЕКТЕНУ

2

ЗАТТАРДЫҢ ТАСЫМАЛДАНУЫ

3

КООРДИНАЦИЯ ЖӘНЕ РЕТТЕЛУ

4

КӨБЕЮ

5

ӨСУ ЖӘНЕ ДАМУ

6

**ТҰҚЫМҚУАЛАУШЫЛЫҚ ПЕН ӨЗГЕРГІШТІК
ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ**

7

КІРІСПЕ

XXI ғасыр — биология ғасыры. Бұл адамзат Жер бетіндегі тіршіліктің тағдырына жауап беретін тірі тіршіліктің бір бөлігі екенін түсінген кезде, биологиялық білімнің дамуымен және заманауи жаңа экологиялық ойлаудың қалыптасуымен анықталды. Заманауи биологиялық көзқарастың қалыптасуына сендерге “Биология” оқулығы көмектеседі. Бұл оқулықта биосфера мен экология, биомедицинаның заңдылықтары мен жетістіктері, биотехнология мен биоинформатика туралы мәліметтер ғана емес, сонымен қатар жасуша, тірі организмнің өсуі мен дамуы, тұқымқуалаушылық пен өзгергіштік, тіршіліктің молекулалық негіздері мен заттар тасымалы, қоректену, қозғалыс секілді өмір сүру функциялары да қарастырылады.

Оқулық жаңартылған бағдарлама бойынша құрастырылған және мұғалімдерге арналған “Әдістемелік нұсқау” ұсынылады. Оқулықта оқылатын бөлімдер бойынша биологиялық білім негіздері мазмұндалған және олар биологияның тірі тіршілік туралы ғылым ретінде күрделілігі мен көпқырлылығын көрсетеді. Сонымен қатар тірі тіршілік принциптерін зерттеуге өз өмірін арнаған ғалым биологтердің орасан зор еңбектері келтіріледі. Оқулықтың мазмұны биология ғылымының классикалық және ең соңғы жетістіктеріне негізделеді.

Биология ғылымы терминологияға негізделген өз тілімен ерекшеленеді. Терминдердің басым көпшілігі латын және грек сөздерінен келіп шыққан, біз осы сөздердің аудармасын келтіреміз және алғаш рет енгізіліп отырған терминдерге түсінік беріп отырамыз.

Ең маңыздысы, сендер оқу материалын түсініп қана қоймай, сондай-ақ алған білімді тәжірибеде қолдана білуге үйренесіңдер. Бүгін ешкімге күшія емес, қоршаған ортаның ластануы мен адамдардың денсаулығының алаңдатушылық туғызып отырған жағдайын көбіне негізгі биологиялық заңдылықтарды білмеуімен түсіндіруге болады. Биология бойынша білімдеріңді жетілдіру үшін қосымша әдебиеттер оқыңдар. Тапсырмалар мен сұрақтардың ойластырылған жүйесі оқыған материалды пысықтауға және өз білімдеріңді тексеруге мүмкіндік береді.

Әр параграф оқыту мақсатын айқындау мен онда оқылатын негізгі түсініктерді түсіндіруден басталады. Параграф соңында сендерге оқылған материалды ұғынуға көмектесетін сұрақтар мен тапсырмалар бар. Оқушыларға интернетте еркін жұмыс істеуге және ақпараттық кеңістікті бағдарлай білуге, жаңа ғылыми ақпаратты өздігінен іздеп үйренуге мүмкіндік беретін көптеген тапсырмалар бар.

Биологияны оқи отырып, сендер өз организмдерің, өз өмірлерің кез келген вирус, микроорганизмдерден бастап биосфераға дейінгі организмдер бағынатын заңдылықтар аясында болатынын түсінулерің қажет.

Авторлар

§ 1. АНТИДЕНЕЛЕРДІҢ ҚҰРЫЛЫСЫ МЕН ҚҰРЫЛЫМЫ. АНТИДЕНЕЛЕРДІҢ (БЕЛСЕНДІ ОРТАЛЫҒЫНЫҢ) АРНАЙЫЛЫҒЫ. АНТИГЕН МЕН АНТИДЕНЕНІҢ ӘРЕКЕТТЕСУІ

Бұл сабақта:

- антигендер мен антиденелердің өзара әрекеттесуін білетін боласыздар;
- антиденелердің құрылысы және құрылымымен танысасыздар;
- антиденелердің арнайылығын оқып білесіздер.

Сендер білесіздер ме?

- тірі организмдер үшін антиденелердің маңызын;
- иммуноглобулиндердің әр класының құрылыс ерекшеліктерін;
- біздің организмімізде қандай жасушалар антиденелер түзетінін.

Кілт түсініктер:

антидене, антиген, иммуноглобулин, аффинділік, авидтілік (алуантүрлілік), серология

Антиделер организмге антигеннің енуіне жауап ретінде плазматикалық жасушалар бөліп шығаратын қан сарысуының нәруыздары. Антиденелерді лимфоидті мүшелер жасушалары бөліп шығарады, сосын олар қан плазмасында, лимфада, организмнің басқа сұйықтықтарында айналымда жүреді. Антиденелердің маңызды әрі ерекше қасиеті — антигенді организмге қалай енсе сол түрде байланыстыруы және оларды жою процесін бастауы.

Антиденелер организмде жұқтыру (табиғи иммундалу) немесе өлген және тірі вакциналармен вакцинациялау (жасанды иммундау) нәтижесінде, немесе лимфоидты жүйенің бөгде жасушалармен және ұлпалармен (трансплантанттар), немесе аутоантигендерге айналған өзінің зақымдалған жасушаларымен байланысы нәтижесінде пайда болады.

Халықаралық жіктеуге сәйкес антиденелердің қасиеттеріне ие сарысу нәруыздарының жиынтығы иммуноглобулиндер деп аталады және Ig деп белгіленеді.

Антиденелер нәруыздың белгілі бір бөлігіне, атап айтқанда, IgY болып белгіленетін α — глобулиндерге жатады.

Антиденелер келесі топтарға бөлінеді:

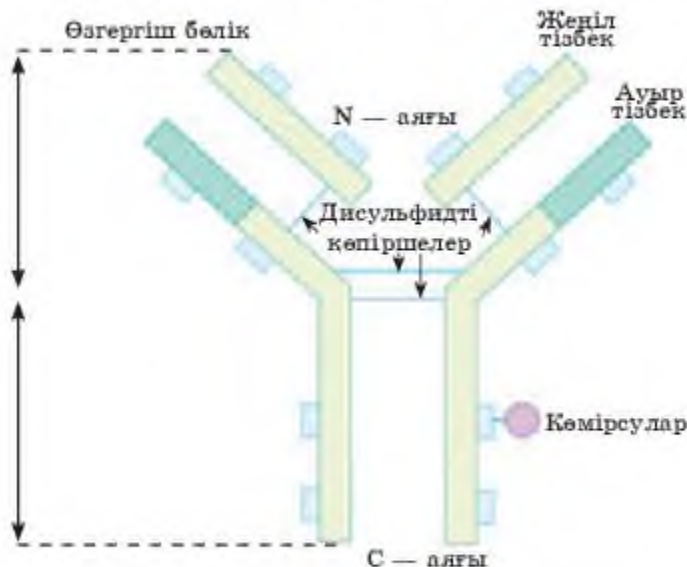
бірінші — 7S седиментация (шөкпе түзілімдер) константасы бар шағын молекулалар (α — глобулиндер);

екінші — 19S седиментация константасы бар үлкен молекулалар (α — глобулиндер).

Антиденелердің молекуласы аминқышқылдарынан тұратын төрт полипептидті тізбекті қамтиды. Олардың екеуі ауыр және екеуі жеңіл. Жеңіл және ауыр тізбектер бір-бірімен дисульфидті көпіршелер арқылы байланысады. Жеңіл тізбектер барлық кластар мен ішкі кластар үшін ортақ болып табылады. Ауыр тізбектердегі иммуноглобулиндердің әр класының құрылысының өзіндік ерекшеліктері болады. Антиденелердің молекуласында полипептидті тізбектердің ұшында орналасқан және антигенге арнайы әсер ететін белсенді орталықтары бар. Толық емес антиденелер бір валентті (антидетерминантасы біреу), ал толық антиденелерде екі, сирегірек көп антидетерминанталар болады (1.1-сурет).

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының (ДДҰ) жіктеуіне сәйкес, негізгі иммуноглобулиндердің бес класы ажыратылады:

IgG — қанда болады, барлық антиденелердің 80%-ін құрайды. Плацента арқылы қанға өтеді. Молекулалық салмағы 160 000 г/моль. Өлшемі $235 \times 40 \text{ \AA}$. Иммунитеттің арнайы факторы ретінде маңызды. Антигенді корпускуляризациялау (тұндыру, агглютинация) арқылы залалсыздандырады, бұл фагоцитозды, лизисті, бейтараптауды жеңілдетеді. Баяу түрдегі аллергиялық реакциялардың пайда болуына ықпал етеді. IgG басқа иммуноглобулиндермен салыстырғанда термотөзімді — 30 мин бойы 75°C қыздыруға шыдайды.



1.1-сурет. Иммуноглобулиндердің құрылысы

IgM — барлық антиденелердің 5—10% -ін құрайды. Молекулалық салмағы 950 000 г/моль, функционалды бес валентті, жұқпа жұқтырғаннан соң немесе жануарды вакцинациялаудан кейін бірінші пайда болады. IgM аллергиялық реакцияларға қатыспайды, плацентадан өте алмайды. Грам оң бактерияларға әсер етеді, фагоцитозды белсендіреді. IgM класына адамның А, В, О қан топтарының антиденелері жатады.

IgA — екі түрі болады: сарысулық және сөлдік. Қан сарысуында болатын IgA-ның молекулалық салмағы 170 000 г/моль. Еріген антигендерді тұндырғыш қабілеті болмайды, токсиндерді бейтараптау реакцияларына қатысады, термотөзімді, көкбауырда, лимфа түйіндерінде, шырышты қабаттарда синтезделеді де, сөлдерге — сілекейге, көз жасы сұйықтығына, бронх сөліне, уыз сүтке түседі.

Сөлдік IgA (SIgA) — құрылымдық қосымша компонентінің болуымен ерекшеленеді, полимер болып табылады, молекулалық салмағы 380 000 г/моль, шырышты қабаттары синтезделеді. SIgA-ның биологиялық қызметі, негізінен, шырышты қабаттарды жергілікті қорғау болып табылады, мысалы, асқазан-ішек жолының немесе тыныс жолдарының ауруларында кездеседі. Бактериоцидтік және опсониялық әсері бар.

IgD — қан сарысуындағы концентрациясы 1%-тен артық емес, молекулалық салмағы 160 000 г/моль. IgD белсенділігін арттыру қажет, ұлпалармен байланыспайды. Адамның миеломды ауруында оның мөлшері артатыны байқалған.

IgE — молекулалық салмағы 190 000 г/моль. IgE термолабилді, ұлпа жасушаларымен, ұлпалық базофилдермен берік байланысады, тез дамидын гиперсезімталдық реакциясына қатысады. IgE гельминтоздар мен протозойлы ауруларда қорғаныс рөлін атқарады, макрофагтар мен эозинофилдердің фагоцитарлық белсенділігін күшейтуге көмектеседі.

Барлық антиденелерде белсенді орталық — антидене бетінің 2%-ін құрайтын 700 А° аймақ ауданы болады. Белсенді орталық 10—20 аминқышқылынан тұрады. Өсіресе тирозин, лизин, триптофан көп кездеседі.

Антиденелердің бір антигенді екіншісінен ажырата алатын қабілеті бар. Олар тек қана өздеріне қарсы жасалған және кеңістік құрылымы бойынша сәйкес келетін антигендермен (кей жағдайды қоспағанда) өзара әрекеттеседі. Антидененің бұл қабілеті комплиментарлық деп аталады.

Антидененің арнайылығы олардың химиялық құрылымымен, антидeterminантаның кеңістіктік құрылымымен байланысты. Ол антидене нәруыз молекуласының бастапқы құрылымымен (аминқышқылдарының кезектесуі) байланысты. Иммуноглобулиндердің ауыр және жеңіл тізбектері белсенді орталықтың арнайылығын қамтамасыз етеді.

Соңғы уақытта антиденелерге қарсы антиденелер бар екені анықталды. Олар әдеттегі антиденелердің әрекетін тоқтатады. Бұл жаңалықтың негізінде жаңа теория — **организмнің иммундық жүйесін желілік реттеу** пайда болады. Антиденелердің пайда болу теориясы қазіргі уақытта иммунологиямен байланысатын өртүрлі пәндердің (генетика, биохимия, морфология, цитология, молекулалық биология) бірқатар мәселелерін шешуге көмектесті. Антиденелер синтезінің бірнеше гипотезасы бар.



Ең танымал гипотеза (тұжырым) Ф. Бернеттің клоналды-селекциялық гипотезасы болып табылады. Оған сәйкес, организмде әртүрлі антигендермен немесе олардың детерминанттарымен әрекеттесуге және антиденелер өндіруге қабілетті лимфоидты және иммунологиялық компетентті жасушалардың 10 000-нан астам клондары болады. Мұндай жасушалардың клондары өз нәруыздарымен реакцияға түсе алады, соның нәтижесінде жойылады. А қан тобы бар организмде А антигеніне қарсы анти-агглютининдер және В қан тобы бар организмде анти — В — агглютининдер түзетін жасушалар дәл осылай өледі.

Егер эмбрионға қандай да бір антиген енгізсе, онда осыған ұқсас жасушалардың тиісті клоны жойылады және жаңа туған нәресте бүкіл кейінгі өмірі бойы осы антигенге төзімді болады.

Ф. Бернеттің пікірінше, антигендік тітіркенуге ұшыраған мезенхимиялық жасуша арнайыланған (антигенге сәйкес) антиденелер өндіріп шығаратын туынды жасушалардың популяциясына бастау береді.

Антигендер мен антиденелердің өзара әрекеттесу механизмі. Антиденелердің арнайылығы олардың антигенмен өзара әрекеттесу дәрежесіне байланысты болады. Антиген-антидене кешенін қалыптастыруға иондық топтар арасында пайда болатын Кулондық күштер мен басқа да атомдар мен молекулалардың тартылу күштері қатысады.

Антигендер мен антиденелер тұтас молекулалар ретінде өзара әрекеттесетіні белгілі. Сондықтан антигеннің бір молекуласына антиденелердің көптеген молекулалары сәйкес келеді. Молекулалардың бастапқы қасиеттерін сақтай отырып, антиген-антидене кешенін ажыратамыз. Антиген мен антидененің қосылуының бірінші кезеңі арнайыланған емес, көзге көрінбейтін, антиген бетіндегі антидененің абсорбциясымен сипатталады. 37°C температурада бірнеше минут бойы жүреді. Екінші кезең арнайыланған, көзге көрінетін агглютинация, тұнбаға түсу немесе лизис ерекше құбылысымен аяқталады. Бұл фазада электролиттердің, ал кейбір жағдайларда комплементтің болуы қажет.

Антиденелер антигенге әсер ету сипатына қарай коагуляциялаушы, лизиндейтін, нейтралдаушы болып бөлінеді:

- коагуляциялаушы (преципитиндер, агглютининдер): фагоцитозды жеңілдетеді;
- лизиндейтін (комплемент байланыстырушы: бактериолизиндер, цитолизиндер, гемолизиндер): антигеннің еруін туғызады;
- нейтралдаушы (антитоксиндер): антигеннің уытын қайтарады.

Антиген-антидененің реакциясы организм үшін пайдалы, зиянды немесе мүлде әсері болмауы мүмкін. Реакцияның оң әсері — ол улы, бактерияларды бейтараптайды, фагоцитозды жеңілдетеді, трепонема қоздырғышы, лептоспира бактериялары, жануарлар жасушаларын лизистейді. Антиген-антидене кешені қызбаның, жасушалық өткізгіштіктің бұзылуының, уыттануының себебі болуы мүмкін, сондай-ақ гемолиз, анафилактикалық шок, есекжем, бронх демікпесі, аутоиммундық бұзылулар, трансплантаттың қабылданбауы, аллергиялық реакциялар туындауы мүмкін.

Иммундық жүйеде антиденелерді өндіретін және иммунитет реакциясын жүзеге асыратын дайын құрылымдар жоқ. Антиденелер иммуногенез (иммунитеттің даму барысы) барысында пайда болады.

Антигеннің жекелеген детерминантасының (эпитобының) белгілі бір белсенді орталықпен — иммуноглобулин (паратоп) молекуласының комбинациялық аймағымен байланысу күші *антиденелердің аффинділігі (біртүрлілік)* деп аталады.

Ал антидене молекуласының комбинациялық аймағының күрделі антигеннің детерминантасының байланысуының кумуляциялық күші *антиденелердің авидтілігі (алуантүрлілігі)* деп аталады.

Антигендер мен антиденелердің арнайыланған өзара әрекеттесу реакциясы кіретін *зерттеудің серологиялық әдісі* бар. Мұнда белгісіз антиденені белгілі антигенмен өзара әрекеттесуі барысында немесе белгісіз антигенді белгілі антиденемен байланысқанда анықтауға болады.

Серологиялық әдіс мынадай міндеттерді шешеді:

1. Науқас қанының сарысуында антиденелерді табуға негізделген жұқпалы және иммундық аурулардың серологиялық диагностикасын. Диагноз қоюға келесі жағдайлар негіз болып табылады:

а) диагностикалық титрде (сарысуды сұйылту) аурудың қоздырғышына антиденелер табу, яғни сарысудың мұндай араласуында реакция тек науқастарда оң болуы, ал дені сау адамдарда теріс болуы керек;

ә) аурудың динамикасын қайталап тексергенде антиденелер титрінің өсуі ауруды вакцинадан кейінгі немесе жұқпадан кейінгі иммунитеттен айыруға мүмкіндік береді.

2. Биологиялық сұйықтықтарда немесе ұлпаларда патогенді микробтардың антигендерін табуға негізделген, жұқпалы аурулардың серологиялық диагностикасын.

3. Жұқпалы аурулар диагностикасының бактериологиялық әдісінде табылған белгісіз микробтардың серологиялық идентификациясын.

Микробты белгілі бір серотопқа, серонұсқаға немесе түрге жатқызуға төмендегі жағдайлар негіз болады:

а) микроб үшін арнайыланған антигендерге ғана арналған антиденелері бар адсорбцияланған моноарнайыланған сарысу мен микробтың

өзара әрекеттесуі (өндіру барысында мұндай сарысулардан антиденелер топтық антигендерге сорбцияланады);

ә) микробтың гибридомды техника (жылдам бөлінетін гибридтік жасушалардың жиынтығы) әдісімен, яғни өсіріндіде ұзақ көбеюге қабілетті ісік жасушасымен бір арнайыланған антидене синтездейтін плазмалық жасушадан гибрид өсіру әдісімен алынған моноклонды антиденелермен өзара әрекеттесуі;

б) микробтың осы сарысудың титрінің, кемінде жартысын құрайтын ерітіндісіндегі диагностикалық сарысумен өзара әрекеттесуі.

Зерттеудің серологиялық әдісі бірнеше реакциялардан тұрады: агглютинация, тұндыру, комплементті байланыстыру, иммунофлюоресценция, иммуноферментті және радиоиммунологиялық талдау.

Артықшылығы: жоғары арнайылығы, салыстырмалы қарапайымдылығы, қолжетімділігі, қауіпсіздігі, нәтижені алу жылдамдығы (10 мин-тан 4 сағ-қа дейін).

Кемшілігі: жедел жұқпалы ауруларда антиденелерді табу көбіне ретроспективті диагноз болып табылады, себебі олар титрде тек ауру басталған соң 7-8-күні ғана пайда болады, ал бұл мерзімде ауру аяқталуы да мүмкін.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Антиденелердің (белсенді орталықтың) арнайылығын түсіндіріңдер.
2. Антигендер мен антиденелердің өзара әрекеттесу механизмінің маңызын сипаттаңдар.



1. Тірі организмдер үшін антиденелердің маңызын зерттеңдер.
2. Иммуноглобулиндердің бес класын сипаттаңдар.



1. Антидене мен антигендердің арасындағы байланысты анықтаңдар.
2. Антиденелердің сызбалық құрылымының суретін салыңдар.



1. Антиденелер түзілуінің клоналды-селекциялық теориясының мәнін талқылаңдар.
2. Зерттеудің серологиялық әдісін сипаттаңдар.



1. Антигендер мен антиденелердің өзара әрекеттесу механизмін талқылаңдар.
2. Қан құю кезінде қан тобын және белгілі бір ережелерді ұстану нәтижесінде қажет екенін түсіндіріңдер.

§ 2. ФЕРМЕНТ ПЕН СУБСТРАТТЫҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ. ФЕРМЕНТАТИВТІ КАТАЛИЗДЕ БЕЛСЕНДІ ОРТАЛЫҚТЫҢ РӨЛІ. ФИШЕРДІҢ ТЕОРИЯСЫ. ФЕРМЕНТТЕР ИММОБИЛИЗАЦИЯСЫ

Бұл сабақта:

- фермент-субстрат комплексінің түзілу процесімен танысасыңдар;
- ферментативті катализде белсенді орталықтың рөлін оқып білесіңдер;
- фермент-субстраттың өзара әрекеттесуінің екі моделімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- ферменттің жоғары арнайылығын қамтамасыз ететін Фишер теориясының маңызын;
- ферменттер иммобилизациясы әдістерін;
- белсенді орталықтарды құру заңдылықтарын сипаттауды.

Кілт түсініктер:

ферменттер, катализ, Фишер теориясы, Кошленд теориясы, субстрат

Ферменттер — тірі организмдерде жүретін химиялық реакциялардың арнайыланған тиімділігі жоғары катализаторлары ретінде өрекет ететін, табиғаты нәруыз болып келетін заттар. Олар жасушаның функционалды аппаратының басты компоненті болып табылады және тұқым қуалау ақпаратының экспрессиясы (біліну, көріну), биоэнергетика, зат алмасу сияқты тіршіліктің маңызды процестерін жүзеге асыруды қамтамасыз етеді.

Ферменттер туралы ғылым — энзимология XIX ғасырдың бірінші жартысында пайда болды. 1814 жылы петербургтік ғалым К.С. Кирхгоф арпа дөндері мен мия сығындыларындағы заттардың өсерінен крахмалдың қантқа айналатынын анықтады. Бұл зат *амилаза* деп аталды. Кейінгі жылдары каталиадік белсенділігі бар және ашыту процесіндегі ашытқыға ұқсас өрекет ететін басқа да заттар табылып, сипатталды. Бұл заттарды “фермент” (лат. *fermentatio* — ашыту) деп атады. *Фермент* пен *энзим* (грек. *en zyme* — ашытқыда) терминдері синоним болып табылады.

Ферменттердің нәруыз табиғатын дәлелдеу.

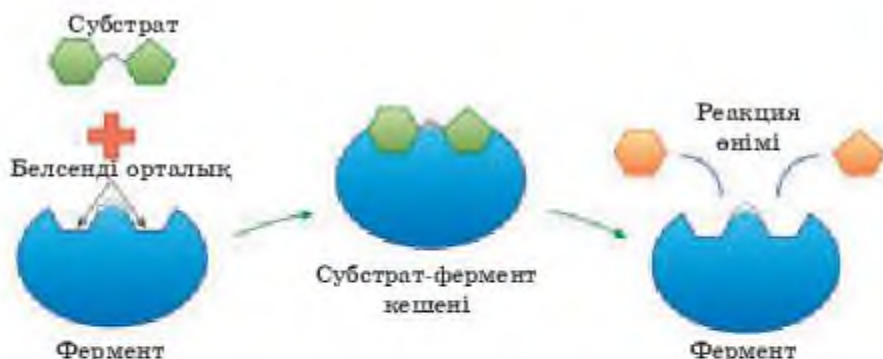
1. *Ферменттерді қыздыру кезіндегі инактивация.* Ферменттердің инактивациясы нәруыз денатурациясымен сәйкес келеді. Ферменттер сондай-ақ минералды қышқылдар, сілтілер, тұздар, алколоидтер өсерінен рентген және ультракүлгін сәулелерімен сәулелендіруде бұзылады.

2. *Ферменттердің электр химиялық қасиеттері:*

- а) ферменттердің изоэлектрлік нүктесі;
- ә) сутек иондарының концентрациясының өзгеруіне ферменттердің өсері;
- б) ферменттердің жоғары арнайылығы;
- в) ферменттер жартылай өткізгіш мембраналар арқылы өту қабілетінің жоқтығы;
- г) су тартатын заттардың (ацетон, спирт, сілтілік металдардың бейтарап тұздары) өрекеті кезінде ферменттердің өз белсенділігін сақтауы.

Субстрат пен ферменттердің өзара өрекеттесуін, негізінде, екі модель арқылы қарастырады.

Фишер тұңғыш рет фермент пен субстраттың өзара өрекетін зерттеп, ферменттердің арнайылығының теориясын (“кілт-құлып”) тұжырымдады.



1.2-сурет. Субстрат-фермент кешенінің түзілуі

Бірінші модель Эмиль Фишер ұсынған “кілт-құлып” теориясы (немесе “қатты матрица” моделі). Беріліп отырған модель ферменттердің кейбір қасиеттерін түсіну үшін маңызды болып саналады, мысалы, олардың қатаң түрде белгілі бір саны екі немесе одан көп болатын субстратты байланыстыруын немесе субстратпен қанығу кинетикасы. Бұл модельге сәйкес белсенді орталықтың қатты құрылымы субстраттың молекулалық құрылымына комплементарлы болады, сөйтіп, ферменттің жоғарғы арнайылығын қамтамасыз етеді (субстрат ферментке, яғни белсенді орталыққа, кілттің құлыпқа дәл келгеніндей сәйкес келеді 1.2-сурет). Дегенмен модельдегі катализдік орталықтың қатаңдығы Фишер моделінің кемшілігі болып табылады.



Эмиль Герман Фишер (1852—1919) — неміс химик-органигі, 1902 жылы “қантты және пуринді топтары бар заттарды синтездеу тәжірибесімен байланысты ерекше сіңірген еңбектері үшін” химия саласы бойынша Нобель сыйлығын алды, бейорганикалық химияның негізін қалады.

Теорияның кемшіліктері (қайшылықтары):

Термодинамикалық есептеулерде сәйкестік жоқ, яғни бөлінетін энергиямен есептелген мөлшерінің іс жүзінде бөлінетін энергиядан айырмашылығының болуы.

Бұл теория бойынша фермент қателесуі және ұқсас субстратты қосып алуы мүмкін.

Субстраттар көбіне төмен молекулалы заттар, ал ферменттер — құрамында аминқышқылдарының саны көп болатын жоғары молекулалы заттар. Теория топтық арнайылықтың болатынын түсіндірмейді.

Кошленд ұсынған индукциялы сәйкестік моделінде (*Кошленд теориясы*) ферменттің белсенді орталығы барынша икемді және субстратпен байланысқанда өзінің конформациясын өзгерте алады.

Ферменттер белсендіру энергиясын азайту есебінен химиялық реакцияларды жеделдетеді. *Белсендіру энергиясы* деп берілген температурада зат мөлiнiң барлық молекуласын белсенді күйге ауыстыруға



1.3-сурет. Ферментативті және ферментативті емес химиялық реакциялардың энергетикалық механизмі:

Б — бастапқы субстрат; Р — өнім; $\Delta E_{нд}$ — ферментативті емес химиялық реакцияның белсендіру энергиясы; $\Delta E_{ф}$ — ферментативті химиялық реакцияның белсендіру энергиясы; ΔG — бос энергияның стандартты өзгерісі

қажетті энергияны айтамыз (яғни, бұл энергия химиялық реакцияны бастау үшін керек, термодинамикалық ықтималдығына қарамастан, онсыз реакция басталмайды). Фермент белсендіру энергиясын кейін төменгі энергетикалық деңгейде реакцияға қабілетті бола алатын белсендірілген молекулалар санының артуы жолымен төмендетеді (1.3-сурет).

Реакция жылдамдығына әсер ете отырып, тура және кері реакциялар арасындағы тепе-теңдікті өзгертпейді, олар тек химиялық реакция тепе-теңдігінің басталуын тездетеді.

Ферментативті катализде белсенді орталықтың рөлі. Ферментативті катализдің барлық кезеңдерінде белсенді орталықты субстратты байланыстыру үшін енжар аймақ ретінде қарастыруға болмайды. Бұл субстраттың өнімге айналуына ықпал ететін өртүрлі химиялық механизмдерді пайдаланатын кешенді молекулалық “машина”.

Ферменттің белсенді орталығында субстраттар реакцияға қатысушы функционалдық топтары бір-біріне тікелей жақын болатындай етіп орналастырылады. Белсенді орталықтың бұл қасиеті *реагенттерді жақындату және бағдарлау әсері* деп аталады. Субстраттардың мұндай реттелген орналасуы энтропияның азаюын және соның салдарынан белсендендіру энергиясының (бэ) төмендеуін туғызады, бұл ферменттердің катализдік тиімділігін анықтайды. Ферменттің белсенді орталығы, сонымен қатар субстрат молекуласындағы атомаралық байланыстардың тұрақсыздануына ықпал етеді, бұл химиялық реакцияның өтуін және өнімдердің түзілуін жеңілдетеді. Белсенді орталықтың бұл қасиеті *субстраттың деформация эффектісі* деп аталады.

Белсенді орталықтардың түрлері:

1. Субстратты белсенді орталық — субстратты қосып алуды, сутектік және Ван-дер-ваальс сияқты әлсіз байланыстарды, гидрофобты өзара әрекеттесуді пайдалану арқылы қамтамасыз етеді.

2. Катализдік белсенді орталық — субстраттың өзгеруіне жауап береді. Кеңістікте бұл орталықтар бөлінуі мүмкін, сондай-ақ бірлесуі де мүмкін.

3. Аллостериялық (реттеу) орталық — төмен молекулалы заттарды қосып алуды қамтамасыз етеді, фермент белсенділігінің өзгерісіне әкеледі. Аллостериялық орталық субстратты және катализдік орталықтардан алыста орналасады.

Белсенді орталықтардың болуы арнайылығын анықтайды.

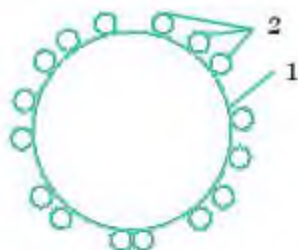
Ферменттердің арнайылығын зерттегенде субстрат молекуласының екі құрылымдық ерекшелігі болуы керектігі анықталды:

1. Субстраттың фермент шабуылдай алатын арнайыланған *химиялық байланысы* болуы керек.

2. Субстраттың молекуласында *байланысу тобы* деп аталатын функционалды тобы болуы керек.

Функционалды тобы ферментпен байланыса алуы және субстраттың шабуылға ұшырайтын байланысы ферменттің катализдік тобына

қатысты дұрыс орналасуы үшін субстрат молекуласын ферменттің белсенді орталығына бағыттауы керек.



1.4-сурет. Ферменттің тасымалдаушыда адсорбциялану әдісімен иммобилизациясы;

1 — тасымалдаушының грануласы; 2 — фермент молекуласы

Иммобилизация — ферментті кейбір ерімейтін тасымалдаушыға бекіту. Осы жағдайда фермент ерітіндімен субстрат молекулалары және өніммен алмаса алатындай болу керек.

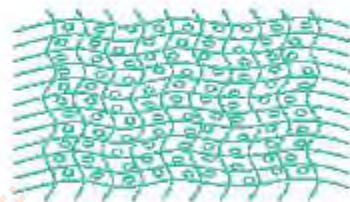
Ферменттерді иммобилизациялау әдістері.

Ферменттерді тасымалдаушыға бекітудің әртүрлі әдістері бар, олардың ішінде негізгілері төменде қарастырылады.

1. *Тасымалдаушыда адсорбциялану* (1.4-сурет).

Бейорганикалық материалдар (шыны, силикагель, бентонит, алюминий оксиді, титан диоксиді т.б.), табиғи полимерлер (целлюлоза, коллаген), синтетикалық полимерлер (нейлон, полиэтилен, полипропилен) тасымалдаушы болуы мүмкін.

2. *Агар-агар желіне, альгинаттарға, каррагинанға қосылу* (1.5-сурет).



1.5-сурет. Ферменттің гельге қосылу әдісімен иммобилизациясы

Фермент молекулалары гельдің саңылау тесіктерінде болады. Гель субстрат молекуласы мен реакция өнімдері үшін (молекулалық диффузия арқылы) өткізгіш болады.

3. *Тасымалдаушымен ковалентті байланысу.* Бұл жағдайда полимерлік материал тасымалдаушы болып табылады, оның ұзын молекулалары фермент молекуласымен химиялық ковалентті байланыстармен байланысады (1.6-сурет).

4. *Фермент молекулаларын бифункционалды реагенттер көмегімен көлденең “тігіп тастау”.* Ерітіндіде еркін қозғалатын фермент молекулалары бір-бірімен өзінің әртүрлі аймақтары арқылы белгілі бір реагенттер көмегімен қосылады (1.7-сурет).

Ферменттің белсенді молекулаларын қосып алатын кеңістіктік құрылым түзіледі және олардың арасында субстрат молекулалары мен реакция өнімдерінің диффузиясына қолайлы үлкен кеңістіктер пайда болады.

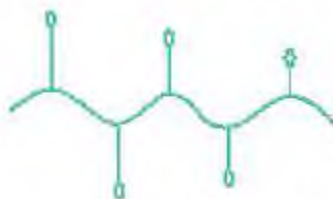
5. *Тасымалдаушыдан кейін көлденең “тігіп тастайтын” адсорбциялану.*

Бұл әдіс өзіне 1- және 4-әдістерді қосады. Тасымалдаушыдағы жай адсорбциямен салыстырғанда, субстрат пен өнімге қолжетімді фермент молекуласының терең қабаты пайда болады, ал қарапайым “тігіп тастаумен” салыстырғанда ортасында қатты қаңқасы бар мықты гранула пайда болады (1.8-сурет).

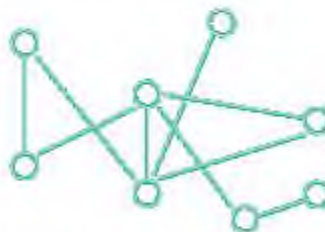
6. *Жартылай өткізгіш капсулаларға қосылу.*

Капсуланың ішінде (1.9-сурет) ферменттің коллоидті ерітіндісі болады.

Капсуланың сыртқы қабығы өте берік, ферментті өткізбейді, бірақ өнім мен субстрат үшін өткізгіш.



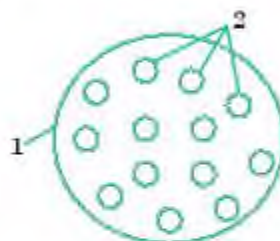
1.6-сурет. Ферменттің ковалентті байланысу әдісімен иммобилизациясы



1.7-сурет. Ферменттің көлденең “тігіп тастау” әдісімен иммобилизациясы



1.8-сурет. Ферменттің тасымалдаушыда кейін көлденең “тігіп тастайтын” адсорбциялану әдісімен иммобилизациясы



1.9-сурет. Ферменттің жартылай өткізгіш капсулаларға қосылу әдісімен иммобилизациясы:

1 — жартылай өткізгіш қабырғасы бар капсула; 2 — капсула ішіндегі ерітіндіде ілініп тұрған фермент молекулалары

7. Ферментті және тасымалдаушы-полимерді *сополимерлеу* гельге қосу әдісіне ұқсайды, бірақ матрица полифункционалды реагентті және ферментті сополимерлеу арқылы жасалады (фермент тек гельдің “жасушасында” ғана орналасқан емес, сонымен бірге онымен тіркескен). Бұл әдіс 2- және 4-әдістердің қосылуы болып табылады.

8. *Физикалық араласу* — фермент пен тасымалдаушы ұнтағының араласуы. Әдіс өте қарапайым және тұрақсыз. Фермент тасымалдаушыдан сылынып, ерітіндіге өтуі мүмкін.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Фермент пен субстрат әрекеттесу механизмін сипаттаңдар.
2. Ферментті катализаторда белсенді орталықтың маңызын анықтаңдар.



Ферменттер иммобилизациясы әдістерін салыстырыңдар.



1. Кошленд теориясын ферменттерді бекіту әдістерінің сызбасының суретін салып көрсетіңдер.
2. Белсенді орталықтың өзіне сәйкес байланыс сипаттамасын дәптерге бағдарсыздықпен сызып көрсетіңдер.

Белсенді орталықтар	Байланыс сипаттамасы
Субстратты белсенді орталық	Субстраттың түрленуіне жауап береді
Аллостериялық орталық	Ферменттің белсенділігін өзгертеді
Катализдік белсенді орталық	Әлсіз байланыстар арқылы субстраттар қосылуын қамтамасыз етеді



1. Белсенді орталықтарды құру заңдылықтарының мәнін салыстыра сипаттаңдар.
2. Субстрат молекуласының құрылымдық ерекшеліктерін атаңдар.



Ферментті катализатордың белсенділігін теория жүзінде талдаңдар және адамдардың ферментативті катализаторды жүз жылдан астам қолданып жатқандығын дәлелдендер.

1.1-зертханалық жұмыс

Иммобилизациялаудың ферменттердің белсенділігіне әсерін зерттеу

Фермент тасымалдаушылармен байланысады, қасиеттері өзгермейді. Ондай ферменттерді *иммобилизацияланған ферменттер* деп атайды.

Жұмыс мақсаты: Иммобилизациялаудың ферменттердің белсенділігіне әсерін анықтау.

Құрал-жабдықтар мен реактивтер: колба немесе стақандар, тамшуыр, өлшеуіш сынауықтар, Петри табақшасы, картоп крахмалы, пепсин немесе ренет ферменті, сүт, секундомер.

Жұмыс барысы: 50 мл 20%-тік крахмал дайындаймыз. Крахмал қоюланғаннан кейін 2 %-тік пепсин ерітіндісінен 5 мл қосамыз. Араластырып, Петри табақшасына 2 см құйып, табақшаның бетіне біркелкі жағамыз. Үстінен 10 мл сүтті құйып, сүттің сүзбеге айналған уақыт аралығын жазып аламыз. Басқа Петри табақшасына 10 мл сүт және 0,5 мл 2%-тік пепсин құямыз да, сүттің сүзбеге айналған уақыт аралығын жазып аламыз.

Ферменттердің белсенділігіне иммобилизацияның әсерін бақылап, тәжірибені 5—7 рет қайталаймыз. Алынған нәтижелерді кестеге енгізіп, қорытынды жасаймыз.

Тәжірибе варианттары	Уақыт, секунд			
	1	2	3	Орташа уақыты
Тәжірибе №				
Пепсин				
Пепсин + крахмал				

Сүттің сүзбеге айналуының орташа уақытын есептейміз және ферменттердің белсенділігіне иммобилизацияның әсерін бақылап, қорытынды жасаймыз.

Қорытынды: Жұмыс мақсаты орындалды ма? Соңғы нәтижелер қандай болды және олар әдебиеттермен сәйкес келеді ме?

§ 3. ФЕРМЕНТТЕРДІҢ БӘСЕКЕЛЕС ЖӘНЕ БӘСЕКЕЛЕС ЕМЕС ИНГИБИРЛЕНУІ. ФЕРМЕНТТЕРДІҢ БЕЛСЕНДІЛІГІН РЕТТЕУ. ДӘРІЛІК ПРЕПАРАТТАР МЕН АУЫР МЕТАЛДАР ИОНДАРЫНЫҢ ФЕРМЕНТТЕРДІҢ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

Бұл сабақта:

- ферменттердің бәсекелес және бәсекелес емес ингибирленуін салыстырасыңдар;
- "Ферментативтік белсенділіктің тежелуі" терминімен танысасыңдар;
- дәрілік заттар мен ауыр металдар иондарының ферменттер белсенділігіне әсерімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- ферменттердің бәсекелес және бәсекелес емес тежелуін;
- ферменттер белсенділігін реттеуді;
- аллостериялық реттеуді.

Кілт түсініктер:

ингибитор, кинетикалық тәуелділік, активатор, аллостериялық реттеу, энзимдиагностика

Ингибиторлардың қатысуында катализдік белсенділіктің төмендеуі *ферментативтік белсенділіктің ингибирленуі* деп аталады. Ингибиторлар — фермент белсенділігін төмендететін заттар.

Ингибиторлар ферментативті катализ механизмдерін, организмнің метаболизмдік жолдарында жекелеген ферменттердің ролін анықтауға көмектеседі. Көптеген дәрілік заттар мен улардың әсері ферменттердің белсенділігін тежеумен байланысты, сондықтан бұл процестің механизмдерін білу молекулалық фармакология және токсикология үшін өте маңызды.

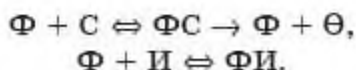
Ингибиторлар беріктігіне байланысты өртүрлі деңгейдегі ферменттермен өзара әрекеттесуге қабілетті болып келеді. Осының негізінде *қайтымды және қайтымсыз ингибиторларды ажыратады.*

А. Қайтымды ингибирлену. Қайтымды тежелуде ингибиторлар ферментпен әлсіз ковалентті емес байланыстар арқылы байланысады және белгілі жағдайларда ферменттен жеңіл ажырайды.

Қайтымды ингибиторлар *бәсекелес және бәсекелес емес ингибирлену* (тежелу) деп бөлінеді.

Бәсекелес ингибирлену деп ферменттің белсенді орталығымен байланысқан және фермент-субстраттық кешеннің пайда болуына кедергі келтіретін ингибитор туғызған ферментативтік реакция жылдамдығының қайтымды төмендеуін айтамыз. Егер ингибитор субстраттың құрылымдық аналогі болатын болса, нәтижесінде субстрат молекуласы мен ингибитордың арасында ферменттің белсенді орталығындағы орын үшін бәсекелестік пайда болады. Бұл жағдайда фермент пен субстрат, не болмаса, фермент-субстрат (ФС) немесе фермент-тежегіш (ФТ) кешендерін құрайтын ингибитор өзара өрекеттеседі.

Фермент пен ингибитор (ФИ) кешені түзілгенде реакция өнімі (Ө) пайда болмайды. Ингибирленудің бәсекелес түрінде келесі теңдеуді қолданған дұрыс:



Мұндай тежелу дәрілік препараттар ретінде мынадай антиметаболиттерді қолданғанда байқалады: жұқпалы ауруларды емдеу үшін пайдаланылатын сульфаниламидті препараттар (парааминобензой қышқылының аналогтері), онкологиялық ауруларды емдеу үшін нуклеотидтердің аналогтері.

Бәсекелес емес ингибирлену деп бәсекелес емес ингибитор ферментпен белсенді орталықтан ерекшеленетін аймақта өрекеттескенде ферментативті реакцияның ингибирленуін айтамыз. Бәсекелес емес ингибиторлар субстраттың құрылымдық аналогі болып табылмайды. Бәсекелес емес ингибиторлар деп ингибитор не ферментпен, не фермент-субстратты кешенмен байланысып, белсенді емес кешен түзуін айтады. Бәсекелес емес ингибиторды қосып алу ферменттің молекуласының конформациясын өзгертеді, сонда субстраттың ферменттің белсенді орталығымен өзара өрекеттесуі бұзылады, бұл ферментативті реакцияның жылдамдығын төмендетуге әкеледі.

Тежелудің бұл түрі ферментативті реакцияның V максималды жылдамдығының төмендеуімен және субстраттың ферментке ұқсастығының азаюымен сипатталады.

Б. Қайтымсыз тежелу. Қайтымсыз тежелу ингибитор молекуласы мен фермент арасында ковалентті тұрақты байланыстар пайда болғанда байқалады. Көбіне модификацияға ферменттің белсенді орталығы ұшырайды, нәтижесінде фермент катализдік қызмет атқара алмайды.

Қайтымсыз ингибиторға ауыр металдардың, мысалы, сынаптың (Hg^{2+}), күмістің (Ag^+) және мышьяқтың (As^{3+}) иондары жатады, олар төмен концентрацияда белсенді орталықтың сульфгидрилді топтарын бұғаттап тастайды. Бұл кезде субстрат химиялық өзгерістерге ұшырамайды. Реактиваторлар болғанда ферментативті қызмет қайта қалпына келеді. Жоғары концентрацияларда ауыр металдар иондары ферменттің нәруызды молекуласының денатурациясын туғызады, яғни ферменттің толық инактивациясына (белсенділігін жоғалтуына) өкеледі.

1. Арнайыланған және арнайыланған емес ингибиторлар.

Қайтымсыз ингибиторларды пайдалану ферменттердің әсер ету механизмін анықтауға көмектеседі. Осы мақсатта ферменттердің белсенді орталығының белгілі бір топтарын бұғаттайтын заттар қолданылады. Мұндай ингибиторларды *арнайыланған* деп атайды. Бірқатар қосылыстар белгілі бір химиялық топтармен реакцияға оңай түседі. Егер бұл топтар катализге қатысса, онда фермент инактивациясы жүреді (белсенділігінің төмендеуіне өкеледі).

2. Ферменттердің қайтымсыз ингибиторлары дәрілік заттар ретінде қолданылады. Ферменттерді қайтымсыз тежеуге негізделген дәрілік препараттың мысалы ретінде кең қолданылатын препарат аспиринді алуға болады. Қабынуға қарсы стероидты емес препарат аспиринің фармакологиялық әсері арахидон қышқылынан простагландиндердің түзілу реакциясын катализдейтін циклооксигеназа ферментінің тежелуі арқылы қамтамасыз етіледі. Химиялық реакция нәтижесінде аспиринің ацетилдік қалдығы циклооксигеназа суббірліктерінің бірінің ұшындағы бос NH_2 -тобына қосылады. Бұл көп спектрлі биологиялық қызмет атқаратын, соның ішінде қабынудың медиаторлары болып табылатын простагландиндер (простан қышқылының туындысы) реакциясы өнімдерінің түзілуін төмендеуге өкеледі.

Ферменттердің активациясы. Активаторлар ферменттің белсенді орталығымен не одан тыс байланысуы мүмкін. Белсенді орталыққа әсер ететін активаторлар тобына: металл иондары, коферменттер, субстраттың өздері жатады.

Металдардың көмегімен болатын активация әртүрлі механизмдер арқылы жүреді:

- металл белсенді орталықтың катализдік аймағының құрамына кіреді;
- металл субстратпен кешен түзеді;
- металл арқылы субстрат пен ферменттің белсенді орталығы арасында көпірлер пайда болады.

Субстраттар да активаторлар бола алады. Субстраттың концентрациясы артқанда реакция жылдамдығы да артады, субстраттың қанығу концентрациясына жеткенде, бұл жылдамдық өзгермейтін болады.

Егер ферменттің белсенді орталығынан тыс байланысатын болса, ферменттің коваленттік модификациясы жүреді.

Ферментті препараттар медицинада кеңінен қолданылады. Ферменттер медициналық практикада диагностикалық (энзимодиагностика) және терапиялық (энзимотерапия) құралдар ретінде қолданысқа ие. Сонымен қатар ферменттер бірқатар заттарды анықтауда арнайы реактивтер ретінде пайдаланылады. Мысалы, глюкозооксидаза несеп пен қандағы глюкозаның мөлшерін анықтауда пайдаланылады. Уреаза ферменті несеп пен қандағы несепнәр мөлшерін анықтау мақсатында қолданыста болады. Өртүрлі дегидрогеназалар көмегімен сәйкес субстраттарды, мысалы, пируватты, лактатты, этил спиртін т.б. табады.



Энзимодиагностика. Энзимодиагностиканың мақсаты — адамның биологиялық сұйықтықтарындағы ферменттердің белсенділігін анықтау негізінде аурудың (немесе синдромның) диагнозын қою. Энзимодиагностика принциптері келесі ұстанымдарға негізделген:

- қандағы немесе басқа да биологиялық сұйықтықтардағы жасушалардың зақымдануы кезінде (мысалы, несепте) зақымдалған жасушалардың жасушаішілік ферменттерінің концентрациясы артады;
- бөлінетін ферменттің мөлшері оны анықтау үшін жеткілікті;
- жасушалардың зақымдануы кезінде анықталған биологиялық сұйықтықтардағы ферменттердің белсенділігі ұзақ уақыт бойы тұрақты және қалыпты мәндерден айырмашылығы болады;
- бірқатар ферменттердің белгілі бір мүшелерде негізгі немесе абсолюттік орны болады (мүшеге арнайылығы);
- бірқатар ферменттердің жасушаішілік орналасуында айтарлықтай айырмашылығы болады.

Ферменттерді дәрілік заттар ретінде пайдалану. Ферменттердің терапиялық құралдар ретінде өздерінің жоғарғы иммуногенділіктеріне байланысты көптеген шектеулері болады. Соған қарамастан, энзимотерапия келесі бағыттарда белсенді дамып келеді: алмастырушы терапия — ферменттерді олардың жеткіліксіздігінде пайдалану; кешенді терапия элементтері — ферменттерді басқа терапиямен бірлестіре пайдалану.

Алмастырушы энзимотерапия асқорыту сөлдерін жеткіліксіз бөлумен байланысты болатын асқазан-ішек жолдарының ауруларында тиімді. Мысалы, пепсинді ахилияда, гипо- және анацидті гастриттерде қолданады. Панкреаттық ферменттердің тапшылығы ұйқы безінің негізгі ферменттері болатын препараттарды (фестал, энзистал, мезим-форте және т.б.) ішке қабылдаумен теңестірілуі мүмкін.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Ингибитордың әсер ету механизмін сипаттап беріңдер.
2. Ферменттер белсенділігін реттеудің мағынасын сипаттаңдар.



1. "Ферментативті белсенділіктің тежелуінің" мағынасын түсіндіріңдер.
2. Ферменттер иммобилизациясы әдістерін анықтаңдар.



1. Дәрілік препараттар мен ауыр металдар иондарының ферменттер белсенділігіне әсерін атаңдар.
2. Ферменттердің бәсекелес және бәсекелес емес тежелуін көрсетіңдер.
3. Оң эффектор — АДФ мен теріс эффектор — АТФ-дің тежеуші әсерін сызба түрінде көрсетіңдер.



1. Ферменттердің бәсекелес және бәсекелес емес ингибирулуін салыстырыңдар.
2. Ферменттер белсенділігінің аллостериялық реттелуін сызба түрінде көрсетіңдер.
3. Ферменттердің қалыптасуының эволюциялық мәні неде? Тірі организмдер үшін оның қандай артықшылықтары бар?



1. Ұсынылған сызба арқылы дәрі-дәрмектің ферментке әсерін түсіндіріңдер.



2. Ферменттерді дәрілік заттар ретінде пайдалану келешек ұрпаққа зиянын тигізбей ме? Пікірталас.

1.2-әртханалық жұмыс

Активаторлар мен ингибиторлардың ферменттік реакцияның жылдамдығына әсерін зерттеу

Ферменттердің катализдік әсері көп дәрежеде белгілі бір заттардың болуына байланысты болады, олардың біреуі ферментативті белсенділікті жоғарылатса, ал екіншілері тежейді. Заттардың бірінші тобы ферменттердің активаторлары, ал екіншісі — ингибиторлары немесе парализаторлары деп аталады. Әсер ету механизмі өте күрделі болады, бірақ көбіне ферменттің тұнуына немесе ферменттің белсенді орталығына кіретін функционалдық топтармен байланысуына әкеледі.

Жұмыс мақсаты. Активаторлар мен ингибиторлардың амилаза ферментінің белсенділігіне әсерін бағалау.

Құрал-жабдықтар мен материалдар. Амилаза (сілекей) ерітіндісі, 1% крахмал ерітіндісі, йод ерітіндісі (Люголь ерітіндісі), натрий хлориді ерітіндісі, мыс сульфаты ерітіндісі.

Жұмыс барысы. Үш сынауыққа

1-ге — 2,0 мл дистилденген су;

2-ге — 1,6 мл дистилденген су + 0,4 мл 1 % натрий хлориді ерітіндісі;

3-ге — 1,6 мл дистилденген су + 0,4 1 % мыс сульфаты ерітіндісін өлшеп құяды.

Әр сынауыққа 0,5 мл сұйылтылған сілекейді қосады, шыны ыдыстардың ішіндегісін араластырып, 1,0 мл 1%-тік крахмал ерітіндісін қосады. Араластырып, бөлме температурасында қалдырады.

Бояудың пайда болуын бақылайды. 10—15 мин-тан кейін йод пен әр сынауықтың ішіндегісімен болатын түсті реакцияны жүргізеді. Ол үшін үш сынауықтың ішіндегісінен 2-3 тамшы өлшеп алып, оларды йод ерітіндісімен боялған суы бар үш сынауыққа құяды (әрқайсысынан 1 мл).

Нәтижелерін 4-кестеге толтырады.

4-кесте

Активаторлар мен ингибиторлардың амилаза белсенділігіне әсері

Фермент	Субстрат	Ферменттің әсер ету уақыты, мин	Йод қосылғаннан кейін сұйықтықтың боялуы, қосылған зат: су, натрий хлориді, мыс сульфаты
Амилаза	Крахмал		
Амилаза	Крахмал		
Амилаза	Крахмал		

Ферменттердің бейорганикалық катализаторлардан айырмашылығы олар — субстраттарына қатысты айрықша арнайыланған әсерге ие. Ферменттердің арнайылығы әртүрлі болып көрінеді. Фермент катализдейтін химиялық реакцияның түріне қатысты арнайы және субстратқа қатысты арнайы болып ажыратылады. Арнайылықтың бұл екі түрі барлық ферментте болады. Субстраттық арнайылық ферменттің субстраттың белгілі бір химиялық құрылымына айналуын катализдеу қабілеттілігінен көрінеді.

Мысалы, амилаза ферменті крахмалда $\alpha(1\text{—}4)$ -гликозидті байланыстарды ыдыратып, соңғы өнімі мальтоза дисахаридін (1,4-глюкозидоглюкоза) түзеді.

Зертханалық жұмыс нәтижелерін жазып алу және қорытындылау: жұмыстың мақсаты орындалды ма, кестені толтыру, ақырғы нәтижелері қандай және олар әдебиеттегі белгілі мәліметтерге сәйкес келе ме?

§ 4. ТРАНСКРИПЦИЯ. ПРЕ-М РИБОНУКЛЕИН ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ПОСТТРАНСКРИПЦИЯЛЫҚ МОДИФИКАЦИЯСЫ. ТРАНСЛЯЦИЯНЫҢ КЕЗЕҢДЕРІ

Бұл сабақта:

- нәруыз биосинтезі процесіндегі транскрипция мен трансляцияны сипаттап үйренесіңдер;
- пре-м рибонуклеин қышқылының посттранскрипциялық модификациясының рөлін оқып білесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- транскрипция принциптерін;
- посттранскрипциялық модификацияны;
- трансляция процесін сипаттауды.

Кілт түсініктер:

Нәруыз синтезі, транскрипция, матрица, адаптерлер, ТАТА-бокс, трансляция

Транскрипция (РНҚ синтезі). Нәруызды синтездеу алдында олардың құрылысы туралы ақпаратты ДНҚ-дан “алу” және оны нәруыз синтезі жүретін жерге жеткізу қажет. Мұнымен ақпараттық немесе матрицалық РНҚ айналысады. Сонымен қатар жасушаға аминқышқылдарының транспортері — тасымалдаушы РНҚ мен нәруызды синтездейтін органеллалардың құрылымдық компоненттері, яғни рибосомалық РНҚ қажет. Тасымалдаушы және рибосомалық РНҚ құрылысы туралы барлық ақпарат ДНҚ-да орналасады. Сондықтан ДНҚ-дан РНҚ-ға көшіріп жазу немесе транскрипция процесі (ағылш. *transcription* — көшіріп жазу) — ДНҚ матрицасында РНҚ-ның биосинтезі жүреді.

Транскрипция кез келген организмде генетикалық ақпаратты жүзеге асырудың — гендер экспрессиясының бірінші кезеңі болып саналады. Біріншілік транскрипттер жетілген м-РНҚ — пре-м-РНҚ-ның тек негізін қалаушылары ғана болып табылады, олар өз қызметтерін атқару алдында *посттранскрипциялық модификация* деп аталатын өзгерістерге ұшырайды.

Кез келген матрицалық биосинтездегі сияқты транскрипцияда 5 қажетті элемент болады:

- матрица — ДНҚ тізбектерінің бірі;
- өсуші тізбек — РНҚ;
- синтезге арналған субстрат — рибонуклеотидтер (УТФ, ГТФ, ЦТФ, АТФ);
- энергия көзі — УТФ, ГТФ, ЦТФ, АТФ;
- РНҚ ферменттері — полимеразалар мен транскрипцияның «нәруызды» факторлары.

РНҚ биосинтезі *транскриптон* деп аталатын ДНҚ аймағында жүреді, ол, бір жағынан, *промотормен* (басы) шектелсе, екінші жағынан, — *терминатормен* (аяғы) шектеледі.

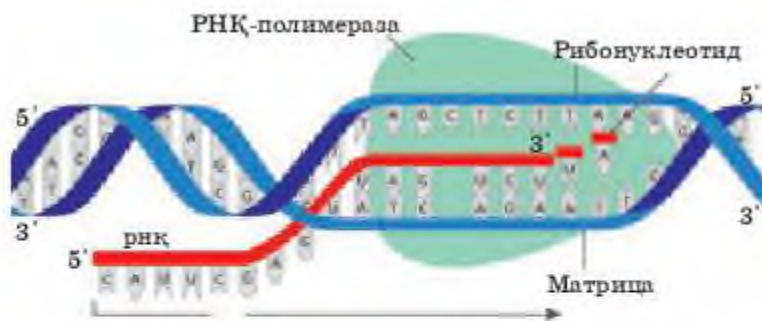
Эукариоттардың РНҚ-полимеразаларының екі үлкен суббірлігі мен бірнеше кіші суббірліктері болады.

Транскрипция принциптері:

- комплементарлық — м-РНҚ ДНҚ-ның матрицалық тізбегіне комплементарлы және ДНҚ-ның кодтайтын тізбегіне ұқсас болады; антипараллельділік;
- униполярлық; бастамасыздық — РНҚ-полимеразаға праймер қажет болмайды;
- асимметриялық.

Қысқаша, транскрипция процесіне келесі қатысушылардың болуы шарт:

- Нуклеотидтер (м-РНҚ тізбегі өсу үшін);
- Матрица — ДНҚ;
- Транскрипция ферменттері — РНҚ-полимеразалар (1.10-сурет)



1.10-сурет. Транскрипцияның кескінді сызбасы

Эукариоттарда жетілген м-РНҚ биосинтез жүретін орнынан (ядродан) трансляция орнына (цитоплазмалық рибосомалар) жеткізілуі керек. *Пре-м-РНҚ-ның ең керемет посттранскрипциялық модификацияларының бірі олардың бастапқы құрылымын редакциялауы болып табылады.* Нәтижесінде генде болатын генетикалық ақпараттың мәні посттранскрипциялы түрде өзгеріп кетеді.

РНҚ-ның посттранскрипциялық модификациялары, өсіресе эукариоттарға тән, олардың гендерінің мозаикалы құрылымына байланысты біріншілік транскрипттер ретінде экзондар мен интрондардың реттілігін қамтитын болады. м-РНҚ негізін қалаушылары көбіне транскрипциялық модификацияға ұшырайды, соның нәтижесінде оның 5'-соңғы нуклеотидіне ерекше түрде гуанозин қалдығы “қалпақшалар” — кэп түзе отырып қосылады. Бұл транскрипциялық модификация интрондар (мағыналы ақпараттың болуы) реттілігінің кесілуімен және м-РНҚ-ның үзіліссіз кодталатын реттілігі түзілетін экзондардың (генде ақпараттың болуы) бірігуімен жүретін, м-РНҚ процессингінің келесі кезеңі — сплайсинг үшін жағдайлар жасайды. Бір мезгілде 3'-ұшынан эндонуклеазды ыдырау жолымен РНҚ-ның артық фрагменті алынады да, қалған бөлігіне поли (А)реттілік қосылады. Реакциялардың бұл жиынтығы м-РНҚ-ның *полиаденилденуі* деп аталады.

Осындай пре-м-РНҚ-ның котранскрипциялық және посттранскрипциялық модификацияларынан кейін түзілген және жетілген, тұрақты м-РНҚ ядродан цитоплазмаға, яғни сақталып тұратын не болмаса, рибосомалар арқылы тиімді трансляцияланатын өзінің арнайыланған жасушалық орнына көшіріледі. Посттранскрипциялық модификациялар кезеңдерінің әрқайсысын сәйкес гендердің экспрессиясы деңгейін реттеу үшін пайдалануға болады.

Трансляция (лат. translatio — ауысу, аудару) — рибосомада жүзеге асырылатын ақпараттық РНҚ матрицасында аминқышқылдарынан нәруызды синтездеу процесі.

Нәруыз синтезі жасуша тіршілігінің негізі болып саналады. Бұл процесті жүзеге асыру үшін барлық организмдердің жасушаларында арнайыланған органеллалар — рибосомалар болады. Рибосомалар үлкен

және кіші екі суббірліктен құралған рибонуклеопротеидті кешендер болып табылады. Рибосомалардың қызметі м-РНҚ-ның үшнуклеотидті кодондарын танып, оларға аминқышқылдарын таситын сәйкес келетін т-РНҚ антикодондарын сәйкестендіріп қойып, осы аминқышқылдарын нәруыздың өсіп бара жатқан тізбегіне қосып отыру болып табылады. м-РНҚ молекуласының бойымен жылжи отырып, рибосома нәруызды м-РНҚ молекуласында болатын ақпаратқа сәйкес синтездейді.

Аминқышқылдарын тану үшін жасушада арнайы «адаптерлер», тасымалдаушы РНҚ молекулалары болады. Бұл молекулалардың пішіні жоңышқа жапырағына ұқсас болып келеді, м-РНҚ кодонына комплементарлы аймағы (антикодон), сондай-ақ осы кодонға сәйкес келетін аминқышқылы қосылатын екінші аймағы болады. т-РНҚ-ға аминқышқылдарының қосылуы энерготәуелді ферменттер аминоацил-т-РНҚ-синтетазалар арқылы жүзеге асады, ал пайда болған молекула аминоацил-т-РНҚ деп аталады. Осылайша трансляцияның арнайылығы м-РНҚ кодоны мен т-РНҚ антикодоны арасындағы өзара әрекеттесу арқылы, сонымен қатар аминқышқылдарын қатаң түрде оларға сәйкес келетін т-РНҚ-ға қосатын аминоацил-т-РНҚ-синтетазалардың арнайылығымен анықталады. Мысалы, ГГУ кодонына ЦЦА антикодоны бар т-РНҚ сәйкес келеді, ал бұл т-РНҚ-ға тек глицин аминқышқылы қосыла алады.

Прокариоттар мен эукариоттардың трансляция механизмі бір-біріне ұқсамайды. Сондықтан көптеген прокариоттық трансляцияны тежейтін заттар, жоғары дамыған организмдер трансляциясына азғана әсер етеді. Бұл оларды медициналық практикада сүтқоректілер организмдері үшін қауіпсіз антибактериалды құралдар ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.



Оқу шеңберлері. Әр кодон үш нуклеотидтен тұратын болғандықтан, бір ғана генетикалық мәтінді үш әртүрлі тәсілмен оқуға болады (бірінші, екінші, үшінші нуклеотидтерден бастап), яғни оқуды үш шеңберде жүргізуге болады. Кейбір қызықты ерекшеліктерді алып қарамағанда, тек бір оқу шеңберінде кодталған ақпарат маңызды болып табылады. Осы себепті рибосоманың нәруызды синтездеуі үшін старттық АУГ-кодонда дұрыс орналасуы, өте маңызды, яғни трансляцияның инициациясы болып табылады.

Трансляция процесі рибосомада жүреді және үш кезеңнен тұрады:

- Инициация — рибосоманың старттық кодонды тануы және синтездің басталуы.
- Элонгация — нәруыз синтезінің өзі.
- Терминация — терминациялаушы кодонды (стоп-кодон) тануы және өнімнің бөлінуі.

Инициация. Нәруыз синтезі көп жағдайда метионинді кодтайтын АУГ-кодоннан басталады. Бұл кодон, әдетте, *старттық* немесе *инициаторлық* деп аталады. Трансляцияның инициациясы рибосоманың осы кодонды тануын және инициаторлық аминоацил-

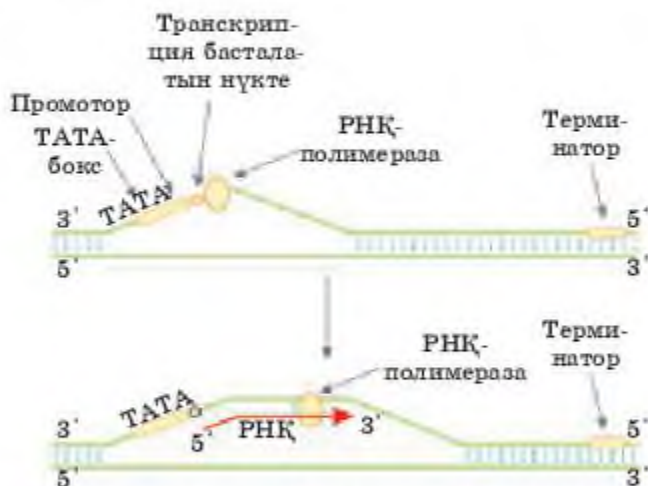
тРНҚ-ны тартуды қарастырады. Трансляцияның инициациясы үшін старттық кодон ауданында белгілі бір нуклеотидті реттіліктің болуы қажет. м-РНҚ-ның 5'-үшін қорғауда маңызды рөлді 5'-кәп атқарады.

Старттық АУГ-ті ішкілерден ерекшелендіріп тұратын реттілік болуы керек, олай болмаған жағдайда нәруыз синтезінің инициациясы барлық АУГ-кодондарда хаос түрінде жүрер еді.

Про- және эукариоттарда трансляция инициациясының механизмдері бір-біріне мүлде ұқсамайды: прокариоттық рибосомалар старттық АУГ тауып алып, синтездеуді м-РНҚ-ның кез келген аймақтарында бастауы мүмкін, ал эукариоттық рибосомалар, әдетте, м-РНҚ-ның кәп аумағында қосылып, старттық кодонды іздеу мақсатында оны көшіріп алады.

Промоторда (ДНҚ нуклеотидтерінің реттілігі) транскрипцияның старттық белгісі ТАТА-бокс болады (1.11-сурет). ТАТА-бокс инициацияның бірінші факторы деп ТАТА-факторды байланыстырып алатын ДНҚ нуклеотидтерінің белгілі бір реттілігін атайды. Бұл ТАТА-фактор транскрипцияда үлгі ретінде пайдаланылатын РНҚ-полимеразаның ДНҚ жіпшесіне (ДНҚ-ның матрицалық жіпшесі) қосылуын қамтамасыз етеді. Промотор ассиметриялы ("ТАТА") болғандықтан, ол РНҚ-полимеразаны тек бір бағытта байланыстырады, бұл транскрипцияның 5'-үшынан 3'-үшына қарай (5'→3') бағытын анықтайды. РНҚ-полимеразаның промотормен байланысуы үшін инициациясының тағы бір факторы — σ-фактор (грек. σ — "сигма") керек, бірақ РНҚ-ның бастапқы кесіндісі (ұзындығы 8—10 рибонуклеотид болатын) синтезінен кейін σ-фактор бірден ферменттен ажырайды.

Инициацияның басқа факторлары РНҚ-полимераза алдында ДНҚ спиралінің бұрамаларын жазады.



1.11-сурет. Транскрипция процесінің сызбасы

Элонгация. Полипептидті тізбекті өсіру процесіне элонгацияның екі нәруыз факторы қатысады. *Бірінші нәруыз факторы* (эукариоттарда — EF-a, прокариоттарда — EF-Tu) аминокілденген (“зарядталған” аминқышқылы) т-РНҚ-ны рибосомаға көшіреді. Рибосома т-РНҚ-мен байланысқан пептидтің тасымалын және ондағы аминқышқылы қалдығымен пептидті байланыс түзуін катализдейді. Осылайша өсіп келе жатқан пептид тағы бір аминқышқылы қалдығына ұзарады. Содан соң *екінші нәруыз* транслокацияны катализдейді. Транслокация — рибосоманың м-РНҚ бойымен бір триплетке жылжуы, осыдан кейін рибосома элонгацияның жаңа цикліне дайын болады.

Элонгацияның нәруызды факторлары РНҚ-полимеразаның ДНҚ-ның бойымен жылжуын қамтамасыз етеді және ДНҚ молекуласының, шамамен 17 нуклеотидті жұбы бойында өрмін шешеді. РНҚ-полимераза секундына 40—50 нуклеотид жылдамдықпен 5'→3' бағытында қозғалады. Фермент АТФ, ГТФ, ЦТФ, УТФ бір мезгілде субстрат ретінде де, энергия көзі ретінде де пайдаланылады.

Терминация — нәруыз синтезінің аяқталуы, рибосоманың А-сайтында УАГ, УАА, УГА — стоп-кодондарының (триплеттердің) бірі болғанда жүзеге асырылады. Бұл кодондарға сәйкес т-РНҚ жоқ болғандықтан пептидил-т-РНҚ рибосоманың Р-сайтымен байланысқан күйі қалады.

Бұл жерде полипептидті тізбектің м-РНҚ-дан ажырауын катализдейтін RF1 немесе RF2, сонымен қатар рибосомадан м-РНҚ-ның диссоциациялануын тудыратын RF3 арнайыланған нәруыздары өрекетке түседі. RF1 А-аймақта УАА немесе УАГ таниды; ал RF-2 УАА немесе УГА таниды. Басқа стоп-кодондарға қарағанда, УАА-мен терминация тиімдірек болады. РНҚ-полимераза терминациялаушы кодондарға жеткенде тоқтайды. ρ-фактор деп аталатын терминацияның нәруызды факторының көмегімен фермент пен біріншілік транскрипт, м-РНҚ, немесе т-РНҚ, немесе р-РНҚ-ның негізін қалаушылары болып табылатын синтезделген РНҚ молекуласы ДНҚ матрицасынан ажырайды.

Қазақстандағы молекулалық биологияның негізін қалаушы, академик, профессор Мұрат Әбенұлы Айтхожин әлемдік ғылымда алғашқылардың бірі болып жоғары сатылы организмдерде, соның ішінде өсімдіктердегі нәруыз синтездеуші аппараттарға салыстырмалы зерттеу жүргізді және оның зерттеу тобы жоғары молекулалық (рибосомалық емес) рибонуклеин қышқылынан тұратын бөлшектер — өсімдіктер информосома класын ашты.

Білімдеріңді тексеріңдер:

1. Транскрипция жұмысының механизміне сипаттама беріңдер.
2. Пре-м рибонуклеин қышқылының посттранскрипциялық модификациясының мәнін түсіндіріңдер.



1. Транскрипция принциптерін түсіндіріңдер.
2. Нәруыз синтезі кезіндегі жасушаның тіршілік ету негіздерін сипаттаңдар.



1. Аминқышқылдарын тану үшін арнайыланған “адаптерлерді” талдаңдар.
2. Транскрипция процесінің сызбасын құрыңдар.



1. Трансляция мен транскрипция процестерінің ерекшеліктерін салыстырыңдар.
2. Трансляция кезеңдерін сипаттаңдар.



1. Қазақстандық ғалым информосома процесін зерттеген молекулярлық биологияның негізін салған. М. Ә. Айтхожиннің қызметі туралы хабарлама жазыңдар.
2. *Инициация, элонгация, терминация* тақырыптары бойынша синквейн құрастырыңдар.

§ 5. ГЕНЕТИКАЛЫҚ КОДТЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ: ҮШӨРІМДІЛІГІ, КӨПТІГІ, ӘМБЕБАПТЫҒЫ, БІРІН-БІРІ ЖАППАЙТЫНДЫҒЫ

Бұл сабақта:

- генетикалық кодтың қасиеттерін түсіндіре алатын боласыздар;
- “Генетикалық код” терминімен танысасыздар;
- Генетикалық кодтың негізгі қасиеттерімен танысасыздар.

Сендер білесіздер ме:

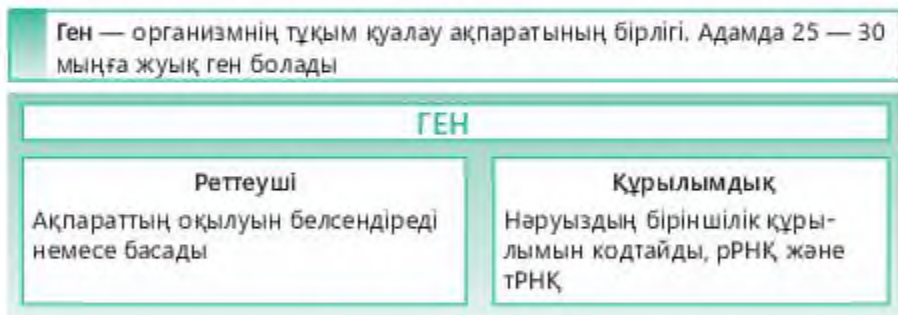
- әртүрлі генотиптің адамдары арасындағы айырмашылықты;
- тұқым қуалау ақпаратының кодталуын;
- нәруызда аминқышқылдарының орналасу реттілігі туралы ақпаратты жазу жүйесін.

Кілт түсініктер:

Генетикалық код, кодон, стоп-кодон, үшөрімділігі, көптігі, әмбебаптығы, бірін-бірі жаппайтындығы

Жер бетінде 7 млрд-тан астам адам тұрады. 25—30 млн жұп бір-жұмыртқалы егіздерді санамағанда, генетикалық жағынан адамдар әртүрлі. Бұл адамдардың әрқайсысының бірегей екенін, мінез-құлқының, қабілеттерінің, темпераментінің, тағы да басқа қасиеттерінің қайталанбас тұқым қуалайтын ерекшеліктері бар екенін білдіреді. Адамдар арасындағы мұндай айырмашылықтар немен анықталады? Әрине, бұл — олардың генотиптеріндегі, яғни осы организмдегі гендерінің жиынтықтарындағы айырмашылықтар. Әр адамда ол бірегей, сондай-ақ жекелеген жануардың немесе өсімдіктің генотипі де бірегей. Адамның генетикалық белгілері оның организмінде синтезделген нәруыздарда жүзеге асырылады. Демек, бір адамның нәруызының құрылымы, екінші бір адамның нәруызынан өте аз болса да ерекшеленеді. Сондықтан да мүшелерді ауыстыру мәселесінде қиындықтар, өнімдерге, жәндіктердің шағуына, өсімдіктердің тозаңына

және т.б. аллергиялық реакциялардың дамуы туындайды. Бұдан барлық адамдарда тіпті бірдей нәруыздар кездеспейді деуге болмайды. Бір функцияларды орындайтын нәруыздар бірдей болуы мүмкін немесе бір-бірінен бір-екі аминқышқылдары арқылы ерекшеленуі мүмкін. Бірақ Жер бетінде барлық нәруыздары бірдей болатын адамдар болмайды (біржұмыртқалы егіздерден басқа).



Нәруыздың біріншілік құрылымы туралы ақпарат ДНҚ молекуласының аймағында генте нуклеотидтердің реттілігі түрінде кодталған. Өрбір ДНҚ молекуласында көптеген гендер болады. Организмдегі барлық гендер жиынтығы **генотипті** құрайды.

Тұқым қуалау ақпаратының кодталуы генетикалық код көмегімен жүзеге асырылады.

Аминқышқылдық код деп аталатын **генетикалық код** — бұл құрамында аденин (А), гуанин (Г), цитозин (Ц) және тимин (Т) сияқты 4 азотты негіздердің бірі болатын нуклеотид қалдықтарының орналасу реттілігінің көмегімен ДНҚ-дағы нәруыз аминқышқылдарының орналасу реттілігі туралы ақпаратты жазу жүйесі. Бірақ жіпшелердің бірімен (яғни, РНҚ) кодталатын ДНҚ-ның екіжіпшелі спиралі нәруыз синтезіне тікелей қатыспағандықтан, код РНҚ тілінде жазылады, онда тимин орнына урацил (U) кіреді. Осы себептен, код — нуклеотидтер жұбының реттілігі емес, *нуклеотидтердің реттілігі* деп айтылады.

Генетикалық код белгілі бір кодты сөздермен — кодондармен беріледі.

1961 жылы Ниренберг және Маттеи ең алғаш рет *код* терминін түсіндірген. Олар ішек таяқшасынан нәруыз синтезіне қажетті рибосомалар және басқа да заттары бар экстракт алды. Ортаға қажетті м-РНҚ қосқанда, нәруыз синтезі үшін қажет жасушасыз жүйе пайда болды. Тек урацилдерден тұратын ортаға синтетикалық РНҚ-ны қосқанда, олар тек фенилаланиннен (полифенилаланин) тұратын нәруыз пайда болғанын анықтады. Осылайша УУУ нуклеотидтер триплеті (кодон) фенилаланинге сәйкес келетіні анықталды. Келесі 5-6 жыл ішінде генетикалық кодтың барлық кодондары анықталды.

Генетикалық код — 20 аминқышқылының көмегімен нәруыздың мәтініне жазылған төрт нуклеотидтің көмегімен жазылған мәтінді көшіретін өзінше бір сөздік. Нәруызда кездесетін басқа аминқышқылдары 20 аминқышқылының бірінің модификациясы болып табылады.

Генетикалық кодтың қасиеттері. Генетикалық кодтың келесі қасиеттері болады:

Үшөрімділік (триплеттілік) — әр аминқышқылына нуклеотидтердің үштігі сәйкес келеді. $4^3 = 64$ кодон бар екенін есептеу қиынға соқпайды. Олардың 61-інің мәні бар, ал 3-еуі мәнсіз (терминирациялаушы, стоп-кодондар) болып келеді.

Гендердің арасындағы тыныс белгілері — **стоп-кодондар** деп аталатын триплеттер болады. Олар бір полипептидті тізбектің синтезі аяқталғаны жөнінде белгі беріп отырады. а-РНҚ кодондарының шифрын шешу үшін және нәруыз молекулаларының тізбекшелерін (ДНҚ-ға комплементарлы) құру үшін пайдаланатын генетикалық кодтың кестелері бар, бірақ оларды қолдана білу керек (1.1-кесте).

1.1-кесте

Нәруыз молекулаларының тізбекшелерін құру кодондарының шифрын шешу

Біріншілік негіздер	Екіншілік негіздер				Үшінші Ц(Г)
	У(А)	Ц(Г)	А(Т)	У(А)	
У(А)	ФЕН ФЕН ЛЕЙ ЛЕЙ	СЕР СЕР СЕР СЕР	ТИР ТИР — —	ЦИС ЦИС — ТИР	У(А) Ц(Г) А(Т) Г(Ц)
Ц(Г)	ЛЕЙ ЛЕЙ ЛЕЙ ЛЕЙ	ПРО ПРО ПРО ПРО	ГИС ГИС ГИС ГИС	АРГ АРГ АРГ АРГ	У(А) Ц(Г) А(Т) Г(Ц)
А(Т)	ИЛЕ ИЛЕ ИЛЕ МЕТ	ТРЕ ТРЕ ТРЕ ТРЕ	АСН АСН ЛИЗ ЛИЗ	СЕР СЕР АРГ АРГ	У(А) Ц(Г) А(Т) Г(Ц)
Ц(Г)	ВАЛ ВАЛ ВАЛ ВАЛ	АЛА АЛА АЛА АЛА	АСП АСП ГЛУ ГЛУ	ГЛИ ГЛИ ГЛИ ГЛИ	У(А) Ц(Г) А(Т) Г(Ц)

Кестені пайдалану принципі: бірінші нуклеотид триплетте сол жақ тік қатардан, екінші — жоғарғы көлденең қатардан, үшінші — оң жақ тік қатардан алынады. Осы үш нуклеотидтен келетін сызықтар қиылысқанда қажет аминқышқылының атауы шығады (1.2-кесте).

Аминқышқылдарының қысқартылып алынған атаулары

Ала — аланин	Гли — глутамин	Сер — серин
Арг — аргинин	Глу — глутамин қышқылы	Тир — тирозин
Асп — аспарагин	Иле — изолейцин	Тре — треонин
Аспк — аспарагин қышқылы	Лей — лейцин	Три — триптофан
Вал — валин	Лиз — лизин	Фен — фенилаланин
Гис — гистидин	Мет — метионин	Цис — цистеин
Гли — глицин	Про — пролин	

Үзіліссіздік (нуклеотидтер арасында бөлгіш белгілер жоқ) — **ген-ішілік тыныс белгілерінің болмауы**, ген ішінде әр нуклеотид белгіленетін кодонның құрамына кіреді. 1961 жылы Сеймур Бензер мен Френсис Крик эксперимент жүзінде кодтың триплеттілігін және оның үзіліссіз (ықшамдылық) екенін дәлелдеді.

Генаралық тыныс белгілерінің болуы — триплеттер арасында миникациялаушы кодондардың (нәруыз биосинтезі солардан басталады), кодон-терминаторлардың (нәруыз биосинтезінің аяқталғанын білдіреді) болуы; тыныс белгілеріне шартты түрде көшбасшылық реттіліктен кейін, бірінші, АУГ кодоны жатады. Ол бас әріптің қызметін атқарады. Бұл жағдайда ол формилметионинді (прокариоттарда) кодтайды. Полипептидті кодтайтын әр геннің соңында, кем дегенде, 3 терминациялаушы кодондардың немесе стоп-кодондардың: UAA, UAG, UGA бірі болады. Олар трансляцияны аяқтайды.

Коллинеарлылық — м-РНҚ кодондары мен нәруыздағы аминқышқылдарының сызықтық реттілігінің сәйкестігі.

Арнайылық — әр аминқышқылына тек белгілі бір, басқа аминқышқылы үшін қолдана алмайтын кодондар сәйкес келеді.

Бірбағыттылық — кодоны бір бағытта — бірінші нуклеотидтен басталып келесілерге қарай оқылады.

Артықтық — бір аминқышқылын бірнеше триплет кодтай алады (аминқышқылы — 20, мүмкін болатын триплеттер — 64, оның ішінде 61 мәні бар, яғни орташа алғанда әр аминқышқылына 3 кодон сәйкес келеді); тек метионин (Met) мен триптофан (Trp) ережеден тыс болады. Кодтың артық болуы сол, ең негізгі мәндік жүктемені триплетте алдыңғы екі нуклеотид алып жүреді, ал үшіншісі ондай маңызды болмайды. Осыдан кодтың артықтық ережесі: егер екі кодонда алдыңғы екі нуклеотиді бірдей болса, ал үшінші нуклеотидтері бір класқа жататын болса (пуриндік немесе пиримидиндік), онда олар бір аминқышқылын кодтайды.

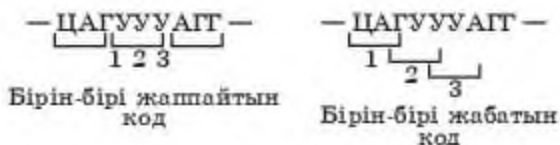
Алайда бұл мінсіз ережеге бағынбайтын екі ерекшелік бар. Бұл изолейцинге емес, метионинге сәйкес келетін АУА кодоны мен триптофанға сәйкес болудың орнына терминациялаушы болып табылатын UGA кодоны. Кодтың артық болуының бейімделуде маңызы бар.

Әмбебаптық — генетикалық кодтың жоғарыда аталған қасиеттерінің барлығы тірі организмдерге тән болып келеді (1.3-кесте).

1.3-кесте

Кодон	Әмбебап код	Митохондриялы кодтар			
		Омыртқалылар	Омыртқасыздар	Ашытқылар	Өсімдіктер
УГА	Стоп	Триптофан	Триптофан	Триптофан	Стоп
АУА	Изолейцин	Метионин	Метионин	Метионин	Изолейцин
ЦУА	Лейцин	Лейцин	Лейцин	Треонин	Лейцин
АГА	Аргинин	Стоп	Серин	Аргинин	Аргинин
АГГ	Аргинин	Стоп	Серин	Аргинин	Аргинин

Соңғы кезде кодтың әмбебаптық принципі 1979 жылы Берелл адам митохондриясында кодтың артықтығы ережесіне келетін мінсіз код ашқаннан кейін аздап толқымалы болып қалды. Кодтың артықтығы ережесі талап еткендей, митохондриялардың кодында УГА кодоны триптофанға сәйкес болады, ал АУА кодоны — метионинге. Шамасы эволюция басында барлық қарапайым организмдерде осы митохондриялардағы секілді код болып, кейін аздаған ауытқуларға ұшыраған болуы керек.



Код, негізінен, нүктелер мен дефистер арқылы ақпаратты кодтайтын барлығына мәлім Морзе әліпбиіне ұқсайды. Морзе әліпбиі барлық радиостерге әмбебап болып келеді, айырмашылығы тек белгілерді әртүрлі тілдерге аударуында жатады. Генетикалық код та барлық тірі организмдерге тән, тек гендерді түзетін, нақты организмдердің нәруыздарын кодтайтын нуклеотидтердің кезектесу реттілігімен ғана айырмасы болады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Тұқым қуалау ақпаратын кодтауды сипаттаңдар.
2. Нәруызда аминқышқылдарының орналасу реттілігі туралы ақпаратты жазу жүйесіне сипаттама беріңдер.



1. Кестені дәптерге сызып, толтырыңдар.

Атауы	Қасиеттері	Орналасқан жері
Кодон		
Антикодон		
Триплет		

2. Кодон, антикодон триплет түсініктерін салыстырыңдар.

3. Пептидтегі аминқышқылдардың реттілігін құрастырыңдар: ДНҚ-кодондарының реттілігі бойынша – АЦА УАЦ ААТ УАЦ.



1. Генетикалық кодтың арнайылығына мысалдар келтіріңдер.

2. Аминқышқылдарының толық және қысқартылған аттарын жазыңдар.



1. Нәруызда аминқышқылының орналасу реттілігі туралы эссе жазыңдар.

2. Генетикалық кодтың негізгі биологиялық маңызын дәлелдеңдер.



1. Комплементарлық принципінң эволюциясының мәнін бағалаңдар. Неге ғалымдар ХХ ғасырдың екінші жартысына дейін тұқым қуалаудың ақпарат тасымалдаушысы ДНҚ емес, нәруыз деп есептеді?

2. Оқу құралын және интернеттен қосымша әдебиеттерді пайдалана отырып, “Туыстық дәрежені дәлелдейтін генетикалық зерттеулер” тақырыбына презентация жасаңдар.

3. Генетикалық кодтың негізгі қасиеттерін талқылаңдар.



ТАРАУ БОЙЫНША ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Антиденелердің қасиеттерін және олардың организмдегі рөлін сипаттаңдар.
2. Антиденелерді зерттеуде қандай әдіс қолданылады? Бұл әдістің артықшылықтары мен кемшіліктерін сипаттаңдар.
3. *Агглютинация* терминін түсіндіріңдер. Оны тәжірибеде қалай байқауға болады?
4. Антиденелердің белсенді орталығы қандай қызмет атқарады және неге комплементарлық қасиеті бар екенін түсіндіріңдер.
5. Антидене түзудің клондық-селекциялық теориясына талдау жасаңдар.
6. Ферменттердің қандай қасиеттері бар екенін негіздеңдер.
7. Ферменттерді иммобилизациялау әдісін сипаттаңдар.
8. Фишер теориясына сипаттама беріңдер.
9. Ферменттердің белсенді орталықтарының пайда болу заңдылықтарын түсіндіріңдер.
10. Ферменттердің әсер ету ерекшелігін сипаттаңдар.
11. Ферменттерді ингибирлеу анықтамасын түсіндіріңдер.
12. Дәрілердің ферменттерге әсер ету механизмін сипаттаңдар.
13. Ауыр металдар ферменттерге қалай әсер етеді?
14. Транскрипция сызбасын сызыңдар.
15. Прокариоттар мен эукариоттардың трансляция механизмдерін салыстырыңдар.
16. ТАТА факторы қандай қызмет атқарады?
17. Транскрипцияға қажет 5 элементті сипаттаңдар.
18. Генетикалық кодтың қасиеттерін сипаттаңдар. Осы терминді түсіндіріңдер.
19. Жердегі тірі организмдердегі генетикалық кодтың әмбебаптығын негіздеңдер.
20. Стоп-кодондарды сипаттаңдар. Олар қандай функцияны орындайды.

§ 6. ХЛОРОПЛАСТЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚЫЗМЕТТЕРІ

Бұл сабақта:

- хлоропластың құрылымы мен қызметі арасындағы өзара байланысты орнатуды білетін боласыздар;
- хлоропластардың құрылысы мен негізгі құрылымдық компоненттерімен танысасыздар.

Сендер білесіңдер ме:

- хлоропластың қызметтерін;
- кальвин цикліне қатысатын еритін ферменттерді;
- өсімдіктер үшін хлорофилдің рөлін.

Кілт түсініктер:

хлоропласт, фотосинтез, пластидтер, мембрана, гомопластид, гетеропластид, строма, хлорофилл

Фотосинтез хлоропластар деп аталатын эукариоттық жасушалық құрылымдарда жүреді. *Хлоропласт* — өсімдік жасушаларының жасыл пластидтер деген атаумен белгілі органеллаларының түрі. Пластидтер энергия өндіру үшін қажетті заттарды сақтауға және жинауға көмектеседі. Хлоропласта *фотосинтез процесі* үшін жарық энергиясын қабылдайтын *хлорофилл* деп аталатын жасыл пигмент болады. Демек, хлоропласт атауы бұл органеллалар құрамында хлорофиллі бар пластидтер екенін көрсетеді. Хлоропластардың митохондриялар сияқты, меншікті ДНҚ-сы болады, олар энергия өндіруге жауапты және бактериялық бинарлы бөлінуге ұқсас бөліну процесі арқылы жасушаның қалған бөлігіне қарамастан шығарыла береді. Олар сондай-ақ аминқышқылдары мен липидті компоненттердің өндірілуіне жауапты, соңғылары сол хлоропластардың шығарылуы үшін қажет болады. Хлоропластар сонымен қатар балдырлар сияқты басқа фотосинтез процесіне қатысатын организмдердің жасушаларында да кездеседі.

Хлоропластардың шығу тегі. Қазіргі уақытта өсімдіктер жасушаларындағы хлоропластардың эндосимбиотикалық шығу тегі туралы түсінік жалпылама қабылданып отыр. Қыналар мен саңырауқұлақ және балдырлардың бірігіп тіршілік ету түрі (симбиоз) болып табылады, ал жасыл біржасушалы балдырлар саңырауқұлақ жасушаларының

Ішінде тіршілік етеді. Осындай жолмен бірнеше миллиардтаған жыл бұрын фотосинтездеуші цианобактериялар (көк жасыл балдырлар) эукариоттық жасушаларға еніп, содан кейін эволюция барысында ядролық геномға аса маңызды гендердің басым бөлігін бере отырып, өзінің автономиялылығын жоғалтты деп болжайды.

Нәтижесінде тәуелсіз бактериялық жасушалар бастапқы қызметін — фотосинтезге қабілетін сақтап, жартылай автономды органеллаға айналады, алайда фотосинтездік аппараттың қалыптасуы қосарланған ядролық-хлоропластық бақылауда болады. Хлоропластардың бөлінуі және ДНҚ, РНҚ нәруыз тізбегінде жүзеге асырылатын жағдайлар мен генетикалық ақпаратын іске асыру процесі ядроның бақылауына өтеді. Хлоропластардың шығу тегі прокариоттық екенінің даусыз дәлелдемелері олардың ДНҚ-сының нуклеотидтік реттілігін талдау кезінде анықталды.



Хлоропластар мен бактерияларда рибосомалық гендердің ДНҚ-сы ұқсастықтың (гомология) жоғарғы дәрежесін көрсетеді. Ұқсас нуклеотидті реттілік цианобактериялар мен хлоропласт үшін АТФ синтазалық кешеннің гендерінде, сондай-ақ транскрипция аппаратының гендерінде (РНҚ-полимераза суббірліктерінің гендері) және трансляцияларда анықталған. Хлоропластық гендердің реттеуіш элементтері болып табылатын, 35–10 нуклеотидтер жұбы аймағында транскрипция басталғанға дейін орналасатын, генетикалық ақпаратты оқуды анықтайтын промоторлар мен транскрипцияның тоқтатылуын айқындайтын терминалдық нуклеотидті реттелген тізбектер, жоғарыда айтылғандай, хлоропласта бактериялық типте анықталды. Эволюцияның миллиардтаған жылдары хлоропластқа өте көп өзгерістер енгізе де олар хлоропласт гендерінің нуклеотидтік реттілігін өзгерткен жоқ және бұл жасыл өсімдіктердегі хлоропластың қазіргі цианобактериялардың ежелгі ізашары, яғни прокариоттық тектен пайда болуының даусыз дәлелі болып табылады.

Хлоропластардың құрылысы. Хлоропластың құрылысы пластидтер үшін әдеттегідей болып табылады. Оның қабырғасы сыртқы және ішкі — екі мембранадан тұрады, олардың арасында мембранааралық кеңістік болады. Хлоропластың ішінде, ішкі мембранадан бау секілді шығатын күрделі *тилакоидты құрылым* түзіледі. Хлоропластың гель төрледі толтырып тұрған заты *строма* деп аталады (2.1-сурет).

Әрбір тилакоид стромадан бірқабатты мембрана арқылы бөлініп тұрады. Тилакоидтың ішкі кеңістігі *люмен* деп аталады. Тилакоидтер хлоропласта граналарға бірігеді. Граналар саны әртүрлі болады. Олар бір-бірімен ерекше, ұзынша тилакоидтер — ламеллалар арқылы байланысады. Қарапайым тилакоид домалақ диск тәріздес болып келеді.

Стромада өзінің сақина сияқты молекула түріндегі ДНҚ-сы, РНҚ-сы және прокариоттық түрдегі рибосомалары болады. Осылайша бұл жартылай автономды органоид өз алдына өзінің нәруыздарының қандай да бір бөлігін синтездей алады. Эволюция процесінде хлоропластар басқа жасушаның ішінде тіршілік ете бастаған цианобактериялардан шыққан деп есептейді.



2.1-сурет. Хлоропластағы граналардың құрылымы

Хлоропластың құрылысы фотосинтез қызметін атқаруымен тығыз байланысты. Онымен байланысты реакциялардың барлығы стромада және тилакоидтардың мембранасында жүреді. Стромада — фотосинтездің қараңғы кезеңінің реакциялары, мембраналарда — жарық кезеңінің реакциялары жүреді. Сондықтан олар өртүрлі ферментативті жүйелерден тұрады. Стромада Кальвин цикліне қатысатын еритін ферменттер болады.



Эукариоттық балдырлар жасушаларында органеллалардан, әсіресе жоғары сатылы өсімдіктердің хлоропластарымен салыстырғанда, түрі бойыша әр алуан болатын хроматофорлар (хлоропластар) — бояуды тасымалдаушылар байқалады. Хроматофорлар көбіне жасуша қабырғасы жанында орналасады, пішіні кесе, жасушаны орап жатқан сақина тәрізді, көптеген тесіктері бар қуыс цилиндр түрінде, спираль секілді оралған бір не бірнеше лента тәрізді, бір-екі ірі қабырғалық пластинка сияқты болуы мүмкін. Көптеген балдырларда хлоропластардың саны көп болады, цитоплазманың қабырғасына қарай шоғырланған дән немесе диск тәрізді болады. Ал кейде хроматофор жасушаның ортасында орналасуы мүмкін, бұл кезде оның ірі орталық бөлігі мен жасушаның шетіне қарай кеткен тарақшалары немесе шашақтары болады. *Жасыл балдырлардың ішінде сифондық жиынтығы барларын екі топқа бөліп қарастырады.*

Бірінші топқа жататын балдырларда тек пластидтердің бір түрі — хлоропластар болады. Бұл — *гомопластидті түрлер*.

Екінші топ *гетеропластидті*. Оларда, хлоропластармен қатар, *амилопластар* болады. *Гомопластидия*, гетеропластидия, пластидтердің морфологиясы мен жасушадағы орны сияқты маңызды таксономиялық белгілер болып табылады.

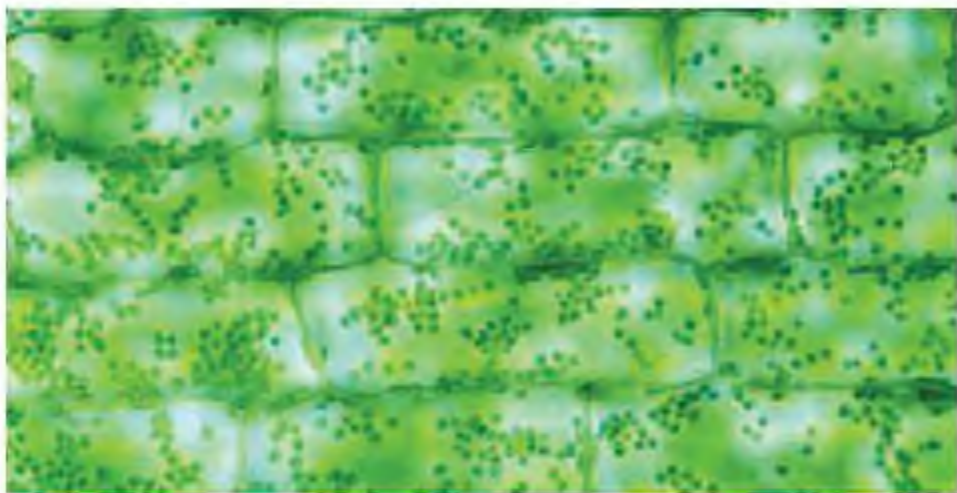
Балдырлардың хлоропластарының субмикроскопиялық құрылымы, жалпы алғанда, ұқсас. Эукариоттық балдырларда хлоропластар қабықпен шектелген болады, оның

астында матриктің жұқа түйіршікті материалы болады, ол жайпақталған, мембрананен қапталған қапшықтар немесе көпіршіктер, — тилакоидтер немесе хлорофилі мен Каротиноидтері бар дискілерден тұрады.

Хлоропластардың химиялық құрамы едәуір күрделі және судың жоғары мөлшерімен (75%) сипатталады. Құрғақ заттың шамамен 75—80%-і әртүрлі органикалық заттар үлесіне тиесілі, 20—25%-і минералдық заттар. Хлоропластардың құрылымдық негізін нәруыздар құрайды, олардың мөлшеріне құрғақ заттың 50—55%-і тиесілі, шамамен, олардың жартысы суда еритіндер. Нәруыздардың бұлай көп болуы олардың хлоропласт құрамында әр алуан қызмет атқаруымен байланысты. Бұл мембрананың негізі болып табылатын құрылымдық нәруыздар фермент-нәруыздар, цитозольден ерекшеленетін белгілі бір иондық құрамды ұстап тұратын тасымалдаушы нәруыздар, бұлшықет актомиозині секілді хлоропластардың қозғалыс белсенділігін қамтамасыз ететін жиырғыш-нәруыздар. Нәруыздар, сондай-ақ ішкі және сыртқы ортаның өзгермелі жағдайларында фотосинтез қарқындылығын реттеуге қатысу арқылы рецепторлық қызмет те атқарады.

Сонымен қатар хлоропластардың маңызды құрамдас бөлігі липидтер болып табылады, олардың мөлшері құрғақ салмақтың 30% — 40%-ке дейін құрайды. Хлоропластардағы көмірсулардың мөлшері айтарлықтай өзгеріп отырады (5% -тен 50% -ке дейін). Белсенді жұмыс істейтін хлоропластарда көмірсулар, әдетте, жинақталмайды, олар тез ағып кетіп отырады. Фотосинтез өнімдеріне қажеттілік азайған кезде хлоропластарда ірі крахмал дәндері пайда болады. Бұл жағдайда крахмал құрамы құрғақ салмақтың 50% -іне дейін құрауы мүмкін және хлоропласт белсенділігінің төмендеуі мүмкін. Хлоропластарда минералды заттар көп болады. Хлоропластардың өздері жапырақ салмағының 25—30% -ін құрайды, бірақ оларда жапырақта болатын темірдің 80%, магний мен мырыштың 70—72%, мыстың шамамен 50%, кальцийдің 60% -і шоғырланған. Бұл хлоропластардың жоғарғы және әртүрлі ферментативті белсенділігімен жақсы үйлеседі. Минералды элементтер простетикалық топтар мен ферменттер қызметінің кофакторлары ролінде болады. Магний хлорофилл құрамына кіреді. Кальцийдің ролі маңызды хлоропластардың мембраналық құрылымын тұрақтандыру болып табылады.

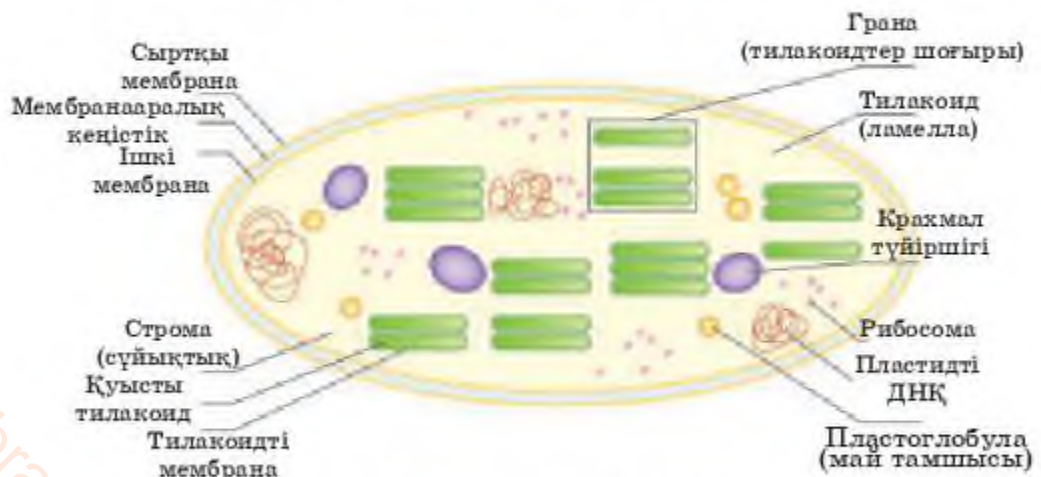
Хлоропластар, әдетте, өсімдік жапырақтарында орналасқан бағаналы жасушаларда кездеседі (2.2-сурет). Бағаналы жасушалар *ленгесік* деп аталатын кішкене тесіктерді қоршап, фотосинтезге қажетті газ алмасуды қамтамасыз ету үшін оларды ашып-жауып тұрады. Хлоропластар мен басқа пластидтер *пропластидтер* деп аталатын жетілмеген, сараланбаған, пластидтердің әртүрлі типтерінде дамитын жасушалардан пайда болады. Хлоропласта дамитын пропластид бұл процесті тек



2.2-сурет. Өсімдік жасушасындағы хлоропластар

қана жарықта жүзеге асыра алады. Хлоропластарда бірнеше әртүрлі құрылым болады, олардың әрқайсысы арнайыланған қызмет атқарады (2.3-сурет).

Хлоропластардың қызметі. Хлоропластардың негізгі қызметі жарық энергиясын ұстап, оны өзгерту болып табылады. Граналар түзетін мембраналардың құрамына жасыл бояу — хлорофилл кіреді. Дәл осы жерде фотосинтездің жарық реакциялары — хлорофилл арқылы жарық сәулелерін жұтып, жарық энергиясын қозған электрондар энергиясына айналдыру жүреді. Жарықтың әсерінен қозған, яғни артық энергиясы бар электрондар өз энергиясын суды ыдыратуға және АТФ синтезіне жұмсайды. Су ыдырағанда оттегі пен сутек пайда болады. Оттегі атмосфераға бөлінеді, ал сутек ферредоксин нәруызымен байланыса-



2.3-сурет. Хлоропластың құрылымы

ды. Ферредоксин содан кейін сутекті қысқаша НАДФ деп белгіленетін тотықтырғыш затқа береді. НАДФ тотыққан түрі НАДФ-Н₂ айналады.

Осылайша фотосинтездің жарық реакцияларының соңында су мен жарық энергиясын пайдаланатын АТФ, НАДФ-Н₂ мен оттегі түзіледі.

Хлоропластар жасуша бойымен қозғалуға қабілетті. Егер жарық әлсіз болса, олар жасушаның жарыққа қараған қабырғасының астында орналасады. Бұл кезде олар жарыққа өзінің үлкен бетімен қарап тұрады. Ал егер жарық өте көп болса, онда олар жарыққа қабырғасымен қарайды, жарық сәулелеріне параллель қабырғалар бойына орналасады. Жарықтану орташа болған жағдайда хлоропластар жапырақтың екі шетінің ортасында орналасады.

Хлоропластардың мұндай қозғалулары (фототаксис) — өсімдіктердегі тітіркену түрлерінің бір көрінісі. Хлоропластар жасуша жүйесінде танымал автономияға ие. Оларда меншікті өз рибосомалары және хлоропластың бірқатар нәруыздарының синтезін анықтайтын заттар жиынтығы болады. Сонымен қатар атқаратын қызметі ламелла және хлорофилл құрамына кіретін липидтердің түзілуіне әкелетін ферменттер де бар. Хлоропластың сондай-ақ энергия өндіретін автономды жүйесі де бар.

Тағы бір өте маңызды қызметі — көмірқышқылын пайдалану немесе көмірқышқылының бекітілуі (фиксациясы), яғни оның көміртекті органикалық қосылыстар құрамына енуі, бұл Кальвин мен Бенсон ашқан реакциялардың күрделі циклінде жүзеге асады. Осы жаңалығы үшін олар Нобель сыйлығымен марапатталған болатын.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Хлоропластың негізгі құрылымдарын сипаттаңдар.
2. Хлоропластың құрылысына сипаттама беріңдер.



1. Хлоропластың негізгі қызметтерін анықтаңдар.
2. Хлоропластың жасушада қозғалу қабілетін дәлелдеңдер.



1. Кестені дәптерге сызып толтырыңдар.

Хлоропластың құрылысы	Қызметі
Сыртқы мембрана	
Мембраналық иеңістік	
Ішкі мембрана	
Строма	
Тилакоид граны	

2. Жасуша жүйесінде хлоропластың автономдығын талдаңдар.
3. Хлоропластың құрылысын сызба түрінде беріңдер.



1. Фотосинтез реакциясының реттілігін анықтаңдар және қайда жүретінін көрсетіңдер.



2. Хлоропластың химиялық құрамының ерекшеліктерін көрсетіңдер және жүйелеңдер.



Хлоропластардың пайда болуы үшін қажетті жарықты дәлелдейтін тәжірибе жоспарын ұсыныңдар.

§ 7. ФОТОСИНТЕЗДІҢ ПИГМЕНТТЕРІ. R₁ МӘНІ

Бұл сабақта:

- фотосинтез пигменттерін білетін боласыңдар;
- балдырлар мен фотосинтездейтін бактериялардың әр алуан пигментті құрамымен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- фотосинтез процесіндегі хлорофилдің ең маңызды рөлін;
- хлорофилдің химиялық қасиеттерін;
- *a* хлорофилі мен *b* хлорофилінің құрылысын.

Кілт түсініктер:

хлорофилл, пигменттер, каротиноидтер, фикобилиндер, фикоцианин, фикозерин, аллофикоцианин

Жарық өсімдік организмне өсер етуі үшін, атап айтқанда, фотосинтез процесінде қолданылуы үшін оны фоторецептор-пигменттер сіңіруі қажет. Пигменттер — боялған заттар. Пигменттер жарықтың белгілі бір ұзындықтағы толқындарын сіңіреді. Күн спектрінің жұтылмаған аймақтары шағылысады, бұл пигменттердің бояуына себепші болады. Мәселен, жасыл пигмент хлорофилл қызыл және көк сәулелерді сіңіреді, ал жасыл сәулелер, негізінен, шағылысады. Күн спектрінің көрінетін бөлігіне ұзындығы 400-ден 700 нм-ге дейін жететін толқындар жатады. Спектрдің барлық көрінетін бөлігін жұтатын заттар қара болып көрінеді.

Пигменттер құрамы организмдер тобына байланысты болады. Фотосинтездеуші бактериялар мен балдырларда пигменттер құрамы алуан түрлі (хлорофилдер, бактериохлорофилдер, бактериородопсин, Каротиноидтер, фикобилиндер). Олардың жиынтығы мен арақатынасы өртүрлі топтар үшін арнайыланған және көп жағдайда организмдердің тіршілік ету ортасына байланысты. Жоғары сатылы өсімдіктерде фотосинтез пигменттерінің өртүрлілігі әлдеқайда аз болып келеді.

Пластидтерде шоғырланған пигменттер үш топқа бөлінеді: *хлорофилдер, каротиноидтер, фикобилиндер*.

Фотосинтез процесінде маңызды рөлді жасыл пигменттер — хлорофилдер атқарады. Француз ғалымдары П.Ж. Пелетье мен Ж. Кавенту (1818 ж.) жапырақтардан жасыл зат бөліп шығарып, оны *хлорофилл* (грек. «хлорос» — жасыл және «филлон» — жапырақ) деп атады.

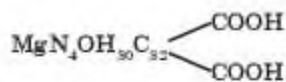
Қазіргі уақытта он шақты хлорофилл белгілі. Олар химиялық құрылысы, бояуы, тірі организмдер арасында таралуы бойынша ажыратылады. Барлық жоғарғы сатылы өсімдіктерде *a* мен *b* хлорофилі болады *c* хлорофилі диатомды балдырларда, *d* хлорофилі — қызыл балдырларда болады. Мұнан басқа, фотосинтездеуші бактериялардың жасушаларында болатын төрт бактериохлорофилл (*a*, *b*, *c* және *d*) белгілі. Жасыл бактериялар жасушаларында *c* және *d* бактериохлорофилдері, күлгін бактериялар жасушаларында — *a* және *b* бактериохлорофилдері болады. Оларсыз фотосинтез жүрмейтін негізгі пигменттерге жасыл өсімдіктердегі хлорофилдер мен бактериялардағы бактериохлорофилдер жатады.



Бірінші рет жоғарғы сатылы өсімдіктердің жасыл жапырағының пигменттері туралы нақты түсінік ұлы орыс ботанигі М. С. Цветтің (1872–1919) еңбектерінде пайда болды. Ол заттарды бөлудің хроматографиялық әдісін жасап, жапырақтың пигменттерін таза түрде бөліп шығарды. Заттарды бөлудің хроматографиялық әдісі олардың адсорбцияға деген әртүрлі қабілетіне негізделген. М. С. Цвет бор немесе сахароза ұнтағы толтырылған шыны түтікше (хроматографиялық колонка) арқылы жапырақтан сорып алу жұмысын жүргізген. Пигменттер қоспасының жекелеген компоненттері адсорбциялану дәрежесі бойынша ерекшеленген және әртүрлі жылдамдықпен қозғалады, нәтижесінде олар колонканың әртүрлі аймақтарында шоғырланады. Колонканы жеке бөліктерге (аймақтарға) бөле отырып және еріткіштердің тиісті жүйесін пайдалана отырып, әрбір пигментті бөліп көрсетуге болады.

Жоғарғы сатылы өсімдіктердің жапырақтарында *a* хлорофилі мен *b* хлорофилі, сондай-ақ каротиноидтер (каротин, ксантофилл т.б.) болады. Хлорофилдер, каротиноидтер сияқты, суда ерімейді, бірақ органикалық еріткіштерде жақсы ериді. *a* және *b* хлорофилдері түсі бойынша ажыратылады: *a* хлорофилінің түсі көк жасыл, ал *b* хлорофилінің — сары жасыл. Жапырақтағы *a* хлорофилінің мөлшері *b* хлорофиліне қарағанда, шамамен үш есе көп болады.

Хлорофилдің химиялық қасиеттері. Химиялық құрылысы бойынша хлорофилдер дикарбонды органикалық қышқыл — хлорофиллиннің және спирттер — фитол мен метилдің екі қалдығының күрделі эфирлері. Эмпирикалық формуласы — $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$. Хлорофиллин магний порфириндерге жататын құрамында азоты бар металлорганикалық қосылыс.



a хлорофилінің құрылымдық формуласы

Хлорофилде карбоксилді топтардағы сутек екі спирт — метил CH_3OH мен фитолдың $\text{C}_{20}\text{H}_{39}\text{OH}$ қалдықтарымен алмастырылған, сондықтан хлорофилл күрделі эфир болып табылады. Суретте *a* хлорофилінің құрылымдық формуласы берілген. *b* хлорофилінің айырмашылығы, онда сутектің екі атомы кем және оттектің бір атомы артық (CH_3 тобының орнына CHO тобы болады). Осыған байланысты *a* хлорофилінің молекулалық салмағы — 893 және *b* хлорофилінікі — 907.

1960 жылы Г.Б. Вудворд хлорофилдің толық синтезін жүзеге асырды. Хлорофилл молекуласының орталығында пирролды топтардың төрт атомымен біріккен магний атомы орналасады. Хлорофилдің пирролды топтарында кезектескен қосарланған және қарапайым байланыстар жүйесі бар. N дегеніміз — күн спектрінің белгілі бір сәулелерін және оның бояуын сіңіруді іске асыратын хлорофилдің хромофорлы тобы болып табылады. Порфиринді ядроның диаметрі 10 нм-ді құрайды, ал фитолды қалдықтың ұзындығы — 2 нм-ді: хлорофилл ядросында пирролды топтардағы азот атомдары арасындағы қашықтық 0,25 нм-ге тең болады. Магний атомының диаметрі 0,24 нм-ге тең болатыны қызық. Осылайша магний пирролды топтардағы азот атомдары арасындағы кеңістікті толығымен дерлік толтырып тұрады. Бұл хлорофилл молекуласының ядросына қосымша беріктік береді.



К. А. Тимирязев екі маңызды пигменттің химиялық құрылысының жақындығына назар аударған болатын: хлорофилл жапырақтарының жасыл пигменті және қан геминінің қызыл пигменті. Шынында да, егер хлорофилл магний-порфириндерге жататын болса, гемин темір-порфириндерге жатады. Бұл ұқсастық кездейсоқ емес және бүкіл органикалық әлемнің тұтастығының тағы бір дәлелі болып табылады. Хлорофилл құрылысының ерекшеліктерінің бірі оның молекуласында төрт гетероциклден басқа бес көміртекті атом — циклопентаноннан тұратын тағы бір циклдік топтың болуы. Циклопентан сақинасында жоғарғы реакциялық қабілеті бар кетогруппа бар. Хлорофилл молекуласы полярлы болып келеді, оның порфиринді ядросы гидрофилді қасиеттерге ие, ал фитолды ұшында гидрофобтық қасиеті бар. Хлорофилл молекуласының бұл қасиеті оның хлоропласт мембраналарында белгілі бір орналасуына мүмкіндік туғызады. Молекуланың порфиринді бөлігі нәруызбен байланысты, ал *in* фитоль тізбегі липидті қабатпен байланысады.

Хлорофилдің физикалық қасиеттері. Жоғарыда айтылғандай, хлорофилл жарықты іріктеп қабылдауға қабілетті. Хлорофилдің сіңіру спектрі оның жарықтың белгілі бір ұзындықтағы толқындарын (белгілі бір түстің) қабылдау қабілетімен анықталады. Сіңіру спектрін алу үшін К. А. Тимирязев хлорофилл ертіндісі арқылы жарық сәулесін өткізеді. Сәулелердің бір бөлігі хлорофилмен сіңіріледі, ал кейіннен призмдан өткізу кезінде спектрде қара жолақтар болатыны анықталады.

Хлорофилдің жапырақтағы сияқты концентрациясында қызыл және көк күлгін сәулелерінде екі негізгі сіңіру сызықтары болатыны көрсетілді. Бұл ретте *a* хлорофилдің ерітіндідегі максималды сіңіру көрсеткіші 429 нм және 660 нм болады, ал *b* хлорофилінде — 453 нм және 642 нм. Алайда жапырақта хлорофилдің сіңіру спектрлері оның жағдайына, агрегациялық дәрежесіне, белгілі бір нәруыздардағы адсорбциясына байланысты өзгертінін ескеру қажет (2.4-сурет).

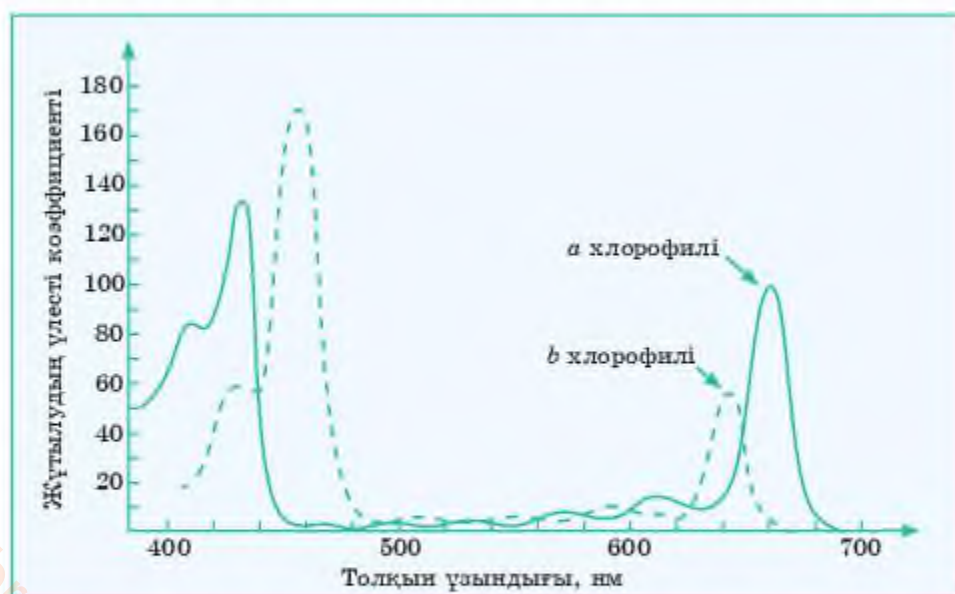
Зерттеулер жапырақтағы хлорофилл мен жапырақтан алынған хлорофилл қасиеттері әртүрлі болатынын көрсетті, себебі ол жапырақта нәруызбен байланысқан түрде болады. Бұл келесі мәліметтер арқылы дәлелденеді:

1. Жапырақтағы хлорофилдің сіңіру спектрі алынған хлорофилге қарағанда басқаша болады.

2. Хлорофилл құрғақ жапырақтан абсолютті спирт арқылы шығарылмайды. Егер жапырақты ылғалдаса немесе спиртке су қосқан жағдайда ғана экстракция табысты болады, өйткені су хлорофилл мен нәруыз арасындағы байланысты бұзады.

3. Жапырақтан алынған хлорофилл әртүрлі өсерлер (қышқылдықтың жоғарылауы, оттегі және тіпті жарық) ықпал еткенде тез бұзылады.

Сонымен қатар жапырақта хлорофилл барлық аталған факторларға төзімді. Хлорофилл молекулаларының маңызды қасиеті олардың бір-бірімен өзара әрекеттесуге қабілеттілігі болып табылады. Мономерден агрегацияланған түрге көшу екі және одан да көп молекулалардың бір-біріне жақын орналасқанда өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда



2.4-сурет. *a* және *b* хлорофилдерінің сіңіру спектрлері

болады. Хлорофилдің пайда болу процесінде оның тірі жасушадағы жағдайы заңды түрде өзгереді. Қазіргі уақытта пластидтердің мембраналарындағы хлорофилл агрегацияның әртүрлі дәрежесі болатын пигмент-липопротеидті кешендер түрінде орналасатыны белгілі болды.

Каротиноидтер. Хлоропласт пен хроматофорларда жасыл пигменттермен қатар каротиноидтер тобына жататын пигменттер де болады. Каротиноидтер — алифатикалық құрылысы бар сары және қызғылт сары пигменттер, изопреннің туындылары. Олар барлық жоғары сатылы өсімдіктерде және көптеген микроорганизмдерде болады. Бұл — атқаратын функциялары әртүрлі болып келетін ең көп таралған пигменттер. Құрамында оттегі бар каротиноидтер *ксантофиллалар* деп аталады. Жоғары сатылы өсімдіктерде каротиноидтердің негізгі өкілі болып табылатын екі пигмент — каротин (қызғылт сары) және ксантофилл (сары) болады.

Каротиноидтердің хлоропластарда үнемі болатыны туралы мәліметтің өзі оларды фотосинтез процесіне қатысады деп санауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта каротиноидтер күн спектрінің белгілі бір аймақтарын сіңіріп, осы сәулелердің энергиясын хлорофилл молекулаларына беретіні анықталды. Осылайша олар хлорофилмен бірігіп жұтылмайтын сәулелерді пайдалануға көмектеседі. Каротиноидтердің физиологиялық рөлі олардың хлорофилл молекуласына энергия беруге қатысуымен шектелмейді.

Каротиноидтер әртүрлі органикалық заттарды, бірінші кезекте хлорофилл молекулаларын фотототығу процесінде жарықтың бұзылуы қаупінен қорғап, қорғаныс қызметін атқаратыны туралы деректер бар. Жүгерінің және күнбағыстың мутанттарында жүргізілген тәжірибелер, олардың құрамында протохлорофиллид (хлорофилдің қараңғы кезеңдегі бастаушысы) бар екенін, жарықта ол хлорофилге ауысатынын, бірақ бұзылмайтынын көрсетті.

Каротиноидтердің синтезі жарықты қажет етпейді. Каротиноидтер жапырақтар қалыптасқанда және жапырақтың ұрығы бүршікте жарықтың әсерінен қорғалған кезеңде пластидтерде түзіліп жинақталады. Каротиноидтердің түзілуі азотпен қоректену кезіне байланысты болады.

Фикобилиндер — цианобактериялар мен кейбір балдырларда болатын қызыл және көк пигменттер. Зерттеулер қызыл балдырлар мен цианобактерияларда *a* хлорофилімен бірге фикобилиндер болатынын көрсетті. Хлорофилге қарағанда фикобилиндердің пирролды топтары ашық тізбек түрінде орналасқан.

Фикобилиндерде: *фикоцианин*, *фикоэритрин* және *аллофикоцианин* пигменттері болады. *Фикоэритрин* — бұл тотыққан фикоцианин. Қызыл балдырларда, негізінен, фикоэритрин болады, ал цианобакте-

рияларда — фикоцианин. Фикобилиндер нәруыздармен берік қосылыстар (фикобилин-протеидтер) түзеді. Фикобилиндер мен нәруыздар арасындағы байланыс тек қышқыл арқылы бұзылады. Пигменттің карбоксилді топтары нәруыздың аминтоптарымен байланысады деп есептеледі. Мембраналарда орналасқан хлорофилдер мен каротиноидтерге қарағанда, фикобилиндер тилакоидтердің мембраналарымен тығыз байланысқан ерекше грануларда (фикобилисомалар) шоғырланады.

Балдырларда фикобилиндердің болуы теңіз суының қалыңынан өтетін күн спектрін пайдалануға эволюция процесінде организмдердің бейімделгенін көрсетеді (хроматикалық бейімделу). Хлорофилдің негізгі сіңіру сызығына сәйкес келетін қызыл сәулелер судың тереңіне өтіп жұтылады. Ең тереңге жасыл сәулелер өтеді, оларды хлорофил емес, фикобилин жұтады.

Қағаздағы хроматография әдісін пайдалана отырып, пигменттерді зерттейді. Әдетте, спирт арқылы өсімдіктен бөлініп алынған пигменттерді ыдысқа орналастырады. Ерітіндіге арнайы хроматографиялық қағазды тігінен батырады. Еріткіш қағаз бойымен жоғары көтерілгенде пигменттер бөліне бастайды. R_f мәні хроматографияда қолданылатын еріткіш пен пигменттің табиғатына қарай, қоспалардың болуымен анықталып және мына формуламен есептеледі: $R_f = L_x/L_0$.

(L_0) мөре сызығы — еріткіштің жайылу қашықтығы.

(L_x) — пигменттің өткен қашықтығы (2.5-сурет).



2.5-сурет. Хроматография әдісі

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Фотосинтез пигменттеріне сипаттама беріңдер.
2. *a* және *b* хлорофилдерінің сіңіру спектрлерін сипаттаңдар.



1. Балдырлар мен фотосинтездейтін бактериялардың әр алуан пигментті құрамын түсіндіріңдер.
2. Хлорофилдің өсімдік жасушасында атқаратын қызметін дәлелдеңдер.



1. Хлорофилдің физикалық қасиеттерін талдаңдар.
2. *a* хлорофилінің құрылымдық формуласын жазыңдар.
3. Кестені дәптерге сызып, хлорофилдің химиялық және физикалық қасиеттерін жазып талдаңдар.

Хлорофилдің химиялық қасиеттері	Хлорофилдің физикалық қасиеттері



1. Фотосинтез үшін каротиноидтердің физиологиялық рөлін дәлелдендер.
2. Хлорофилл мен фикобилиндердің реттелуіндегі айырмашылықты негіздеңдер.



Балдырлар үшін фикобилиндердің рөлін дәлелдейтін тәжірибе жоспарын ұсыныңдар.

2.1-зертханалық жұмыс

"Әртүрлі өсімдік жасушаларында фотосинтездеуші пигменттердің болуын зерттеу"

Жоғары сатылы өсімдіктердің фотосинтез процесіне пигменттердің екі тобы қатысады: жасыл — а және b хлорофилдері; сары — каротиндер мен ксантофилдер. Біз пигменттерді бөліп алу әдісімен, Краус әдісі бойынша бөлумен танысамыз. Жұмыс жекелеген кезеңдерден тұрады, олар төменде көрсетілген реттілікпен орындалады.

Жұмыс мақсаты: әртүрлі өсімдік түрлеріндегі пигмент хлорофилдер және каротиноидтер құрамын салыстырыңдар.

1. Пигменттердің спирттік ерітіндісін алу.

Бұл мақсатта құрғақ жапырақты да, жаңа әзірленген өсімдік материалын да пайдалана аламыз. Құрғақ жапырақтармен жұмыс істегенде оларды пигменттерді экстракциялау алдында ылғалдап алу керек. Шикі материалмен жұмыс істегенде қазтамақ, бұршақ жапырақтары ыңғайлы.

Жұмыс барысы: 1—2 г қазтамақ жапырақтарын фарфор ыдысқа салып, аздап кварц құмын (өсімдік ұлпаларын жақсылап ұсақтау үшін) және бір себім бор ұнтағын (бейтарап немесе әлсіз сілтілі орта реакциясын жасау үшін) қосамыз. Жапырақтарды біркелкі масса болғанша үгітіп, оған 10—15 мл 96% -тік этанол қосамыз. Мұқият араластырғаннан кейін пайда болған гомогенатты (қоспаны) ақ лентасы бар қағаз сүзгі арқылы түтікке сүзіп құямыз. Сұйықтықты ыдыстан құйған кезде қабырғаға ағып кетпеу үшін шыны таяқшаны сыртынан вазелинмен майлап, ыдыстың ұшына тақап қою керек. Ыдысты бірнеше миллилитр этанолмен шайып, оны да сол сүзгіге құюға болады. Жұмыс сапалы сипатқа ие, сондықтан пигменттерді ерітіндіге толық көшіруге болмайды. Егер фильтраттың алғашқы порциялары лайланған болса, оларды сүзгіні ауыстырмастан қайта сүзіп алуға болады. Алынған жасыл түсті экстракт келесі тәжірибелер үшін жарамды болады.

2. Краус әдісі бойынша пигменттерді бөлу.

Әдіс пигменттердің спирт пен бензинде әртүрлі еруіне негізделген, олар құйған кезде араласпай, екі қабат түзеді: жоғарғы — бензин; төменгісі — спирт. а хлорофилінің эмпирикалық формуласы — $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, b хлорофилінің формуласы — $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. Хлорофилл дикарбонды қышқыл хлорофиллин мен екі спирт — метанол мен фитолдың күрделі эфирі. Фитол ұзын көмірсутекті тізбектен ($C_{20}H_{39}$) тұрады, ол хлорофилл молекуласының гидрофобтылығын анықтайды. Ол гидрофобты еріткіш — бензинде жақсы ериді.

Каротин де көмірсутек ($C_{40}H_{56}$) бола отырып, гидрофобты қасиеттерге ие және бензинмен көп ұқсас болып келеді.

Ксантофилдер — спирттер ($C_{40}H_{56}O_2$), сондықтан олар бензинге қарағанда, этанолда жақсы ериді.

Жұмыс барысы: шыны түтікке 2—3 мл пигменттердің спиртті қоспасын құйып, 3—4 мл "Калоша" бензинін (бензиннің орнына петролейлі эфир қосуға болады) қосу керек. Шыны түтікті шайқап, ішіндегісін тұндырады. Эмульсияның қабаттануы жүреді. Жоғарысында хлорофилдері бар бензин болады, ол қабат жасыл түске боялады. Каротин де бензинде

болады, бірақ оның сары түсі хлорофилмен бүркеленіп тұрады. Төменгі спиртті қабатта ксантофилл пигменті болады, ол қабаттың түсі сарыға боялады. Егер пигменттердің бөлінуі анық көрінбесе, шыны түтікке 1-2 тамшы су қосып, қайтадан жақсылап шайқап алу керек. Бірақ суды артық қосуға болмайды, онда ерітінді лайланып кетуі мүмкін.

Жұмыс нәтижесі: суретін салып алу керек.

Қорытындыда пигменттердің спирт пен бензинде әртүрлі еруін түсіндіру керек. Әртүрлі өсімдіктердегі пигменттердің бөлінуін сурет бойынша салыстырыңдар және қорытынды жасаңдар.

3. Қағаз хроматографиясын пайдалана отырып, пигменттерді бөліп алу. Спирт арқылы алынған пигмент ерітіндісін қолданамыз. Қағаз хроматографиясы үшін ерітіндінің 10—15 тамшысы жеткілікті. Қағаздың ені 1 см болатындай етіп кесіп аламыз. Келесі ұшын кішкене жіңішке болатындай кесеміз. Ерітіндіге батырылған қағаз кебе бастағанда, сол жерді қаламмен белгілейміз. Осы сызықтың ортасына пигмент сығындысының бірнеше тамшысын бірінен кейін бірін тамызамыз. Әрбір келесі тамшыны алдыңғы тамшы кептірілгеннен кейін ғана қолдануға болады және бастапқы тамызған тамшыны үлкейгенше бақылап отыру қажет. Сондықтан ерітіндіні қағазға тамызуға тамшуыр қолданамыз. Тамшыны бастапқыда жасыл түс пайда болғанша қолдану қажет. L 1 см батырылатындай етіп қағазды сынауыққа тіліп қоямыз. L-ерітіндіге (спиртке) капиллярлық күш арқылы еріткіш қағаз бойымен жоғарылайды және соның көмегімен бояғыштарда көтеріледі. Әрбірі қағазда әртүрлі жылдамдықпен шығады. Сары жасыл *b* хлорофилі өте баяу көтеріледі. Ең жылдамы — ксантофилл, одан да жылдамы көк жасыл *a* хлорофилл. Сары немесе қызғылт сары каротин еріткіштің алдыңғы жағымен көтеріледі. Еріткіш мәреге жеткен уақытта қағаз жолағын алып, бастапқы сызықтан бастап әр пигментке дейінгі қашықтықты өлшеп, кестеге алынған мәліметтерді енгізіңдер. Содан кейін барлық пигменттер үшін R_f мәнін есептеңдер.

Қорытынды: қағаз хроматографиясын пайдалана отырып, әр пигменттердің қашықтықтарын өлшеп, оның R_f мәнін өлшейміз.

Пигмент	L_0	L_s	R_f
Сары жасыл <i>b</i> хлорофилі			
Ксантофилл			
Көк жасыл <i>a</i> хлорофилі			
Каротин			

§8. ФОТОСИНТЕЗДІҢ ЖАРЫҚ КЕЗЕҢІ. ФОТОФОСФОРЛАНУ

Бұл сабақта:

- фотосинтездің жарық кезеңінде өтетін процестерді білетін боласыңдар;
- фотосинтездің жарық кезеңімен танысасыңдар;
- фотофосфорлану механизмін зерттейсіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- I және II фотожүйелердің жұмыс істеу механизмдерін;
- фосфорланудың негізгі жеті сатысын;
- фотосинтездің жарық фазасының сызбасын.

Кілт түсініктер:

жарық кезеңі, фотофосфорлану, фотожүйе, су фотолізі, кофермент

Жарық кезеңі өсімдік жапырақтарында күн сәулесі түскен кезде ғана жүзеге асады. Фотосинтездің жарық кезеңінің негізгі процестері тилакоидтердің мембраналарында жүзеге асады. Оған хлорофилл, электрондарды тасымалдаушы нәруыздар, АТФ-синтетаза (реакцияны жылдамдататын фермент) және күн сәулесі қатысады.

Реакция механизмінің сипаттамасы: күн сәулесі өсімдіктің жасыл жапырақтарына түскенде, олардың құрылысында хлорофиллдің теріс зарядталған электрондары қозып, активті күйге ауысады да, пигмент молекуласын тастап, мембранасы теріс зарядталған тилакоидтердің сыртқы жағына көшеді. Хлорофилл молекулалары тотығады және жапырақ құрамындағы судан электрондарын тартып алып тотықсызданады. Бұл процестің нәтижесінде су молекулалары ыдырап, фотолиз нәтижесінде түзілген су иондары өз электрондарын беріп, ОН радикалдарына айналады. Кейін осы реакцияға қабілетті ОН радикалдар бірлігіп, толыққанды су және оттег молекулаларын қалыптастырады. Бос оттег сыртқы ортаға бөлінеді.

Осындай реакциялар мен айналулар нәтижесінде, жапырақ тилакоиді мембранасының бір жағы оң зарядталады (H^+ ионы есебінен), екінші жағы — теріс зарядталады (электрондар есебінен). Осы зарядтар арасындағы айырым 200 Мв-дан асқанда, АТФ-синтетаза ферментінің арнайы каналдары арқылы өтеді және АДФ АТФ-қа айналады (фосфорлану процесі нәтижесінде). Судан босап шыққан сутек атомы арнайы тасымалдаушы НАДФ⁺-ты НАДФ·H₂-ге тотықсыздандырады. Фотосинтездің жарық кезеңінің нәтижесінде үш негізгі процесс жүзеге асады:

- АТФ синтезі;
- НАДФ · H₂-нің түзілуі;
- Бос оттектің түзілуі.

Оттег атмосфераға бөлінеді, ал НАДФ · H₂ пен АТФ фотосинтездің қараңғы кезеңіне қатысады. Күндіз өсімдіктер күн батареялары ретінде жұмыс істейді — күн сәулесі энергиясын жинақтайды:

- НАДФ — коферменті түзіледі.

Кофермент (коэнзим) — бұл биологиялық катализатор, себебі оның табиғаты тотығу-тотықсыздану процестерінің жүруін бағыттап, жылдамдататын нәруыз емес. Ол процестің келесі — қараңғы кезеңінде керек болады.

- Судың ыдырауы (фотолизі) жүзеге асады: $2H_2O = 4H^+ + 4e^- + O_2$.
Өсімдік оттекті бөліп шығарады.

Процесс барысында электрондар энергияларының бір бөлігін жоғалтады, бір бөлігі АТФ синтезі мен НАДФ түзілуіне жұмсалады. Осылайша күн энергиясы химиялық байланыстар энергиясына айналып, өрі қарай органикалық заттар түзу үшін қараңғы кезеңде пайдаланылады.

Фотосинтездің жарық кезеңін дайындық кезеңі деп атауға болады. Пигменттер, ферменттер мен коферменттер электрон тасымалдаушы тізбекті құрайды. Біреулері мембранада қозғалыссыз орналасады, біреулері электрондар мен протондарды тасымалдаушы ретінде қозғалады. Алайда фотосинтездің жарық кезеңіндегі реакциялары тек тилакоид мембранасында ғана жүзеге аспайды. Жарық фотондары су фотолизін іске қосады.

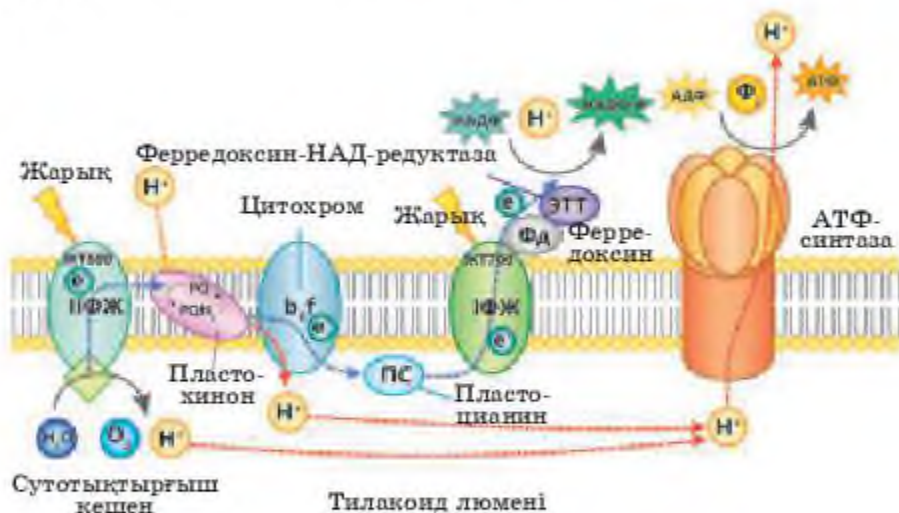
Фотолиз нәтижесінде су сутек протондарына (H^+), электрондарға (e^-) және оттегі атомына (O) ыдырайды. Оттегі атомдары жұптасып бірігіп, жасушадан молекулалық оттегі (O_2) түрінде бөлініп шығады.

Мұнда екі фотожүйе жұмыс істейді: I және II фотожүйе. Оның әрқайсысы күн энергиясын қабылдайды да, өздерінен қозған электрондар шығарады.

Фотожүйелерде электрон жетіспеушілігінен электрондық тесіктер пайда болады. Фотожүйелердің реакциялық орталықтарында хлорофилдер оң зарядталады. Жүйе қайта жұмыс істей алу үшін бұл тесіктерді сырттан келген электрондар ағынымен жабады.

Өсімдіктерде фотосинтездің жарық кезеңі былай ұйымдасқан: I фотожүйе тесіктерді II фотожүйеден тасымалданған электрондармен толтырады. Бірінші фотожүйеден шыққан электрондар, электрон тасымалдаушы тізбек арқылы НАДФ-ке жетеді. Бұл кофермент тотықсызданып, теріс зарядталады. Кейін сутек протондарын өзіне тартып $НАДФ \cdot H_2$ айналады. Осылайша су фотолизі протондар мен электрондар алу үшін қажет.

Фотосинтездің жарық кезеңінің қысқаша сызбасын қарастырайық (2.6-сурет).



2.6-сурет. Фотосинтездің жарық кезеңінің сызбасы

Су фотолизіне жарық энергиясынан бөлек, “сутотықтырғыш кешен” деп аталатын сызбада көрсетілген фермент қажет. Ол фотожүйе құрамында бар. Түзілген протондар люменде қалады, ал электрондар II фотожүйеге барады (ПФЖ). Электрондар ағыны көк нүкте сызықпен көрсетілген.

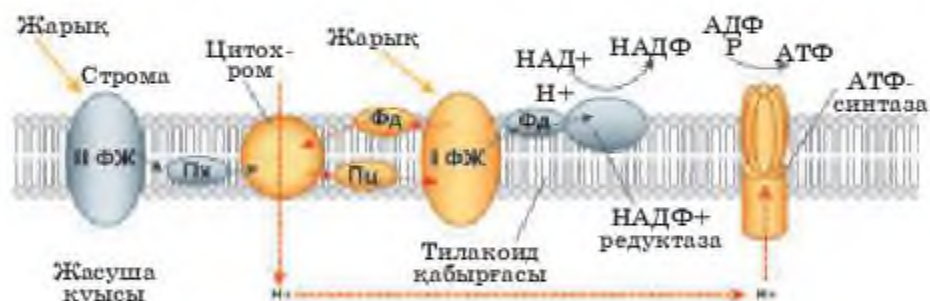
ЖТ680 және ЖТ700 сандары фотожүйеде жарық толқындарының ұзындығын білдіреді. Фотожүйелердің құрылысы күрделі. Электрондарды жіберетін реакциялық орталықтан басқа, оларда жарық жинақтайтын кешен болады.

ПФЖ-ден электрондар пластохинон коферментіне беріледі. Теріс зарядталып, олар стромалардан протондарды қосып алады. Протондар ағыны қызыл нүкте сызықпен көрсетілген. Пластохинон электрондар мен протондарды цитохром-b6f ферментативтік кешеніне тасымалдайды.

Люменде стромадан алынған және су фотолизі нәтижесінде түзілген протондардың есебінен АТФ-синтаза ферменті іске қосылу үшін қажет оң заряд жинақталады, оның каналдары арқылы протондар тилакоидті мембрананың сыртына бағытталады. Бұл энергияны АТФ-синтаза АДФ пен фосфор қышқылынан АТФ синтездеу үшін пайдаланады.

Пластоцианин электрондарды I ФЖ-ге тасымалдайды да, оны тотықсыздандырады. Осы жерден электрондар ферредоксінге беріледі. Ферредоксин НАДФ-редуктаза ферментінің әсерінен НАДФ-ты тотықсыздандырады. Бұл кезде де хлоропласт стромасында орналасқан протондар пайдаланылады.

Фотофосфорлану — жарық энергиясы есебінен АДФ-тен АТФ синтездеу процесі. Сонымен қатар фотофосфорлану — барлық фототрофты эукариоттар, бактериялар мен архейлерде болатын фотосинтездің өте ежелгі формасы. Фотофосфорлану процесі барысында АТФ синтезделеді (2.7-сурет).



2.7-сурет. Фотофосфорланудың қысқаша сызбасы

Фотофосфорланудың екі түрі бар — *циклсіз және циклді*.

Циклсіз фосфорлану — фотожүйенің екеуі де қатысатын күрделі процесс.

Циклсіз фотофосфорлануды 1957 жылы Д.Арнон ашты. Бұл реакция кезінде электрондар судан мембраналық және нәруыздық тасымалдаушылар арқылы НАДФ⁺-қа өтеді.

Ол жеті негізгі сатыдан тұрады.

1. ПФЖ-де су молекуласының фотолизі жүреді, түзілген электрондардың біреуі фотожүйенің реакциялық орталығы — хлорофилл а молекуласына түседі. ПФЖ жарық квантын жұтқанда, хлорофилл а молекуласы осы квант энергиясын алынған электронға береді, нәтижесінде ол энергияға бай — қозған күйге айналады.

2. Энергияға бай бұл электрон реакциялық орталықтан II фотожүйенің бірінші акцепторы — феофитинге тасымалданады.

3. Феофитиннен бастап электрон бір акцептордан екіншіге ауыса бастайды. Осы тасымалдау процесінде электрон біртіндеп АТФ синтезіне пайдаланылатын энергиясын жоғалтады.

4. Жинақталған барлық энергиясын берген электрон соңғы акцептор — платоцианиннен I фотожүйеге беріледі де, реакциялық орталық — хлорофилл а молекуласына түседі. ПФЖ жарық квантын жұтқанда, кванттың энергиясы электронға беріледі де, ол қайтадан қозған күйге көшеді.

5. Бұл электрон реакциялық орталықтан I фотожүйенің бірінші акцепторы — ферредоксинге беріледі.

6. Электрон екінші ЭТТ (фотосинтездің электронтасымалдаушы тізбегі) бойымен жүреді.

7. Соңында екінші рет бар энергиясын берген электрон соңғы акцептор — сутек тасымалдаушысы НАД немесе НАДФ молекуласына беріледі; оған протон жалғанып, осылайша тасымалдаушы молекуласына сутек атомы қосылады.

Осылайша циклсіз фосфорлану кезінде электрон су молекуласынан бірінші II фотожүйеге, одан I фотожүйеге және соңында — протонмен қосылып НАД немесе НАДФ-ке беріледі. Процесс барысында АТФ молекулалары түзіледі.

Циклдік фосфорлану — энергияның АТФ түрінде жинақталуының ең ежелгі процестерінің бірі. Фотофосфорланудың бұл жағдайында электрон I фотожүйемен беттескен электрондарды тасымалдаудың циклді тізбегімен қозғалады. Жасушада сутек бөлінбей АТФ синтезделетін механизм бар — ол циклдік фосфорлану.

Циклдік фосфорлану екі сатыда жүзеге асады:

1. Электрон I ФЖ реакциялық орталығына барады, жарық энергиясын алып қозады.

2. Екінші ЭТТ арқылы қозғалудың орнына электрон бірінші ЭТТ-ға секіріп, энергиясын беріп, қайтадан I ФЖ таралады.

Осылайша циклді фосфорлану кезінде бір электрон тоқтаусыз бір жолмен қозғалуы нәтижесінде АТФ синтезделеді. Соған сәйкес циклді фосфорлану нәтижесінде сутек түзілмейді. Циклді фосфорлану — фотосинтез үшін АТФ жеткіліксіздігі кезінде қажет қосымша жол.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Фотосинтездің жарық фазасына сипаттама беріңдер.
2. I және II фотожүйелердің жұмыс істеу механизмін сипаттаңдар.



1. Фотофосфорлану механизмін түсіндіріңдер.
2. Фотофосфорланудың негізгі кезеңдерінің тізбегін көрсетіңдер.



1. Электрондарды циклсіз (жай) тасымалдауды талдаңдар.
2. Фотофосфорланудың қысқаша сызбасын салыңдар.



1. Циклсіз және циклді фотофосфорланудың рөлін салыстырыңдар.
2. Фотосинтездің жарық фазасының негізгі электрон қабылдағыштарын атаңдар.



1. Көміртектің хлоропласт стромасындағы глюкоза молекуласында қосынды болуынан бастап оның шіріту бактериясын тұтынуы, нәруыз ретінде тіршілігін жойған организмдер қалдығын тұтынумен аяқтай келе көміртек атомының "саяхаты" сызбанұсқасын жасаңдар.
2. Оқу құралдарын және қосымша интернет желісіндегі ақпараттарды және ғылыми әдебиеттерді пайдаланып, "Фотосинтез" тақырыбына презентация дайындаңдар.

§ 9. ФОТОСИНТЕЗДІҢ ҚАРАҒҒЫ КЕЗЕҢІ. КАЛЬВИН ЦИКЛІ

Бұл сабақта:

- Фотосинтездің қараңғы кезеңінде өтетін процестермен танысасыңдар;
- фотосинтездің қараңғы кезеңімен танысасыңдар;
- Кальвин циклін оқисыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

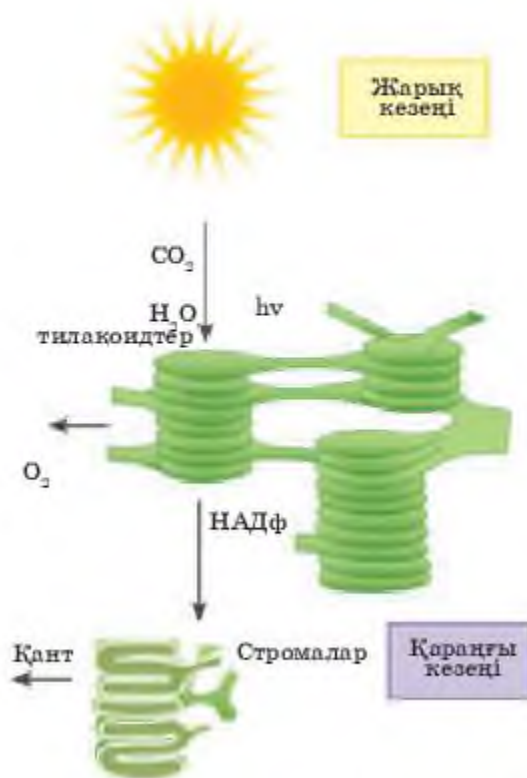
- фотосинтездің жалпы формуласын;
- CO_2 байланыстыруды;
- CO_2 -нің РДФ-ке қосылу сызбасын.

Кілт түсініктер:

қараңғы кезеңі, Кальвин циклі, фиксация, рибулосодифосфат, қант, CO_2 фосфоглицерин қышқылы

Фотосинтездің қараңғы кезеңі — бұл синтез кезеңі. Жарық кезеңі барысында алынған энергия CO_2 -нің глюкоза молекуласына дейін тотықсыздануына жұмсалады. Бұл процесс стромада жүзеге асады (2.8-сурет).

Фотосинтездің қараңғы кезеңінде және, жарық кезеңінде де көп энергия жұмсалады, алайда қараңғы кезең тез жүреді. Қараңғы кезеңінің реакциясына күн сәулесі керек емес.



2.8-сурет. Фотосинтездің жалпы сызбасы

Бірінші реакция — көмірқышқыл газының фиксациясы. CO_2 фиксациялау үшін Рибулосодифосфаткарбоксилаза ферменті қажет.

Әрі қарай *фосфоглицерин қышқылының глюкозаға (табиғи газ) түрленуін* қамтамасыз ететін толық цикл жүреді.

Бұл реакциялардың барлығына, фотосинтездің жарық кезеңінде түзілген АТФ және $\text{НАДФ} \cdot \text{H}_2$ энергиясы пайдаланылады. Фотосинтез нәтижесінде, глюкозадан басқа, өртүрлі аминқышқылдар, май қышқылдары, глицерин, нуклеотидтер түзіледі.

Фотосинтез процесі қараңғы кезеңі реакцияларында көмірсу түзілуімен аяқталады. Бұл реакциялардың жүруі үшін жарық кезеңінде жинақталған энергия мен заттар пайдаланылады: өсімдіктерде осы циклді ашқаны үшін 1961 жылы М. Кальвин Нобель сыйлығын алды.

Фазаның бірінші сатысы — үш атомды көміртек қосылыстарын алу болып табылады.

Кейбір өсімдіктер үшін бірінші саты — төрт атомды көміртек қосылыстарын түзу. Бұл



Мелвин Кальвин зертханада

жолды аустралиялық ғалымдар М. Хетчем мен С. Слэком ашты және оны C_2 — фотосинтез деп атады. C_2 — фотосинтез нәтижесінде де глюкоза мен басқа қанттар түзіледі.

CO_2 -ні байланыстыру. Жарық кезеңінде алынған АТФ энергиясы есебінен стромада, рибулозофосфат молекуласы іске қосылады. Ол жоғары реакциялық қосылыс — 5 көміртек атомынан тұратын рибулозодифосфатқа (РДФ) айналады.

Үш көміртек атомынан тұратын фосфоглицерин қышқылының (ФГҚ) екі молекуласы түзіледі. Келесі сатыда фосфоглицерин қышқылы АТФ-пен әрекеттесіп, дифосфоглицерин қышқылын түзеді. Дифосфоглицерин мен НАДФН өзара әрекеттесіп, фосфоглицерин альдегидіне (ФГА) дейін тотықсызданады.

Барлық реакциялар сәйкес ферменттер әсерімен жүзеге асады

ФГА фосфодиоксиацетонды түзеді.

Гексозаның түзілуі. Келесі сатыда фосфоглицерин альдегиді мен фосфодиоксиацетонның конденсациясының нәтижесінде 6 атомды көміртектен тұратын сахароза мен полисахаридтердің түзілуі үшін бастапқы материал болып табылатын фруктозодифосфат түзіледі.

Фруктозодифосфат фосфоглицерин альдегиді және қараңғы кезеңнің басқа да өнімдерімен өзара әрекеттесіп 4-, 5-, 6-, 7-атомды көміртек қанттарына бастама береді. Фотосинтездің тұрақты өнімі рибулозофосфат АТФ-пен байланысып, циклге қайта қосылады. Глюкоза молекуласын алу үшін қараңғы кезеңнің 6 циклінен өтуі керек (2.9-сурет).



2.9-сурет. Фотосинтездің қараңғы кезеңінің сызбасы

Көмірсулар — фотосинтездің негізгі өнімі, сонымен қатар Кальвин циклінің аралық өнімдері — аминқышқылдары, май қышқылдары, гликолипидтер.

Осылайша фотосинтездің қараңғы кезеңі өсімдік организмі үшін өте маңызды болып табылады. Бұл кезең барысында алынған заттар нәруыздар мен майлар биосинтезіне, тыныс алуда және басқа да жасушаішлік процестерде пайдаланылады.

Қараңғы кезеңнің белгілері: органикалық заттардың түзілуі, АТФ-тің АДФ-ке айналуы, энергияның шығарылуы, көмірқышқыл газының жұтылуы.

Кальвин циклінің маңызды заттары: рибулозодифосфат — CO_2 акцепторы, фруктозодифосфат — CO_2 -нің байланысқан көміртек атомынан тұратын бірінші алты атомдық көміртек.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Фотосинтездің қараңғы фазасын түсіндіріңдер.
2. Кальвин циклінің механизмін беріңдер.
3. Фотосинтездің қараңғы кезеңі қандай белгілермен сипатталатынын түсіндіріп беріңдер.



1. CO_2 -ні қосып алу процесін сипаттаңдар.
2. Гексозаның түзілуі жолдарын ұсыныңдар.



1. Фотосинтез фазаларын салыстыру кестесін талдаңдар.
2. CO_2 -нің РДФ-қа қосылуын қысқаша сызбамен көрсетіңдер.

Фотосинтез кезеңдерін салыстыру кестесін дәптерге сызып толтырыңдар.

Салыстыру критерийлері	Жарық кезеңі	Қараңғы кезеңі
Күн сәулесі		
Реакциялардың жүретін орны		
Энергия көзіне тәуелділігі		
Бастапқы заттар		
Кезеңнің мәні және не пайда болады?		



1. Кальвин циклінің рөлін талдаңдар.
2. Фотосинтездің қараңғы кезеңінің рөлін бағалаңдар.



Фотосинтездің қараңғы кезеңінің маңызын бағалаңдар.

§ 10. C_3 ЖӘНЕ C_4 ӨСІМДІК ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ АНАТОМИЯСЫ

Бұл сабақта:

- C_3 және C_4 өсімдіктердегі көміртекті тұту жолдарын оқып білесіңдер;
- C_3 өсімдігі жапырағының анатомиясымен танысасыңдар;
- C_4 өсімдігі жапырағының анатомиясын зерттейсіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- өткізгіш сәулелердің қандай жасушалардан тұратындығын;
- қандай жасушалар жапырақ паренхимасын құрайтындығын;
- C_3 және C_4 өсімдік жапырақтарының құрылысының айырмашылығын.

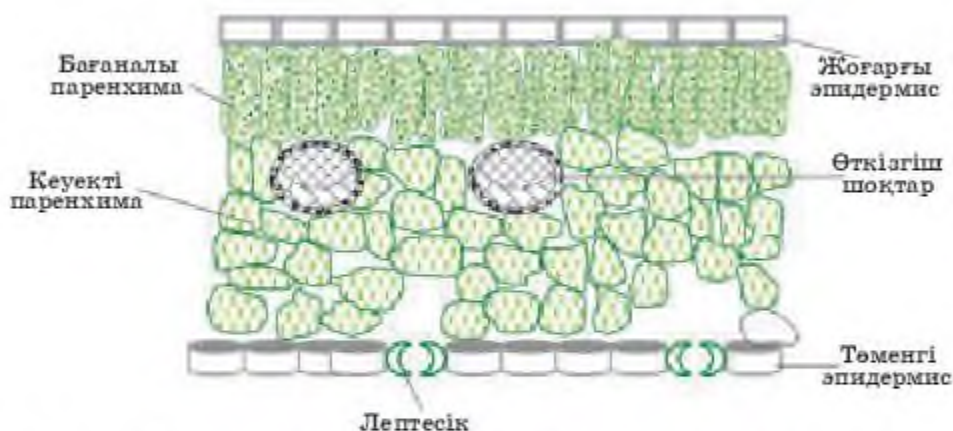
Кілт түсініктер:

жапырақ анатомиясы, Хэтч-Слэк жолы (C_4 -жолы), Кальвин циклінің жолы (C_3 -жолы), паренхима, ксилема, флоэма, строма, колленхима, стеренхима

Эволюция процесі барысында өсімдіктерде фотосинтез процесін қамтамасыз ететін арнайы құрылымдар қалыптасқан. Фотосинтез жүретін негізгі мүше — жапырақ. Бұл мүше күн сәулесі энергиясын жұтып оны органикалық заттар энергиясына айналдырып, өсімдіктерде автотрофты қоректену типін қалыптастырады.

Көмірқышқыл газын бекіту (фиксациялау) әдісіне қарай жапырақ пластинкасының құрылымында белгілі бір айырмашылықтар болады.

Көптеген мәдени өсімдіктерде көмірқышқыл газын бекіту Кальвин циклі жолымен (C_3 -жолымен) жүзеге асады (2.10-сурет).



2.10-сурет. Көмірқышқыл газын бекіту, C_3 -жолымен жүзеге асатын өсімдік жапырағының құрылысы

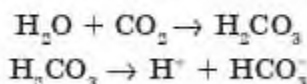
Фотосинтез процесінде жапырақ ұлпасының қызметі

Эпидермис өртүрлі пішінді тірі жасушалардан тұрады, жасуша қабырғасының құрылысында ерекшеліктері бар. Жапырақты қоршаған ортаның жағымсыз әсерінен қорғайды, жарық кванттарының ағындарын реттейді, эпидермисте орналасқан саңылаулар есебінен көмірқышқыл газының жұтылуы мен оттектің бөлінуін қамтамасыз етеді.

Жапырақ мезофилі екі жасуша типінен тұрады: бағаналы паренхима және кеуекті паренхима.

Бағаналы паренхима эпидермистің астында жарыққа қарап орналасады, хлоропластар көп, жарық кванттарын жұту процесінде және CO_2 ассимиляциясында маңызды қызмет атқарады.

Кеуекті паренхима жасушааралық кеңістікте жүретін химиялық реакциялар есебінен жапырақ мезофилінде CO_2 жиналуына қатысады:



HCO_3^- ионы — көмірқышқыл газының қоры.

Өткізгіш шоқтар ксилема, флоэма және механикалық ұлпалардан (склеренхима, колленхима) тұрады, жапырақ мезофилінде тармақталған күрделі жүйені құрайды.

Ксилема өлі жасушалардан тұрады. Басты жасушалары — лигниннен тұратын түтікшелі элементтер. Ксилема жапырақ ұлпаларының зат алмасу процестеріне қатысатын су мен минералды тұздарды тасымалдайды, бүйір қабырғаларына байланысты тірек және механикалық қызмет атқарады.

Флоэма сүзгі тәрізді түтікшелер мен паренхималық тірі жасушалардан тұрады.

Сүзгі тәрізді түтікшелер түзілуі процесі барысында ядро мен цитоплазманың көп бөлігін жоғалтады, олардың тіршілік әрекеті қызметін серік-жасушалар атқарады. Флоэма фотосинтез өнімдерін жапырақтан өсімдіктің басқа мүшелеріне тасымалдайды.

Механикалық ұлпа — склеренхималар мен колленхималар.

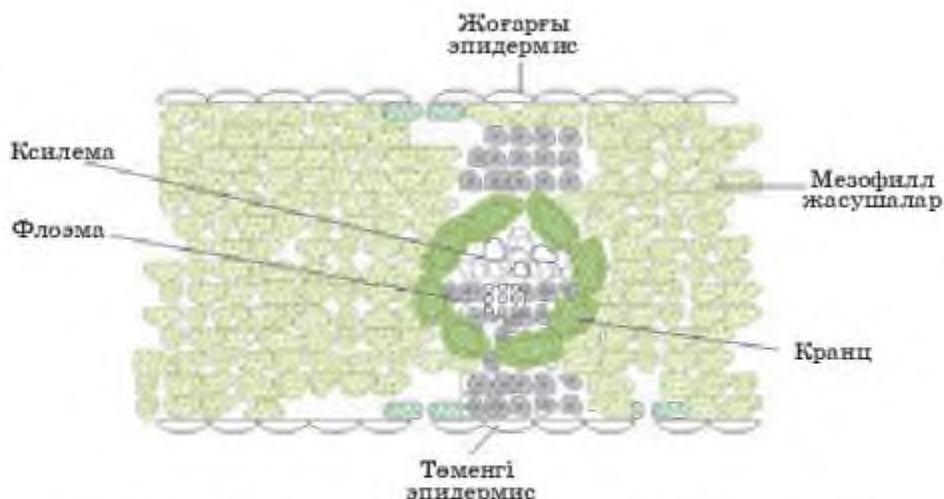
Колленхима — қабығы қалың, сопақша пішінді тірі жасушалар.

Склеренхима — лигниннен тұратын, пішіні ұзын талшық тәрізді өлі жасушалар. Жапырақтарда склеренхиманың жасушалары талшық түрінде созылып, шоқтар түзеді. Колленхима мен склеренхима жапырақтарға мықтылық қасиет береді және тірек қызметін атқарады.

C_4 -өсімдіктердің өткізгіш шоқтары жасушалардың екі қабатымен қоршалған — “кранц” (2.11, 2.12-суреттер).

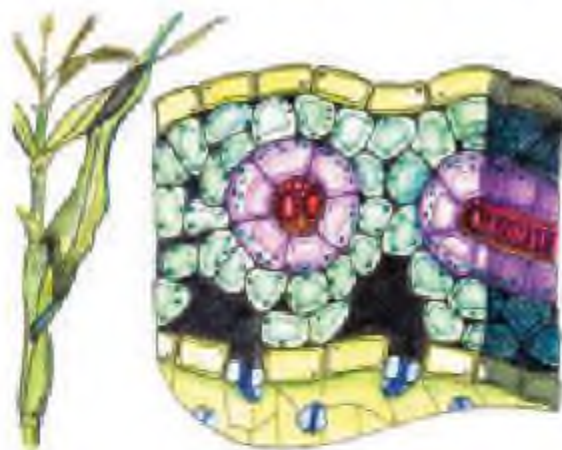
Бірінші қабат — жасушаларда ірі хлоропластар бар.

Хлоропластарда Кальвин циклінің ферменттері қызмет атқарады, бұл қабат крахмалдың жинақталуын қамтамасыз етеді.



2.11-сурет. Көмірқышқыл газын фиксациялау C_4 -жолымен жүзеге асатын өсімдік жапырағының құрылысы

Екінші қабат — жапырақ мезофилі жасушаларында кәдімгі хлоропластар болады. Хлоропластардың бұл түрі фотосинтездің жарық фазасын және көмірқышқыл газын фосфоенолпируваткарбоксилаза көмегімен фиксациялауды активті қамтамасыз етеді.



2.12-сурет. Кең таралған C_4 өсімдігі жүгері жапырағының калденең қимасы. Өткізгіш жасушалары — қызыл, астарлы жасушалар — күлгін, ал мезофилл жасушалары көгілдір түспен көрсетілген

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. C_4 өсімдігінің жапырақ құрылысын сипаттаңдар.
2. Жасушаның кранц қабаты қандай рөл атқаратынын түсіндіріңдер.



1. Фотосинтез процесіндегі жапырақ ұлпаларының қызметін сипаттаңдар.
2. CO_2 -ні фиксациялау өсімдіктерде C_4 -жолымен жүзеге асатынын анықтаңдар.



1. C_3 және C_4 өсімдіктерінің жапырақ ұлпасының айырмашылығын салыстырыңдар.
2. Неге жапырақта сүзгі тәрізді түтікшелер пайда болатынын түсіндіріңдер.



1. C_3 және C_4 өсімдіктерінің өткізгіш шоқтарының айырмашылығын салыстырыңдар.
2. Фотосинтездің тұрақты болуы үшін C_3 және C_4 өсімдіктерінің қайсысы суды көп мөлшерде қажет ететінін дәлелдеңдер.



Әртүрлі өсімдіктердегі мезинхималардың құрылымы мен құрылысы туралы презентация дайындаңдар.

§ 11. МЕЗОФИЛЛ ЖАСУШАЛАРЫНДА КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫН ФИКСАЦИЯЛАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ АКЦЕПТОРЛАРЫ

Бұл сабақта:

- көмірқышқыл газын мезофилл жасушаларында фиксациялаудың ерекшеліктерімен танысасыңдар;
- көмірқышқыл газы акцепторларын зерттейсіңдер;
- жапырақтағы көмірқышқыл газының диффузиясы ерекшеліктерімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- фотосинтездің C_4 -жолын (Хэтч-Слэк циклі);
- көмірқышқыл газының акцепторының регенерациясын;
- көмірқышқыл газының C_4 фиксациялау жолы бар өсімдік жапырағының құрылысын.

Кілт түсініктер:

Хэтч-Слэк жолы (C_4 -жолы), мезофилл, көміртек диоксиді, паренхима, ксилема, акцептор, регенерация

Жапырақтағы көмірқышқыл газының диффузиясының ерекшелігі. Лептесік жабылуы жапырақтың булануын (транспирация) төмендетеді. Су буы диффузиясының жылдамдығы, біріншіден, лептесіктердің көлеміне байланысты. Ал көмірқышқыл газы диффузиясы үшін — оның фотосинтез процесінде пайдалану интенсивтілігі маңызды. Осы қабілет өсімдіктердің жағымсыз жағдайларда (құрғақшылық кезінде) тірі қалуына көмектеседі. Саңылау диаметрінің 10 мкм-ден 3 мкм-ге төмендеуі транспирацияны 38%-ке төмендетеді, ал көмірқышқыл газының сіңірілуі 29%-ке төмендейді.

Фотосинтездің C_4 -жолы (Хэтч-Слэк циклі). C_4 -фотосинтез — бірінші өнімі төрт көміртекті (C_4) қосылыстар болып табылатын фотосинтез. 1965 жылы анықталғандай, кейбір өсімдіктерде (қант құрағы, жүгері, балжүгері, тары) фотосинтездің бірінші өнімі төрт көміртекті қышқылдар екен. Бұндай өсімдіктерді C_4 -өсімдіктері деп атайды. 1966 жылы аустралиялық ғалымдар Хэтч пен Слэк, C_4 -өсімдіктерде фототыныс алу болмайтынын және олар көмірқышқыл газын тиімдірек

сіндетінін көрсетті. Көміртектің C_4 -өсімдіктерде айналу жолын Хэтч-Слэк жолы деп атайды.

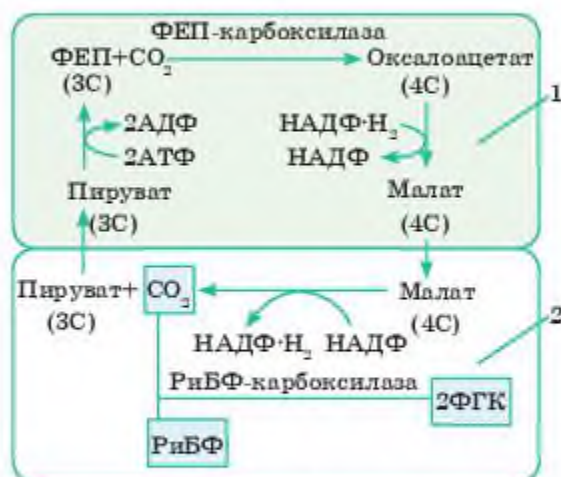
Хэтч-Слэк жолы көміртек диоксиді мен сутекті мезофилл жасушаларынан өткізгіш жасушаларға тасымалдауға арналған. Өткізгіш жасушалардан көміртек диоксиді шығарылып, фотосинтетикалық айналулардың қалыпты C_3 жолына түседі.

Көмірқышқыл газын мезофилл жасушаларына фиксациялау. Көмірқышқыл газы мезофилл жасушаларының цитоплазмасында орналасады. Бұл процестің механизмі келесі теңдеуде келтірілген: C_3 -өсімдіктерде көміртек диоксидінің акцепторы рибулозодифосфат (РИБФ) орнына фосфоенолпируват (ФЕП) болып табылады, ал C_4 -өсімдіктерде РИБФ-карбоксилаза ферменті орнына ФЕП-карбоксилаза ферменті қатысады.

ФЕП-карбоксилаза ферменті C_3 -өсімдік ферментіне қарағанда тиімдірек. Оның екі себебі бар: біріншіден, ФЕП-карбоксилаза көміртек диоксидімен туыс, ал, екіншіден, оның жұмысы оттектің бәсекелестік кедергісіне ұшырамайды. Түзілген қымыздық-сірке қышқылы өрі қарай малатқа, 4С-қышқылына айналады (2.13-сурет).

Малат жолы. Плазмодесма арқылы өтіп, малат жасушалардың хлоропластына түседі де, көміртек диоксидімен байланысып пируватқа (3С-қышқылына) айналады. Бұл кезде НАДФ тотықсыздануына пайдаланылатын оттегі бөлінеді.

Көмірқышқыл газы акцепторының регенерациясы. Пируват мезофилл жасушаларына қайта оралып, АТФ молекуласынан фосфат тобын өзіне қосып алып, фосфоенолпируват регенерациялайды. Бұл процесс үшін жоғары энергетикалық фосфатты байланыстың энергиясы жұмсалады.



2.13-сурет. C_4 -фотосинтез;

1 — мезофилл жасушасы; 2 — өткізгіш жасуша

Оксалоацетат (4С) малатқа айналады. Мұнда ол декарбоксилденіп және сусыздандырылып пируват CO_2 және НАДФ · H_2 түзіледі.

Зерттеулер фотосинтез процесі C_4 жолымен өтетін өсімдіктерде жасушалар мен хлоропластардың екі түрі болатындығын көрсетті:

- 1) жапырақтың мезофилл жасушаларында ұсақ гранальды пластидтер;
- 2) көбінесе түйіршіктері жоқ үлкен пластидтер тамырлы түйіндерді қоршап тұрған жасушаларда болады.

Қабықшалы жасуша жасушалық қабырғалары қалыңдатылған, көптеген хлоропластар мен митохондриялардан тұрады, тамырлы түйіндердің айналасында 1-немесе 2-қабатта орналасады. Анатомиялық құрылымның осы белгілерінің үйлесімі *кранц анатомиясы* деп аталады (kranz сөзінен — төж). Өртүрлі жасушалардағы хлоропластар тек құрылымдық ерекшеліктерімен ғана емес, сонымен қатар фосфорланудың өртүрлі типімен сипатталады.

Мезофилл жасушаларында циклсіз фосфорлану басым болады және НАДФН түзіледі, бұл астарлы жасушаларда жұмыс істейтін Кальвин циклі үшін қажет. Жапырақтың жасушалық хлоропластарында тек циклдік фосфорлану орын алады.

CO_2 жасушалардың хлоропластарына еніп, Кальвин цикліне енеді — РБФ-қа қосылады. Пируват мезофилл жасушаларына қайта оралып, бастапқы CO_2 — ФЕП акцепторына айналады.

Осылайша C_4 жолында карбоксилдену реакциясы екі рет жүреді. Бұл өсімдік жасушаларына көміртек қоймаларын құруға мүмкіндік береді. CO_2 акцепторлары (ФЕП және рибулозодифосфат) регенерациялайды, бұл циклдердің үздіксіз жұмыс жасауына мүмкіндік береді. Көмірқышқыл газын CO_2 -ні ФЕП қатысуымен фиксациялау және малат немесе аспартаттың пайда болуы C_2 жолын бойлай жұмыс жасайтын хлоропластарға көмірқышқыл газын жеткізудің өзіндік түрі болып табылады. Фотосинтездің бұл механизміне екі типті жасушалар мен хлоропластардың екі түрі қатысатындықтан, бұл жол *кооператив* деп те аталады (Ю.С. Карпилов, 1970). C_4 жолы эволюция процесінде қоршаған ортаның өзгеруіне бейімделу үшін пайда болды деген пікір айтылады. Фотосинтез кезінде атмосфера көмірқышқыл газына бай және оттекке кедей болды. Сондықтан Кальвин циклінің маңызды ферменті Rubisco (РБФ-карбоксилаза/ оксигеназа) тек көмірқышқыл газының жоғары концентрациясында жұмыс істей алады. Өсімдіктердің белсенді қызмет атқаруына байланысты атмосфераның құрамы өзгерді: көмірқышқыл газының құрамы күрт төмендеп, O_2 жоғарылады. Фотосинтездің қараңғы кезеңі реакцияларын жүзеге асыру өзгерген жағдайында бірқатар бейімделу белгілері пайда болды. Атап айтқанда, хлоропласт стромасы нәруыздарының жартысына жуығын құрайтын Rubisco ферментінің құрамы едәуір артты. Сонымен қатар кейбір өсімдіктер ФЕП-карбоксилазасын қолдана отырып, арнайы қосымша

көмірқышқыл газын байланыстырушы жолды ойлап тапты. C_4 өсімдіктерінің диффузиялық мезофилінің кедергісі C_4 өсімдіктерінде 3,5 есе аз және 0,3—0,8 см/с құрайды, ал C_3 өсімдіктерінде ол 2,8 см/с құрайды.

Бізде Қазақстан Республикасында академик Т.Б. Дарқанбаев өзінің ғалым әріптестерімен бидайдың көктемгі және күздік сорттарының фотосинтез ерекшеліктері мен биохимиясын зерттеді.

Фотосинтездің арқасында жыл сайын атмосферадан миллиардтаған тонна көмірқышқыл газы сіңіріліп, миллиардтаған тонна оттегі шығады; фотосинтез — органикалық заттардың негізгі көзі. Оттектен тұратын озон қабаты тірі организмдерді қысқа толқынды ультракүлгін сәулелерден қорғайды.

Фотосинтез кезінде жасыл жапырақ оған түсетін күн энергиясының тек 1%-ін пайдаланады, сағатына 1 м^2 бетіне шамамен 1 г органикалық затты құрайды.



Фотосинтез процесі жүруі үшін жасыл пластидтерге үздіксіз көмірқышқыл газы түсіп отыруы керек. CO_2 -ні тасымалдаушы — атмосфера. Атмосферадағы көмірқышқыл газының мөлшері 0,03%-ті құрайды. 1 г қант түзілуі үшін 2500 л ауада болатын 1,47 г көмірқышқыл газы қажет. Фотосинтезде пайдаланылатын көмірқышқыл газы тыныс алу мен шіру процестері кезінде қайта атмосфераға қайтады. Топырақ микроорганизмдерінің қызметі өте маңызды. Жапырақ көмірқышқыл газын жұтқанда осы газдың концентрация градиенті пайда болады, нәтижесінде көмірқышқыл газы өсімдіктің фотосинтездеуші мүшелеріне үздіксіз диффузияланады. Диффузия — молекулалардың тәртіпсіз қозғалысы нәтижесінде пайда болатын кездейсоқ процесс заттар концентрациясы көп ортадан аз ортаға қозғалады. Көмірқышқыл газы атмосфераның алыс қабаттарынан жақын айналадағы жапыраққа, әрі қарай жасушааралық кеңістікке, кейін жасушаға, содан хлоропластарға жетеді. Көмірқышқыл газы жапыраққа саңылау арқылы түседі. Газдың кейбір мөлшері тікелей кутикула арқылы өтеді. Соңғы жағдайында диффузиясы эпидермис жасушасы арқылы хлоропластарға өтеді. Саңылау арқылы өткенде көмірқышқыл газы жасушааралық кеңістік бойымен жапырақтың кез келген жеріне өте алады. Газ жасушааралық кеңістіктен жасушаға түсу үшін 1000 мкм арақашықтықты жеңу керек. Бұл арақашықтықты өту уақыты — 10—26 мкс. Бұл жағдайда сулы диффузды жол жасуша ішінде минималды, соған сәйкес кедергі аз болады. Көмірқышқыл газы жапырақ ішінде саңылаулар арқылы тез тасымалданады. Ұсақ қуыстар арқылы газдардың диффузиясы қуыстардың ауданына емес, диаметріне пропорционалды болады. Бұл шарт тек қана саңылаулар ашық болғанда орындалады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Мезофилл жасушаларында көмірқышқыл газының фиксациялау ерекшеліктерін түсіндіріңдер.
2. Фотосинтездің C_4 жолын (Хэтч-Слэк циклі) қалай түсінесіңдер?



1. Хэтч-Слэк цикліндегі ферменттерді атап және олардың рөлін дәлелдендер.
2. Фосфоэнолпируват қышқылының карбоксилдену реакциясын салыстырыңдар.



1. Жапырақтағы көмірқышқыл газының диффузиясының ерекшеліктерін анықтаңдар.
2. C_4 -өсімдіктердің құрылымын сызып көрсетіңдер.



1. Көмірқышқыл газы акцептордың рөлін бағалаңдар.
2. C_4 фотосинтезін және C_3 фотосинтезін талқылаңдар.



1. Жапырақтағы көмірқышқыл газының диффузиясының ерекшелігін талқылаңдар.
2. Фотосинтез процесі кезінде C_3 өсімдігінің CO_2 байланысуы туралы реферат жазыңдар.

2.2-зертханалық жұмыс

C_3 және C_4 өсімдіктер жапырақтарының мезофилін микропрепараттар арқылы зерттеу

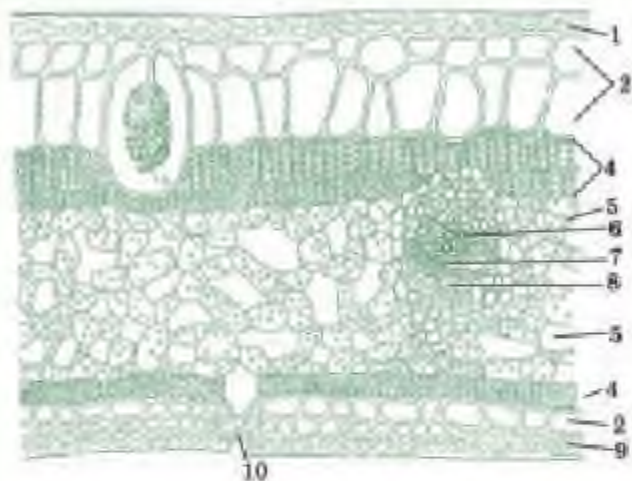
Жұмыстың мақсаты: C_3 және C_4 өсімдіктер жапырақтарының мезофил құрылымын салыстыру.

Материалдар. Фигус жапырағы (*Ficus elastica*), жүрегі (*Zea mays*); тұрақты микропрепараттар: "Кәдімгі қарағай жапырағының (*Pinus sylvestris*).

Жұмыс барысы

2-тапсырма. Фигус жапырағының көлденең қимасының микропрепаратын пайдаланып, мезофилдің изолатералды-бағаналы түрі бар жапырақтың құрылымын зерттеу (1-сурет).

Жұмыстың реттілігі. Фигус жапырағы — мәңгі жасыл өсімдіктердің бірі, олардың жапырақтары бірнеше жыл жұмыс істейді. Мұнда қорғаныс қабаты үш қабаттан тұрады. Сыртқы қабаты — эпидермис. Екінші және үшінші қабаттардың жасушалары эпидермистің жасушаларына қарағанда үлкен, қабырғалары жұқа, хлоропластар жоқ. Бұл екі ішкі қабат *гиподерма* деп аталады. Шамасы, олар жылу кванттарын кідіртетін және ассимиляциялық ұлпалардың қызып кетуіне жол бермейтін, сонымен қатар суды жинайтын сүзгі рөлін атқарады. Жапырақтың жоғарғы жағының мезофилімен шектесетін гиподерманың кейбір жасушаларында цистероидты түзілімдер — цистолиттер кездеседі.



1-сурет. Мезофилдің изолатералды-бағаналы түрі бар фикус жапырағының көлденең қимасының құрылысы:

- 1 — жоғарғы эпидерма, 2 — гиподерма, 3 — цистолит, 4 — бағаналы паренхима, 5 — кеуекті паренхима, 6 — ксилема, 7 — флоэма, 8 — склеренхима (6—8 — коллатералды шоқ), 9 — төменгі эпидерма, 10 — саңылау аппараты



2-сурет. Изолатеральды мезофилл — жүгері жапырағының құрылымы:

1 — жоғарғы эпидерма, 2 — қозғалтқыш жасушалар, 3 — мезофилл, 4 — өткізгіш шоқ,
5 — астарлы жасушалар, 6 — төменгі эпидерма

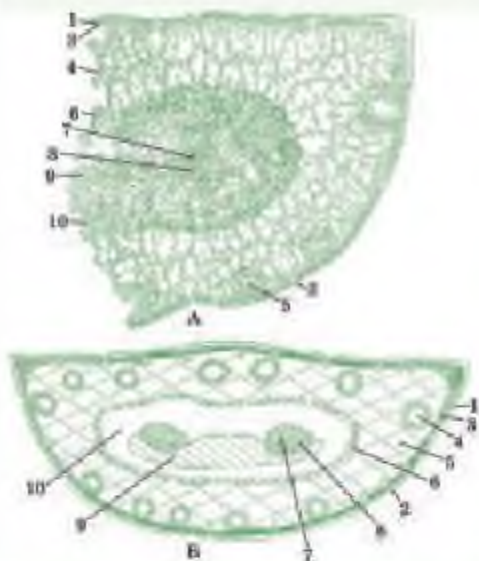
2-тапсырма. Жүгері жапырағының (*Zea mays*) көлденең қимасын микропрепаратында мезофилдің оқшауланған түрін, негізгі және кіші тамырлардың өткізгіш ұлпаларын қарастырыңдар (2-сурет).

Жұмыстың реттілігі. Ксилема мен флоэманың негізгі тамырға іргелес орналасуына сәйкес, жапырақтың жоғарғы және төменгі жақтарын морфологиялық тұрғыдан қараңдар. Кішкентай тамырда жасуша пластиналарына, өткізгіш шоқтарына, мезофилл жасушаларының орналасуына, жасушааралық кеңістікке назар аудару керек. Үлкейту кезінде эпидермистің кутикула, әсіресе төменгі жағында жуан қабық бар екенін көруге болады. Жоғарғы эпидермисте саңылау орналасқан.

Жоғарғы эпидермисті мұқият қараңдар. Мұнда қарапайым кішкентай жасушалардың ішінде 3—5 және одан үлкен жасушалар көрінеді. Бұл жасушалардың бүйір және ішкі қабырғалары жұқа, ал сыртқы жағы қалың, кутикуламен жабылған. Бұл — қозғалтқыш жасушалар. Тургор азайған кезде олар құлап кетеді, бұл жапырақтың түтікке бүктелуіне ықпал етеді. Содан кейін мезофилді қарастыруға көшіңдер. Ол біртекті паренхималық жасушалардан тұрады. Мұндай мезофилді бар жапырақтар *изолатеральды* деп аталады.

3-тапсырма. Қарағайдың көлденең қимасын (*Pinus sylvestris*) микропрепарат арқылы центрлік мезофилдің түрімен жапырақтың құрылымын зерттеу керек (3-сурет).

Жұмыстың реттілігі. Жапырақтың орталық бөлігінде эндодерманы қоршай екі өткізгіш шоқ орналасқан. Мезофилл шайырлы жолдармен өтеді.



3-сурет. Кәдімгі қарағай жапырақтарының құрылымы, центрлі типом мезофилл:

А — бөлшектері дәл сурет; Б — сұлбалық сурет. 1 — эпидерма, 2 — саңылау аппараты, 3 — гиподерма, 4 — бүктелген паренхима, 5 — шайыр жолы, 6 — эндодерма, 7 — ксилема, 8 — флоэма, 7—8 — өткізгіш, 9 — склеренхима, 10 — паренхима

§ 12. ФОТОСИНТЕЗ ЖЫЛДАМДЫҒЫНА ӘСЕР ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР. ФОТОСИНТЕЗДІҢ ШЕКТЕУШІ ФАКТОРЛАРЫ: ЖАРЫҚ ТОЛҚЫНЫНЫҢ ҰЗЫНДЫҒЫ МЕН ЖАРЫҚ ИНТЕНСИВТІЛІГІ, КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ, ТЕМПЕРАТУРА

Бұл сабақта:

- фотосинтездің шектеуші факторларын зерттеп, түсіндіре алатын боласыңдар;
- фотосинтез жылдамдығына әсер ететін факторлармен танысасыңдар;
- фотосинтезде күн энергиясын пайдалану коэффициенті механизмін оқып білесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- 1) жарықтың фотосинтезге әсерін;
- 2) жарыққа қатысты өсімдіктердің 3 экологиялық тобын;
- 3) температураның фотосинтезге әсер етуін

Кілт түсініктер:

Жарық кезеңі, қарқындылық, жарық толқынының ұзындығы, температура, ауа, көмірқышқыл газының концентрациясы

Процестің жылдамдығы, атап айтқанда, фотосинтез жылдамдығы, біріншіден, шектеуші фактордың өзгеруіне байланысты. Мысал ретінде жарықтың қарқындылығы мен көмірқышқыл газы мөлшері сияқты факторлардың өзара әрекеттесуін келтіруге болады. Неғұрлым көмірқышқыл газының мөлшері жоғары (белгілі бір шектерде) болған сайын, соғұрлым жоғарғы жарықтануда фотосинтез көрсеткіштері төмендей бастайды.

Табиғи жағдайда барлық факторлар бір-бірімен өзара әрекеттеседі, яғни бір фактордың әрекеті қалған факторлардың өзгеруіне байланысты. Жалпы түрде мұны былай тұжырымдауға болады: басқа факторлар өзгермей бір фактордың өзгеруімен процесс басталатын минималды деңгейден бастап процесс өзгеруін тоқтататын оптималды деңгейге дейін фотосинтезге әсер етеді (қисық сызба төмендей бастайды). Көптеген жағдайларда белгілі бір деңгейден кейін фактордың өзгеруінің жоғарылауы, тіпті процестің тежелуіне әкеледі. Алайда егер қандай да бір басқа факторды өзгертуді бастаса, онда бірінші фактордың өзгеруінің оптималды мәні өсу жағына қарай өзгереді. Басқаша айтқанда, платоға жету үшін барынша өзгеру керек болады.

Фотосинтез процесінің қарқындылығы келесі бірліктерде бейнеленуі мүмкін: 1 дм^2 жапырақтың 1 сағ ішінде ассимиляциясындағы көмірқышқыл газының миллиграммы; 1 дм^2 жапырақтан 1 сағ ішінде бөлінген оттегі миллилитрі; 1 дм^2 жапырақта 1 сағ ішінде жиналған құрғақ зат миллиграммы. Фотосинтез қарқындылығын анықтау әдістері

өте көп. Кез келген әдіспен алынған мәліметтерді интерпретациялау кезінде өсімдіктерде жарықта фотосинтез процесі жүріп қана қоймай, тыныс алатындығын да ескеру керек. Осыған байланысты қандай да бір әдіспен өлшеніп алынған барлық көрсеткіштер екі қарама-қарсы процестің нәтижесі немесе фотосинтез және тыныс алу процестерінің көрсеткіштері арасындағы айырмашылық болып табылады. Мысалы, көмірқышқыл газының бақыланатын мөлшерінің өзгерісі — бұл фотосинтез процесінде сіңірілген мөлшері және тыныс алу процесінде бөлінген мөлшерінің арасындағы айырмашылық. Фотосинтездің шынайы мөлшерін табу үшін барлық жағдайларда тыныс алу процесінің қарқындылығын ескеретін түзету енгізу қажет.

Жарықтың әсері. Фотосинтез үшін фотохимиялық реакцияларды қамтитын кез келген процесс сияқты, оның басталуын жүзеге асыратын жарықтандырудың төменгі шегінің болуы тән (1 м қашықтықта бір балауыз шамға жуық).

Осы нүктеден бастап фотосинтездің жарықтанудың қарқындылығына тәуелділігі логарифмдік қисық арқылы көрінуі мүмкін. Жарықтандыру қарқындылығын арттыру фотосинтездің прапорционал күшеюіне әкеледі (максималды әсер аймағы). Бұл жарықтану шеңберінде фотосинтез жылдамдығы жарықпен лимиттеледі. Одан өрі жарық қарқындылығы артқан кезде фотосинтез өсе береді, бірақ баяу (әлсіреген әсер аймағы) және ақырында, жарық қарқындылығы өседі, ал фотосинтез өзгермейді: жарықпен қанығу аймағы *плато* болып табылады.

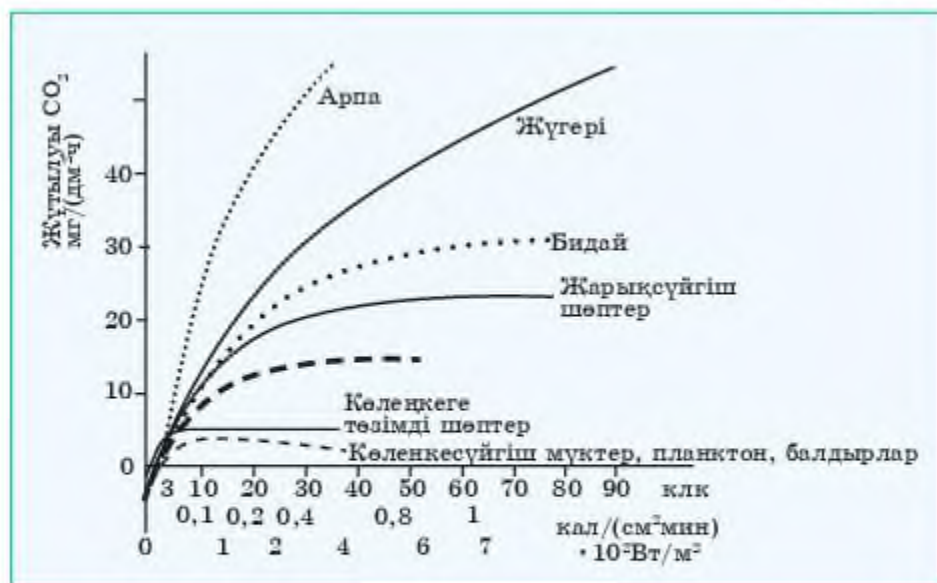
Фотосинтездің жарықтануға тәуелділігін бейнелейтін қисықтың бағытын өзгертуі де, платоға шығуы да келесі көрсеткіштерге байланысты болады:

- 1) басқа сыртқы факторлардың өзгеруіне;
- 2) өсімдіктердің түріне;
- 3) фотосинтездің қараңғы кезеңіндегі реакцияларының жылдамдығына (2.14-сурет).

В.Н. Любищенко барлық өсімдіктерді жарыққа қатысты 3 экологиялық топқа бөлді: *жарықсүйгіш, көлеңкеге төзімді, көлеңкесүйгіш*. Бұл топтар тек қана физиологиялық емес, анатомиялық белгілері бойынша да ажыратылады.

Жарықсүйгіш өсімдіктер — бұл ашық жерді мекендейтін өсімдіктер. Олар су тапшылығына сезімтал келеді, сондықтан ксероморфты құрылымға ие. Сонымен қатар жарықсүйгіш өсімдіктердің жапырақтары, сондай-ақ жапырақтардың жоғарғы қабаттары өте қалың және жақсы дамыған бағаналы паренхимамен сипатталады. Кейбір жағдайларда бағаналы паренхима тек жоғарғы жағынан ғана емес, беттің төменгі жағынан да орналасады.

Көлеңкеге төзімді өсімдіктердің жапырақтарының, әдетте, ірі хлоропластары бар, пигменттер саны көп және қатынасы сәл басқа



2.14-сурет. Жарықсүйгіш, көлеңкеге төзімді және көлеңкесүйгіш өсімдіктер үшін жарықтық қанығуы (платоға шығу)

болып келеді. Көлеңкеге төзімді өсімдіктердің жарық жинағыш кешенінің өлшемі үлкен болады. Мұндай өсімдіктердің хлоропластарында жарықсүйгіштерге қарағанда хлорофилл мен ксантофилл салыстырмалы түрде көп болып келеді. Пигменттер құрамы мөлшерінің бұл ерекшеліктері көлеңкеге төзімді өсімдіктердің жапырақтарына жарықтың аз мөлшерін, сондай-ақ жарықсүйгіш өсімдіктердің жапырақтары арқылы өтіп кеткен күн спектрінің аймақтарын сіңіруге және пайдалануға мүмкіндік береді.

Компенсациялық нүктенің жағдайы — ол өсімдіктердің жарықты көп немесе аз қабылдау кезінде өсу мүмкіндігін анықтайтын маңызды ерекшелік. Компенсациялық нүкте деп фотосинтез және тыныс алу процестері бір-бірімен теңесетін жарықтануды айтамыз. Басқаша айтқанда, бұл — өсімдіктің белгілі бір уақыт бірлігінде фотосинтез процесінде түзетін органикалық заты тыныс алу процесінде жұмсайтын органикалық заттың мөлшеріне тең болатын жарықтану. Әрине, жасыл өсімдіктің өсуі тек компенсациялық нүктесінен жоғары жарықтандыру кезінде ғана жүре алады. Тыныс алу қарқындылығы төмен болған сайын, компенсациялық нүкте соғұрлым төмен болады және өсімдіктер аз жарықта өседі.

Көлеңкеге төзімді өсімдіктер төменгі тыныс алу қарқындылығымен, сәйкесінше компенсациялық нүктемен сипатталады, бұл өсімдіктің төменгі жарықтануда өсуіне мүмкіндік береді. Компенсациялық нүкте температура жоғарылаған сайын айтарлықтай өседі, өйткені фотосинтезбен салыстырғанда температура жоғарылауы тыныс алу процесін

күшейтеді. Сондықтан төменгі жарықтану кезінде (мысалы, қыстыгүні оранжереяда) дұрыс температура қажет; бұл жағдайда температураның жоғарылауы өсімдіктердің өсу қарқынын төмендетуі мүмкін. Жүгері, тары, құмай сияқты бірқатар жарықсүйгіш өсімдіктерде фотосинтездің қарқындылығы үздіксіз өседі және жарықтық қанығуға (платоға шығу) ең жоғары жарықтану кезінде де жетпей қалады.

Күн сәулесінің толық жарықтануының 50%-тен жоғары көрсеткіші жарықсүйгіштігі төмен өсімдіктер үшін артық болады. Көлеңкеге төзімді, әсіресе көлеңкесүйгіш өсімдіктер үшін (мүктер, балдырлар) фотосинтез платосына шығу толық күндізгі жарықтың 0,5 — 1% кезінде де жүреді.



Соңында өсімдіктердің жарықты пайдалануы туралы сұрақты талқылай отырып, фотосинтез өнімдерінің соңғы шығуы жарық реакцияларының жылдамдығына емес, қараңғы реакциялардың жылдамдығына байланысты екенін атап өту қажет. Қазіргі уақытта, жарық бірқатар ферменттердің (Rubisco, АТФ-синтаза т.б.) жұмысына ынталандырушы әсер ететіні көрсетілді. Бұл ферменттердің жарықтың әсерінен активациясы тиолды топтары бар және тотығу-тотықсыздану айналуларына қабілетті арнайыланған нәруыз — тиоредоксиннің жұмысымен байланысты:



Хлоропластарда тиоредоксин ферредоксиннің тотықсызданған молекулаларынан электрондарды қабылдап алып, тотықсызданады. Тотықсызданған тиоредоксин тотығып, өз кезегінде электрондарын ферменттің молекуласына береді. Осылайша қараңғыдан жарыққа өткенде, хлоропластарда электрондар тасымалының тізбегі жұмыс істей бастағанда ферредоксиннің тотықсызданған молекулалары түзіледі, Rubisco активациясы жүреді: ферредоксин — тиоредоксин — Rubisco. Алайда, негізінен, жарықтандыру қарқындылығы ұлғаюымен жарықтық реакциялардың жылдамдығы өседі және қараңғы реакциялар оларға ілесіп үлгермейді. Осыған байланысты C_4 жолында қараңғы реакциялары жоғары жарықтануда тезірек жүреді және жарық кезеңінің өнімдерін пайдалануы, демек, фотосинтездің жалпы қарқындылығы аз шектеледі. Мүмкін бұл Rubisco-мен салыстырғанда ФЕП-карбоксилаза ферментінің белсенділігі жарық көмегімен күрт ынталандырылуымен байланысты болар.

Фотосинтезде күн энергиясын пайдалану коэффициенті. Пайдалы коэффициенті (ПӘК) өсімдіктердің күн радиациясын тиімді пайдалануының көрсеткіші болып табылады. ПӘК — бұл фотосинтез өнімдерінде немесе өнімнің түзілген фитосалмағында жиналған энергия мөлшерінің сіңірілген радиацияға қатынасы. ФБР (фотосинтездік белсенді радиация) дегеніміз — жасыл жапырақ пигменттерімен жұтылған күн спектрінің аймағы (380—740 нм). ПӘК өсімдіктерге түсетін, не болмаса, жұтылатын фотосинтездік белсенді радиацияға қатысты көрсетіледі. Егер Жер ғаламшарын тұтастай қарастыратын болсақ, онда оған түсетін ФБР-дің ПӘК-і шамамен 0,2% -ті құрайды. Демек, табиғи жағдайларда ПӘК өте аз болады. Өртүрлі өсімдіктер үшін және өсірудің өртүрлі жағдайларында жұтылған ФБР-дің ПӘК-і келесі шамаларды көрсетеді: жүгері 2,5—5,7, тары 2,6—4,0, күріш 2,5—4,4, күздік бидай 1,1—6,3 (ХТ. Туминг).

Күн энергиясын пайдаланудың ПӘЖ-ін көтеру мәселесі физиологияның, сондай-ақ ауылшаруашылық өсімдіктерінің селекциясында маңызды мәселелердің бірі болып табылады.

Фотосинтез процесінің қарқындылығына температураның әсері. Температураның фотосинтезге әсері жарықтың түсу қарқындылығына байланысты болады. Жарықтану төмен болған жағдайда фотосинтездің қарқындылығы температураға байланысты болмайды ($Q_{10} = 1$). Демек, жарықтанудың төменгі деңгейінде кезінде, 15° және 25°C кезінде фотосинтез бірдей жылдамдықпен жүреді. Бұл жарықтану төмен болғанда фотосинтез қарқындылығы жарық кезеңі реакциялары жылдамдығымен лимиттелуімен байланысты. Керісінше, жарықтану жоғары болғанда фотосинтез жылдамдығы қараңғы кезеңі реакцияларының жүруімен анықталады. Бұл жағдайда температураның әсері өте анық байқалады және Q_{10} температуралық коэффициент шамамен екі болуы мүмкін. Мәселен, күнбағыс үшін температураның $9\text{—}19^{\circ}\text{C}$ аралығында жоғарылауы фотосинтездің қарқындылығын 2,5 есеге арттырады.

Фотосинтез процестерін жүзеге асыру мүмкін болатын температуралық шектеулер әртүрлі өсімдіктер үшін әртүрлі. Температураның төмендеуі фотосинтездің қараңғы кезеңі реакцияларына қатысатын ферменттердің белсенділігін азайтып, фотосинтезге тікелей әсер етеді және органеллалардың зақымдануының арқасында жанама да әсер етеді. Ортаңғы белдеу өсімдіктерінің фотосинтезі үшін ең төменгі температура 0°C , ал тропикалық өсімдіктер үшін $5\text{—}10^{\circ}\text{C}$.

Фотосинтез процесінің қарқындылығына ауадағы көмірқышқыл газы мөлшерінің әсері. Фотосинтез процесі үшін көміртек көзі көмірқышқыл газы болып табылады. Көмірқышқыл газын көміртектің монооксидімен (CO) ауыстыру әрекеттері сәтті болмады. Негізінен, фотосинтез процесінде атмосферадағы көмірқышқыл газы қолданылады. Рас, көмірқышқыл газы ішінара өсімдіктерге тамыр жүйесі арқылы топырақтан түсуі мүмкін деген деректер бар (А. Л. Курсанов). Алайда бұл дереккөз салыстырмалы түрде үлкен маңызға ие емес. Ауадағы көмірқышқыл газы мөлшері тек $0,03\%$ -ті құрайды. Әртүрлі өсімдіктер көмірқышқыл газының бірдей концентрациясын әртүрлі пайдаланады. Фотосинтезі C_4 -жолмен жүретін өсімдіктер (жүгері, тары, құмай және т.б.) ФЕП-карбоксилаза ферментінің жоғары белсенділігінің арқасында көмірқышқыл газын байланыстыруға анағұрлым қабілетті. Фотосинтез процесі жүзеге асу үшін C_3 өсімдіктер үшін көмірқышқыл газының мөлшері $0,005\%$ -тен кем емес, ал C_4 — $0,0005\%$ -тен кем емес болуы керек. Көмірқышқыл газы мөлшерінің $1,5\%$ -ке дейін артуы дәнді дақылдардағы фотосинтез қарқындылығының тікелей пропорционалды өсуіне әкеледі. Басқа өсімдіктер үшін фотосинтез қарқындылығы $0,1\%$ -ке дейін өседі. Көмірқышқыл газы мөлшері $15\text{—}20\%$ -ке дейін

артқан кезде фотосинтез процесі платоға шығады, содан кейін фотосинтез тоқырауы басталады. Көмірқышқыл газы концентрациясының жоғарылауына сезімтал өсімдіктер бар, онда оларда фотосинтездің тежелуі көмірқышқыл газы мөлшері 1%-ке тең кезінде-ақ пайда болады.

Фотосинтез процесінің қарқындылығына сумен жабдықтаудың әсері.

Су фотосинтез процесінің тікелей қатысушысы болып табылады. Алайда көмірсулардың түзілуі үшін қажетті су мөлшері жасушаны тургор жағдайында ұстап тұру үшін қажетті судың жалпы мөлшерімен салыстырғанда өте аз болып келеді. Сонымен қатар жапырақ жасушаларының сумен толық қанығуы кезінде фотосинтез процесі төмендейді. Бұл мезофилл жасушаларының толық қанығуында ішінара тұйықтаушы саңылау жасушалары қысылып қалғаны соншалық, ол саңылаулардың тесіктері ашыла алмай қалуымен (гидропассивті қозғалыстар) байланысты болуы мүмкін.

Оттек фотосинтез процесінің өнімдерінің бірі екеніне қарамастан, толық анаэробия жағдайында фотосинтез процесі тоқтайды. Анаэробияның әсері жанама, тыныс алу процесінің тежелуімен және толық емес тотығу өнімдерінің, атап айтқанда, органикалық қышқылдардың жиналуымен байланысты болады, осыған байланысты рН мәні күрт төмендейді. Оттек концентрациясының жоғарылауы (25%-ке дейін) фотосинтезді тежейді (Варбург әсері). Оттектің жоғары концентрациясының фотосинтезге тежеуші әсері, әсіресе жарық қарқындылығы жоғары кезде айқын көрінеді.

Әрине, минералды қоректендірудің кез келген элементін алып тастау фотосинтездің қарқындылығына әсер етеді. Алайда бірқатар элементтер маңызды рөл атқарады. Фотосинтез процесі үшін фосфордың маңызы өте зор. Фотосинтездің барлық кезеңдеріне фосфорилденген қосылыстар қатысады. Жарық энергиясы фосфор байланыстарында шоғырланады. Фосфор жеткіліксіздігі кезінде фотосинтездің фотохимиялық және қараңғылық реакциялары бұзылады. Фотофосфорлану процестері магнийдің міндетті түрде қатысуын талап етеді. Калий жетіспеушілігі кезінде фотосинтездің қарқындылығы қысқа уақыт аралықтары сайын төмендеп отыратыны туралы мәліметтер бар.

Фотосинтездің қарқындылығы хлорофилл мөлшерінің ұлғаюымен байланысты өседі. Алайда осы екі көрсеткіш арасында тура пропорционалдық жоқ. Жапырақтардың жасы одан әрі ұлғайған сайын (қартаю процесі) фотосинтездің қарқындылығы төмендейді. Фотосинтездің қарқындылығына бүкіл өсімдіктің жасы әсер етеді. Біржылдық өсімдіктердің көпшілігінде фотосинтездің қарқындылығы онтогенез процесінде жоғарылайды және бүршіктену, гүлдену кезеңдерінде максимумға жетеді. Гүлденуден кейін жапырақтардағы фотосинтез қарқындылығы төмендейді.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Фотосинтез процесінің қарқындылығына жапырақ жасының қалай әсер ететінін айтыңдар.
2. Фотосинтезде күн энергиясының пайдалану коэффициентін талқылаңдар.



1. Фотосинтез процесінің қарқындылығына хлорофилл мөлшерінің әсерін түсіндіріңдер.
2. Фотосинтез процесінің қарқындылығына қандай фактор әсер етеді.



1. Фотосинтезде күн энергиясының пайдалану коэффициентін талдаңдар.
2. Фотосинтездің жарық кезеңінде жарықсүйгіш, көлеңкеге төзімді және көлеңкесүйгіш өсімдіктердің жарыққа қанығу (платоға шығу) сызбасын бейнелеңдер.



1. Фотосинтез процесінің қарқындылығына минералды қоректенудің әсерін бағалаңдар.
2. Фотосинтез процесінің интенсивтілігін өзгертетін факторларды атаңдар.



"Қазақстанда егіншілікке шектеуші факторлардың әсері" тақырыбында әдебиет көздерін және интернет деректерін пайдаланып, шектеуші факторлардың дәлелдемелерімен реферат жазыңдар.

Адамзат үшін атмосферадағы көмірқышқыл газы мөлшерінің артуы маңызды ма, әлде атмосферада оның мөлшерін сақтау маңызды ма? Пікірталас ұйымдастырыңдар. Фотосинтездің жарық кезеңінің жарықсүйгіш, көлеңкеге төзімді және көлеңкесүйгіш өсімдіктерінің жарыққа қанығу сызбасын салыңдар.

2.3-зертханалық жұмыс

Шектеуші факторлардың фотосинтездің интенсивтілігіне әсерін зерттеу

Зерттеу нысаны: бөлме өсімдіктері.

Жұмыс мақсаты: әртүрлі факторлардың фотосинтез жылдамдығына әсері.

Фотосинтез процесінің жылдамдығы жарықтану қарқындылығына да, температураға да байланысты болады. Фотосинтездің лимиттеуші факторларына, сондай-ақ фотосинтездеуші аппаратты құруға қатысатын және органикалық заттар фотосинтезі үшін бастапқы компоненттер болып табылатын көміртек диоксидінің концентрациясы, су, минералды қоректену элементтері жатады.

1. Фотосинтездің жарықтану қарқындылығына тәуелділігі.

Мақсаты: фотосинтездің жарықтану қарқындылығына тәуелділігін анықтау.

Тәжірибенің әдістемесі. Тәжірибеге дайындап қойған қазтамақтың жапырақтарын: біреуін толық қараңғылыққа; екіншісін шашыраңқы күндізгі жарыққа; үшіншісін күшті жарық жерге қоясыз. Көрсетілген уақыт өткен соң, жапырақтарда крахмалдың болуын анықтайсыңдар. Фотосинтездің жылдамдығына жарықтану қарқындылығының әсері туралы қорытынды жасаңдар.

Жұмыс барысы: қазтамақты молырақ суарыңдар, жылы, қараңғы жерге (шкафқа немесе жәшікке) қойыңдар. Үш тәулік өткен соң, крахмалсыз жапырақтарды тексеріңдер. Ол үшін қарайған жапырақтан кесіп алып, суы бар (2-3 мл) шыны түтікке салып, жасушаларды өлтіріп, цитоплазманың өткізгіштігін арттыру үшін 3 мин қайнатыңдар. Содан соң суын төгіп, әр 1-2 мин сайын ерітіндіні ауыстырып, жапырақ ұлпасының тілімі ағарғанша этилді спиртте (2-3 мл) бірнеше рет қайнатыңдар. Спирттің соңғы порциясын төгіп тастаңдар, жапырақ ұлпасы жұмсару үшін аздап су қосыңдар (спиртте олар нәзік болып қалады), ұлпа тілімін Петри ыдысына салып, йод ерітіндісімен өңдеңдер. Толық крахмалсызданғанда

көк бояу жоқ болады. Крахмалдан айырылған жапырақтарды өсімдіктен кесіп алып тастау керек, кесіндіні су астына қойып, өскінді суы бар шыны түтікке түсіреді. Тәжірибеге дайындап қойған қазтамақтың жапырақтарын: біреуін толық қараңғылыққа; екіншісін шашыраңқы күндізгі жарыққа; үшіншісін күшті жарық жерге қойыңдар. Бір сағат өткен соң әр нұсқаның жапырақтарынан бірдей пішіндегі ұлпаның үш тілімін кесіп алыңдар да, крахмалсыздану толықтығына тексеру кезіндегідей өңдеңдер.

Нәтиже. Жапырақтың қараңғыда көк түске боялу дәрежесі — 0 балл, шашыраңқы жарықта — 1 балл, күшті жарықта — 3 балл.

Қорытынды. Жарықтану қарқындылығы артқанда фотосинтездің жылдамдығы өседі.

2. Фотосинтез қарқындылығының температураға тәуелділігі.

Мақсаты. Фотосинтездің температураға тәуелділігін анықтау.

Тәжірибе әдістемесі. Тәжірибеге дайындап қойған қазтамақты күшті жарық көзінен бірдей қашықтыққа қоясыңдар: біреуін суыққа (терезе жиіктерінің арасына); екіншісін бөлме температурасына. Көрсетілген уақыт өткен соң, жапырақтарда крахмалдың болуын анықтайсыңдар.

Температураның фотосинтез қарқындылығына әсері туралы қорытынды жасаңдар.

Жұмыс барысы. Крахмалсыз жапырақтарды шамнан бірдей қашықтыққа қоясыңдар: біреуін суыққа (терезе жиіктерінің арасына); екіншісін бөлме температурасына.

1 сағ өткен соң әр нұсқаның жапырақтарынан бірдей пішіндегі ұлпаның үш тілімін кесіп алыңдар да, крахмалсыздану толықтығына тексеру кезінде көз жеткізіңдер.

Нәтиже. Жапырақтың суықта көк түске боялу дәрежесі — 1 балл, бөлме температурасында — 3 балл.

Қорытынды. Температура жоғарылағанда фотосинтездің жылдамдығы өседі.

Жұмыс барысы. Жұмысқа дайындалған қазтамақ жапырақтарын суы бар ыдысқа салыңдар, ал ыдысты шыны қалпақша астындағы шыны бөлігіне. Ол жерге 2 г сода салып, 5 мл 10%-тік тұз қышқылы қосылған кішкене ыдысты да қойыңдар. Шыны әйнек пен қалпақшаның түйіскен жерлеріне ермексас жағып тастаңдар. Басқа жапырақты сыныпта қалдырыңдар. Және екі жапырақтың да жарықтануы мен температурасы бірдей болатын болсын.

Нәтиже. Жапырақтың көк түске боялу дәрежесі сыныпта — 2 балл, қалпақша астында — 3 балл.

Қорытынды. Температура жоғарылағанда фотосинтездің жылдамдығы өседі.

§ 13. ХЕМОСИНТЕЗ. ХЕМОСИНТЕЗ БЕН ФОТОСИНТЕЗ ПРОЦЕСТЕРІН САЛЫСТЫРУ

Бұл сабақта:

- фотосинтез және хемосинтез процестерінің ерекшеліктерін салыстырып үйренесіңдер;
- хемосинтездің ашылу тарихымен танысасыңдар;
- табиғаттағы хемосинтездің маңызымен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- хемосинтездің бірегейлігін;
- табиғатта қандай организмдерде хемосинтез процесі жүретінін;
- қандай бактериялар темір бактерияларына жататындығын.

Кілт түсініктер:

хемосинтез тотығу, жарық толқынының ұзындығы, көмірқышқыл газының концентрациясы, органикалық қосылыстар



2.15-сурет. Хемосинтездің бірегейлігі

Биологияда хемосинтез процесі — бірегей құбылыс, өйткені бактериялардың бейорганикалық қосылыстарды тотықтыру есебінен көмірқышқыл газын (CO_2) сіңіруге негізделген ерекше қоректену типі (2.15-сурет). Ең қызығы, ғалымдардың ойынша, хемосинтез автотрофты қоректенудің (организм бейорганикалық заттардан органикалық заттарды өздері түзеді) ежелгі типі, ол фотосинтезден ерте пайда болуы мүмкін деген тұжырым бар.

Хемосинтездің ашылу тарихы. Биологиялық құбылыс ретінде хемосинтез процесін 1888 жылы Ресей биологі С.Н. Виноградский ашты. Ғалым кейбір бактериялардың химиялық энергияны пайдаланып, көмірсулар бөле алу қабілетін дәлелдеді. Ол хемосинтездеуші бактериялардың ерекше түрлерін анықтады, соның ішіндегі танымалылары — күкірт бактериялары, темір бактериялары және азоттандырушы бактериялар.

Хемосинтез және фотосинтез: ұқсастығы мен айырмашылығы. Хемосинтез де, фотосинтез де бейорганикалық заттардан органикалық заттар түзетін автотрофты қоректену типіне жатады. Бұндай реакцияның энергиясы аденозинтрифосфорлы қышқыл (АТФ) түрінде жинақталады және кейін органикалық заттарды синтездеу кезінде пайдаланылады.

Айырмашылығы. Олардың энергия көздері де, тотығу-тотықсыздану процестері де әртүрлі. Хемосинтезде біріншілік энергия көзі — күн сәулесі. Хемосинтез бактериялар мен архейлерге ғана тән. Хемосинтез процесінде бактерия жасушаларында хлорофилл болмайды, фотосинтез процесінде керісінше — болады.

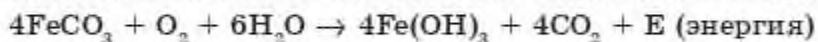
Хемосинтез процесінде органикалық зат синтездеуде көмірсу көзі тек қана көмірқышқыл газы ғана емес, сонымен қатар көміртекті тотығы (CO), құмырсқа қышқылы, сірке қышқылы, метанол және карбонаттар.

Хемосинтез энергиясы. Хемосинтетик бактериялар өз энергияларын сутек, марганец, темір, күкірт, аммиакты тотықтыру арқылы алады. Жоғарыда айтылған бактериялардың атауы тотығатын субстратқа байланысты қойылған: темір бактериялары, күкірт бактериялары, азоттандырушы бактериялар және т.б.

Хемосинтездің табиғаттағы маңызы. Хемотрофтар — энергияны хемосинтез арқылы алатын организмдер, азот айналымында маңызды рөл атқарады, топырақ құнарлылығын тұрақты ұстап тұрады. Хемосинтетик-бактериялардың қызметі арқасында табиғи жағдайларда кендер мен селитраның қоры жиналуда.

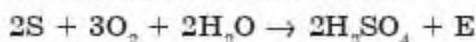
Хемосинтез реакциясы. Олар хемосинтетик-бактерияларға байланысты өзгешеленеді.

Темір бактериялары. Оларға жіпше бактериялары және темір тотықтыратын лептотрихстер, сферотиллюстар, галлионеллалар, металлогениумдар жатады. Олар тұщы және теңіз суқоймаларында мекен етеді. Хемосинтез реакциясының арқасында екі валентті темірдің үш валентті темірге тотығуы жолымен темір кендерінің жинақталуы жүреді.



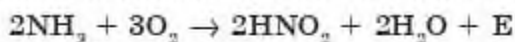
Энергиядан бөлек бұл реакцияда көмірқышқыл газы түзіледі. Темір тотықтырушы бактериялардан басқа марганец тотықтырушы бактериялар да бар.

Күкірт бактериялары. Оларды басқаша *тиобактериялар* деп атайды, микроорганизмдердің үлкен тобын құрайды. Бұл бактериялар энергияны күкіртті тотықтыру арқылы алады.



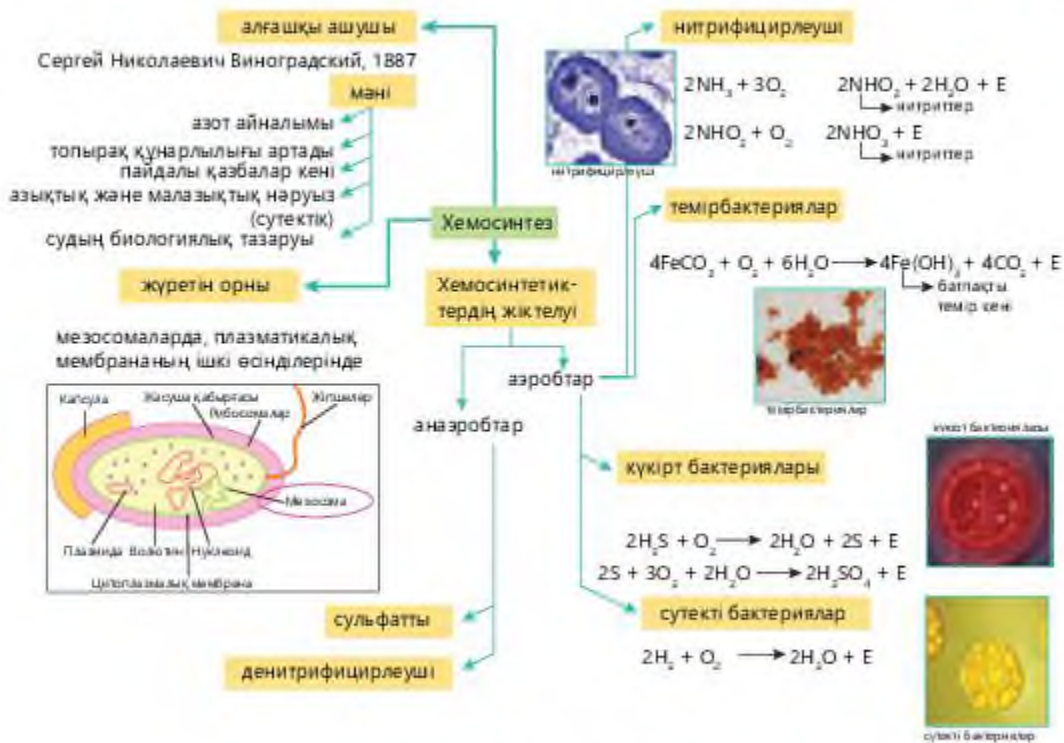
Реакция нәтижесінде алынған күкірт сол бактерияларда жинақталуы мүмкін, сонымен қатар үлпек ретінде қоршаған ортаға бөлінуі мүмкін.

Азоттандырушы бактериялар. Құрлық пен суда мекендейтін бұл бактериялар өз энергияларын аммиак пен азотты қышқыл арқасында алады.



Осындай реакция кезінде алынған азотты қышқыл жерде тұздар мен нитраттар түзеді. Бейорганикалық заттардың тотығу процесі кезінде бөлінетін энергия бактерияларда АТФ-тің макроэргиялық байланысы ретінде жинақталады. АТФ органикалық заттардың синтезіне жұмсалады. Хемосинтездеуші бактериялар топырақта минералды заттардың жинақталуын қамтамасыз етеді, топырақты құнарландырады, ағын суларды тазалауға көмектеседі (2.16-сурет). Фотосинтез бен хемосинтез тірі организмдерде жүретін үлкен процестердің бірі болып табылады.

Хемосинтез арқасында биосферада азот айналымы жүзеге асады, күкірт бактериялары тау жыныстарының желге мүжілуін қамтамасыз етеді де, нәтижесінде топырақ түзіледі, ал сутекті бактериялар кейбір микроорганизмдердің тіршілік әрекеті нәтижесінде жинақталған қауіпті сутек мөлшерін тотықтырады. Одан басқа, азоттандырушы бактериялар топырақ құнарлылығын жоғарылатады, ал күкірт бактериялары ағын суларды тазартуға қатысады.



2.16-сурет. Хемосинтез

АТФ энергиясының түзілуі арқылы тотығу-тотықсыздану реакциялары процесінде органикалық заттар синтезделеді. Ол үшін тірі организмдер аммиак, темір оксиді, күкіртті сутек пен сутектің тотығуы нәтижесінде түзілген CO_2 , сутек пен оттекті пайдаланады. Хемосинтез күн сәулесі энергиясына тәуелді емес.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Хемосинтездің ашылу тарихы туралы айтыңдар.
2. Темір бактерияларындағы хемосинтез теңдеуін жазыңдар.



Хемосинтездің табиғаттағы маңызы туралы айтыңдар.



1. Хемосинтез процесінің бірегейлігін талдаңдар.
2. Хемосинтез бен фотосинтез арасындағы байланысты таңдап, кестені дәптерге сызып толтырыңдар.

	Процестің атауы	Энергия көзі	Түзілетін заттар
1			
2			

1. Қандай кезеңдерде реакцияның бастапқы заты ретінде CO_2 молекуласы қатысады? Көмірсулар синтезінің реакция теңдеуін жазыңдар.

2. "Фотосинтез бен хемосинтездің салыстырмалы сипаттамасы" кестесін толтырыңдар.

Фотосинтез бен хемосинтездің салыстырмалы сипаттамасы

№	Ерекшеліктері	Фотосинтез	Хемосинтез
1	Атауының шығу тегі		
2	Энергия көзі		
3	Жүзеге асады		
4	Пигменттер		
5	Оттек		



1. Ғаламшарымызда хемотрофтар жоқ болса, онда тіршіліктің қандай болатынын елестетіп көріңдер. Тіршіліктің болуы мүмкін бе?

2. Адамзат хемотрофты бактерияларды қалай пайдалануда? Сендер хемотрофты организмдердің тағы қандай қолдану жолдарын ұсына алар едіңдер?



ТАРАУ БОЙЫНША ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Фотосинтез процесі неліктен қажет, түсіндіріңдер.
2. Хлоропластың құрылысын сипаттаңдар және фотосинтез процесі қай жерде жүретінін түсіндіріңдер.
3. Өсімдік пигменттеріне сипаттама беріңдер.
4. Өсімдіктерге сіңетін жарыққа сипаттама беріңдер. Өсімдіктер жарықтың қарқындылығына байланысты қалай ерекшеленеді?
5. Хлоропластардың пайда болуын түсіндіріңдер.
6. Хлоропластар жартылай автономды органоид екендігіне қандай дәлелдер келтіре аласыңдар?
7. Фотосинтез процесі үшін қандай минералдар қажет, мысал келтіріңдер және себебін түсіндіріңдер.
8. Сендерге хлорофилдің қандай түрлері белгілі? Мысалдар келтіріңдер.
9. К.А.Тимирязевтің эксперименттеріне сипаттама беріңдер, ол өз еңбектерін қалай дәлелдей алды?
10. Хлорофилл пигментінің сіңіру спектрі қандай екенін түсіндіріңдер.
11. Өсімдіктердегі каратиноидтердің рөлін түсіндіріңдер.
12. Фотосинтездің жарық фазасын сипаттаңдар.
13. Электрон-транспорт тізбегінің фотосинтездегі рөлі мен маңызын түсіндіріңдер.
14. Фотосинтездің жарық фазасының кестесін салыңдар.
15. Фотосинтез кезінде қандай қосылыстар электронды өткізетінін түсіндіріңдер.
16. Фотофосфорлану реакциясын сипаттаңдар және оның сызбасын келтіріңдер.
17. Фотофосфорлану кезеңдерін атаңдар.
18. АТФ фотосинтезде қандай рөл атқарады?
19. Фотосинтездің қараңғы кезеңін сипаттаңдар.
20. Фотосинтез реакциясының сызбасын жазыңдар.

§ 14. ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ЗАТТАР ТРАНСЛОКАЦИЯСЫНЫҢ МЕХАНИЗМІ

Бұл сабақта:

- өсімдіктердегі заттар транслокациясы механизмін зерттейсіңдер;
- флоэма бойымен органикалық заттардың тасымалдану жұмысымен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- "транслокация" ұғымын;
- Флоэма бойымен тасымалдаудың ерекшеліктерін.

Кілт түсініктер:

Транслокация, флоэма, ксилема, сүзгі пішінді түтікшелер, органикалық заттар

Транслокация — еріген қоректік заттардың тамырлы өсімдіктің бір бөлігінен екінші бөлігіне тасымалдануы. Оған топырақтан тамыр арқылы ксилема ұлпасына минералдар мен басқа да бейорганикалық тұздардың баруы, сонымен қатар қанттар мен басқа да органикалық қосылыстардың жапырақтардан өсімдіктің басқа бөлігіне флоэма ұлпасы арқылы таралуы жатады.

Флоэма арқылы органикалық заттардың транслокациясы. Фотосинтез өсімдіктің барлық бөліктерінде жүрмейді. Мысалы, тамырларға арнайы тасымалдаушы жүйе керек. Тамырлы өсімдіктерде органикалық заттар фотосинтездің басты мүшелерінен — жапырақтардан — өсімдіктің басқа бөліктеріне флоэма арқылы тасымалданады. Қоректік органикалық заттар түзетін автотрофты жасушалар мен осы заттарды пайдаланатын жасушалар арасындағы байланыс арқылы органикалық заттар сабақ бойымен жоғары қарай да, төмен қарай да жылжи алады. Ксилема бойымен заттар тек жоғары қарай тасымалданады, ксилемадан флоэманың айырмашылығы да осы.

Әдетте, флоэма бойымен тасымалданатын барлық қоректік заттардың 90% -ке жуығын дисахарид сахароза құрайды. Ол салыстырмалы инертті және жақсы еритін көмірсу, зат алмасуда айтарлықтай рөл ойнамайтындықтан тасымалдау формасы болып табылады. Сахарозаның негізгі міндеті — қайтадан активті моносахаридтерге — глюкоза мен фруктозаға айналу. Жақсы ерігіштігіне байланысты флоэма сұйықтығында жоғары концентрацияға ие болады, мысалы, қант қамысында оның концентрациясы 25% -ке (масса/көлем) дейін болады.

Флоэма минералдық қоректенудің кейбір элементтерін тасымалдайды, мысалы, аминқышқылдар құрамындағы азот пен күкіртті, фосфорды бейорганикалық фосфат пен фосфорланған қант түрінде, калийді ион ретінде тасымалдайды. Оның құрамында витаминдердің, өсімдік гормондарының (ауксин, гиббереллин), вирустар мен басқа заттардың аз мөлшері болуы мүмкін.

Егер жапырақтарға ^{14}C радиоактивті изотоппен таңбаланған көмірқышқыл газын жұтуға мүмкіндік берсек, өсімдіктегі көміртек айналымын көруге болады. Радиоактивті көмірқышқылды фотосинтез процесінде бекітіледі де, ^{14}C органикалық қосылыстардың құрамына енеді. Сосын изотоптың өсімдік бойымен жылжуын белгілі әдістермен, мысалы радиоавтография, Гейгер есептегішімен өсімдік беткейіндегі импульстерді есептеуге, бақылауға болады. Соңында флоэма да, ксилема да көміртек айналымына тікелей қатысатын болады.

Флоэма бойымен транслокация ерекшеліктері. Флоэма бойымен таралудың мүмкін болатын механизмдерін қарастырмас бұрын, кейбір фактілерді айта кету керек.

1. Флоэма бойымен тасымалданатын еріген заттардың мөлшері өте көп. Мысалы, вегетативті период кезінде үлкен ағаштың діңі арқылы төмен қарай 250 кг қант тасымалданады.

2. Транслокация жылдамдығы жоғары, әдетте, 20—100 см/сағ, ал максималды тіркелген мөлшері 600 см/сағ-тан асты.

3. Тасымалдау өте үлкен қашықтықтарда да жүзеге асты. Эвкалипттердің биіктігі 100 м-ден асады. Бұл ағаштардың жапырақтары жоғарыда орналасады, сондықтан ассимиляттар немесе органикалық қосылыстар діңнің барлық ұзындығы бойынша төмен қарай тасымалдануы керек.

4. Флоэманың салыстырмалы массасы үлкен емес. Флоэма — сүректенген сабақтар мен тамырлар қабығының қабаттарынан тұрады, ескі флоэма қабаттары диаметрінің өсуіне орай жойылып отырады.

5. Флоэма сұйықтығы гүлді өсімдіктерде диаметрі 30 мкм болатын сүзгі пішінді түтікшелер арқылы тасымалданады. Түтікшелер мен саңылаулардың диаметрі кіші болған сайын сұйықтық ағынының кедергісі көп болады, оны қозғалту үшін көп күш қажет. Сүзгі пішінді түтікшелердің ішінде қысым жоғары болады.

6. Сүзгі пішінді пластинкалармен қатар, сүзгі пішінді түтікшелерде құрылымдық ерекшеліктер болады.

Флоэма бойымен органикалық заттардың тасымалдануы. Сүзгі пішінді түтікшелердің құрылысы өткізгіш түтікшелерден тұрады.

Ерітінді кедергісіз өтетін ксилема түтікшелеріне — өлі, қуысты түтікшелерге қарағанда, флоэманың сүзгі пішінді тірі түтікшелері және сүзгі пішінді пластинкалар мен цитоплазма кедергі келтіреді.

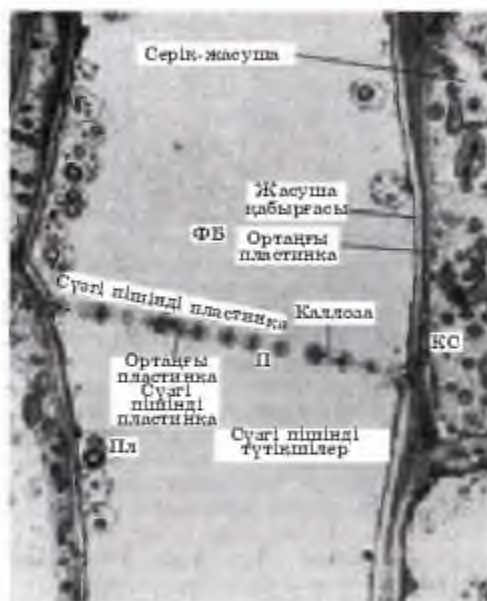
3.1-сурет сүзгі пішінді түтікшенің ересек буынының электрондық

микрофотографиясы көрсетілген, ал 3.2-суретте сүзгі пішінді элементтердің негізгі құрауыштары және қосымша серік-жасушалар көрсетілген.

Меристемалық жасушадан сүзгі пішінді элементтің даму процесінде жасушаның ядросы тозады да, ядросы жоқ тірі жасуша қалады.

Басқа да көптеген маңызды өзгерістер жүріп отырады, олардың нәтижесі сызба түрінде 3.2-суретте көрсетілген. Жасушалық қабықша сүзгі пішінді пластинкаларға айналады. Көрші цитопластарды байланыстыратын плазмодесмалар қатты жуандап, көптеген сүзгі пішінді өзектер түзеді. Нәтижесінде плазмалеммамен қоршалған, тірі цитоплазма қабаты бар түтікшелі құрылым қалыптасады. Сүзгі пішінді түтікшенің орталық бөлігінде үлкен вакуоль орналасады.

Егер сүзгі пішінді түтікше қандай да бір жағдайда зақымдалса, флоэмадан еріген заттар ағып кетпеу үшін сүзгі пішінді пластинанада өзектерді жабатын каллозаның қосымша мөлшері түзіледі.



3.1-сурет. Сүзгі пішінді түтікшенің ересек буындарының байланысқан орнының электрондық микрофотографиясы.

СК — серік-жасуша; П — сүзгі пішінді өзек; ПЛ — пластид; ФБ — флоэмалық нәруыз



Кейбір өсімдіктердің сүзгі пішінді элементтерінде **флоэмалық нәруыз (Ф-нәруызы)** деп аталатын талшықты нәруыздардың мөлшері көп түзіледі. Ол тасымалдауда айтарлықтай рөл ойнамайды.

Еріген органикалық заттар, шынымен де, сүзгі пішінді түтіктер бойымен қозғалатынына сенімді болу үшін бірнеше тәжірибе жүргізілді.

1. Флоэма бойымен қанттар мен басқа да қосылыстардың қозғалысы жайлы ең алғашқы ақпараттар шеңберлеу тәжірибелерінде алынды, флоэмасы бар ұлпаны ксилемаға тиіспей шеңберлеп кесіп алды. Осы әдіспен Мальпиги 1675 жылы сүрек бойымен жоғары қарай жүретінін, ал қоректік заттар қабық бойымен төмен қарай жылжитынын дәлелдеген. Ол ағаштардың қабығында (флоэма бар) шеңберлі кескіндер кесіп, бұл кезде жапырақтар солмайтынын, бірақ діңнің өсуі баяулайтынын анықтаған.

2. Тринидадта мақта өсімдігімен жұмыс істеген Мейсон мен Маскелл 1920—1930 жылдары шеңберлеумен көптеген тәжірибе жүргізген, соның бірі 3.3-суретте көрсетілген: тәжірибенің нәтижесінде флоэма ксилемамен байланысы үзілмейтіндей етіп кесіп, екі ұлпа арасында қанттармен көлденең алмасу мүмкін екенін (3.3-сурет, А), алайда төмен қарай тек флоэма бойымен қозғалатынын анықтаған (3.3-сурет, Ә, Б).

3. Органикалық заттардың сүзгі пішінді түтікшелер бойымен қозғалуын — шіркейлердің флоэма бойымен тасымалданатын қанттармен қоректену қабілетін зерттеген тәжірибелер растады. Біте өсімдік ұлпаларын арнайы ауыз аппаратымен теседі, бұл аппаратта жіңішке түтікшелі "стилелтер" бар, олар ақырын флоэмаға дейін жетеді. Бұндай стилелтер бөлек сүзгі пішінді түтікшелерге ене алады.



3.2-сурет. Сүзгі пішінді түтікше элементтері мен серік-жасушалардың ұзымынан алынған кескінінің электрондық микроскоптағы сымба суреті



3.3-сурет. Мейсон мен Маскеллдің мақта өсімдігіне жүргізген шеңберлеу тәжірибесі

Барлық тәжірибелер нәтижесінде, флоэма бойымен жоғарыға да, төменге де бір уақытта әртүрлі заттар тасымалданатыны анықталды, алайда бұндай екі жақты қозғалыс бір сүзгі пішінді түтікшемен емес, бірнешеуімен іске асты. Бұндай тасымалдау үш сатыда жүзеге асады: еріген заттардың фотосинтездеуші жасушалардан сүзгі пішінді түтікшелерге тасымалдануы, флоэма бойымен тасымалдану және осы заттар пайдаланылатын жерлерге жүкті түсіру.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. "Транслокация" ұғымына анықтама беріңдер.
2. Сүзгі пішінді түтікше арқылы заттар тасымалына байланысты қандай тәжірибелер жүргізілді?



1. "Транслокация" ұғымын түсіндіріңдер.
2. Сүзгі пішінді түтікшелердің құрылысын сипаттаңдар және жануар қанындағы эритроциттердің құрылымымен ортақ байланысы туралы айтыңдар.



1. Еріген органикалық заттар, шынымен де, сүзгі пішінді түтікшелер бойымен тасымалданатынын талдаңдар.
2. Жасыл өсімдіктерде органикалық заттардың қозғалу сызбасын салыңдар.



1. Флоэма бойымен тасымалдаудың ерекшелігін сипаттаңдар.
2. Сүзгі пішінді түтікшенің элементтері мен серік-жасушалардың сызба суретін салыңдар, электронды микроскопта олардың кескіні қалай көрінетінін анықтаңдар.



- Флоэма бойымен тасымалдаудың мүмкін болатын механизмдерін атаңдар және моделін құрастырыңдар.

§ 15. ЗАТТАР ТАСЫМАЛДАНУЫНЫҢ СИМПЛАСТЫҚ, АПОПЛАСТЫҚ, ВАКУОЛЯРЛЫҚ ЖОЛДАРЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ МАҢЫЗЫ

Бұл сабақта:

- заттар тасымалданудың симпластық, апопластық, вакуолярлық жолдарының мәнін түсіндіре алатын боласыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- апопластық тасымалданудың қалай жұмыс жасайтынын;
- симпластық тасымалданудың қалай жүзеге асатынын;
- вакуолярлық заттар тасымалдануының қалай жұмыс жасайтынын.

Кілт түсініктер:

симпласт, апопласт, вакуоль, протоплазма

Өсімдіктің барлық жасушалары өзара қабықтары арқылы үздіксіз жалғасқан "түтіктер" жүйесін — *апопласты* пайдаланып жалғасады. Су және онда еріген заттар осы түтікшелер арқылы жылжығанда айтарлықтай кедергіге тап болмайды. Сонымен тамырдың белгілі бір

көлеміне сырттан ерiтiндi еркiн ене алады. Тамырдағы бос кеңiстiк деп аталатын бөлiмiнде ерiген заттар өзiнiң жолында мембраналық кедергiлердi кездестiрмейдi. Топырақтан қоректiк заттардың тамыр арқылы сiңiп орталық түтiк шоғына дейiнгi жылжуының 1-сатысы *апопластық (бос кеңiстiк) жол* деп аталады.

Өсiмдiктiң жеке жасушаларының протопластары цитоплазмалық көпiршiктер — плазмодесмалар арқылы тұтасып байланысады.

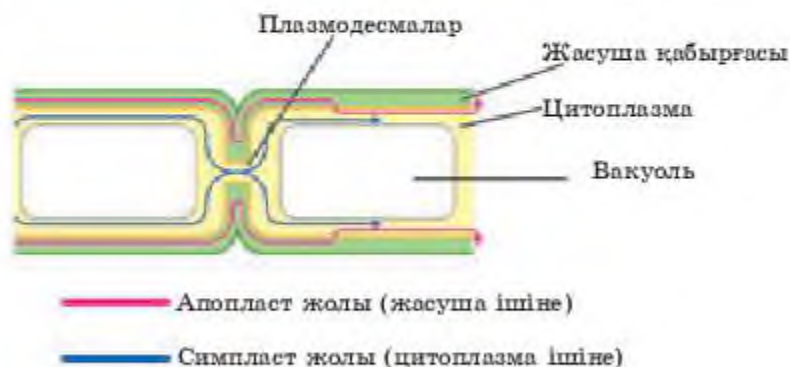
Плазмодесмалар жасушаларға мембрана арқылы бiр мезгiлде енген иондар мен молекулалардың одан әрi жасушадан-жасуға, ұлпалардан-ұлпаларға мембраналық кедергiсiз тұтасқан *симпластық жүйе* арқылы өтуiн қамтамасыз етедi.

Заттардың симпластық жүйе арқылы жылжуы протоплазманың қимылына байланысты болады және эндоплазмалық тордың өзекшелерi арқылы, жасуша арасындағы плазмолемалар арқылы жүзеге асады. Көптеген иондардың жылжуы арқылы, негiзiнен, симпластық жүйе арқылы жүзеге асады. Мұнда зат алмасу процесiне қажеттi N, С, Р қосындылары қарқынды енедi, ал I, Со, Сl қосындылары баяу енедi. Заттардың симпластық жүйе арқылы жылжуында *вакуоль* елеулi рөл атқарады. Иондардың тамырдың сыртқы ұлпаларынан ксилема түтiктерiне дейiн тасымалдануының негiзгi жолы *симпластық* деп аталады.

Суды тасымалдаудың үш жолы бар: апопластық (жасуша қабырғалары бойымен); симпластық (плазмодесма және цитоплазма арқылы), вакуольдiк (вакуольдер арқылы) (3.4-сурет).

Апопластық — өсiмдiктiң барлық жерiнде үздiксiз желiнi құрайтын iргелес жатқан жасуша қабырғаларының жүйесi.

Тамырдағы апопластық тасымалдау жапырақтардағыдай жүредi, бiрақ бiр маңызды айырмашылығы болады. Су жасуша қабырғасы бойымен қозғалып, эндодермаға жеткенде, суберин деп аталатын су өткiзбейтiн зат оның жолын жауып тастайды. Суберин эндодермиялық жасушаның периметрi бойынша жиналып, Каспари белдеуiн құрайды.



3.4-сурет. Заттар тасымалдануының жолдары

Нәтижесінде онда еріген заттары бар су, алдымен осы жасушаның плазмолеммасы арқылы оның цитоплазмасына еніп, содан кейін “басқа бір жол” арқылы шығуы керек. Осылайша энтодерма жасушалары ксилема жолындағы ерітінділердің қозғалысын басқарады және реттейді. Мұндай бақылау өсімділерді улы заттардың, патогендік бактериялардың, саңырауқұлақтардың және басқа да зиянды заттардың енуінен қорғау үшін қажет.

Симпласт — бір-бірімен байланысты өсімдіктер протопластарының жүйесі. Симпластық тасымалдау көрші жасушалардың протопластары жасуша қабырғаларында тесіктер арқылы өтетін плазмодесма-цитоплазмалық жолдармен байланысады. Онда еріген зат бір жасушаның протопластына түсіп, мембраналардан өтпей-ақ симпластық жолмен жүре алады. Бұл қозғалыс кейде цитоплазманың реттелген ағымымен жеңілдейді.

Вакуольдік тасымалдау — бұл жағдайда су бір жасушаның вакуолінен көрші жасуша вакуоліне симпластық пен апопластық жолы арқылы, яғни осмос әсерінен тонопластар мен плазмоцематалар арқылы өтеді.

Судың жапыраққа жоғары көтерілуіне, транспирация тоғымен жүзеге асады, ол ең алдымен, гидростатикалық потенциалдардың айырмашылығына байланысты сақталады: жасушаның судың аз мөлшерін жоғалтуы ерітілген заттардың концентрациясына қарағанда тургор қысымына әлдеқайда күшті әсер етеді. Ал тамыр да, судың және гидростатикалық потенциалдардың градиенттері болады, бірақ осмотикалық потенциалдардың градиенттері әрқашан бола бермейді.

Симпластық және вакуолярлық жолдар. Су тамыр ксилемасы бойымен көтерілген кезде паренхималық жасушалармен су алмасады. Нәтижесінде бұл жасушаның су потенциалы төмендейді және осмос немесе жай симпластық жол арқылы көрші жасушадан су алады. Топырақ ерітіндісінің су потенциалы эпидермис жасушалары мен түбірлік түктерге қарағанда жоғары, сондықтан су осмос арқылы тамырға сырттан енеді.

Жас ұлғаюымен тамырдың энтодермальды жасушаларында субериннің тұнбасы артады және бұл су мен еріген тұздардың қалыпты шығуына кедергі келтіреді. Апопластық, симпластық және вакуолярлық су жолдарының тамырдағы сандық қатынасы белгісіз.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Симпластың маңызын айтыңдар.
2. Заттар тасымалдануының апопластық, симпластық вакуолярлық жолдарының маңызын сипаттап беріңдер.
3. “Апопласт” ұғымын түсіндіріңдер.



1. Тамырдағы ксилема бойымен симпластық және вакуолярлық жолдардың жұмысын сипаттаңдар.
2. Заттардың апопластық және симпластық тасымалдануы қандай жағдайларда жүреді?



1. Судың тамыр арқылы сіңірілуі механизмін талдаңдар.
2. Заттардың тамырдан жапыраққа қарай қозғалу жолдарын сызыңдар.



1. Апопластық, симпластық, вакуольлық тасымалдау жолдарын түсіндіріңдер.
2. Өсімдіктің сабақтары арқылы заттардың қалай тасымалданатынын түсіндіріңдер.



Симпласты тасымалдау, апопласты тасымалдау, вакуольді тасымалдау терминдеріне синквейн құрастырыңдар.

§ 16. ЖАСУША МЕМБРАНАСЫ АРҚЫЛЫ ЗАТТАР ТАСЫМАЛДАНУЫНЫҢ ТИПТЕРІ

Бұл сабақта:

- жасуша мембранасы арқылы заттар тасымалының әртүрлі типтерінің механизмдерімен танысасыңдар;
- заттарды тасымалдау типтерінің классификациясын зерттейсіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- "активті" және "пассивті тасымалдау" ұғымын;
- заттарды тасымалдау механизмінің принциптерін;
- жасуша мембранасы арқылы иондарды тасымалдаудың түрлеріне мысал келтіруді.

Кілт түсініктер:

Пассивті тасымалдау, диффузия, активті тасымалдау, беттескен, симпорт, антипорт

Жасушаның сыртқы ортамен зат және энергия алмасуы оның тіршілік әрекеті үшін қажетті шарт болып табылады.

Цитоплазманың химиялық құрамы мен қасиеттерінің тұрақтылығы үшін заттарды жасушалық мембрана арқылы таңдамалы түрде тасымалдайтын арнайы тасымалдаушы механизмдер болу керек. Сонымен қатар жасушада оттегі пен қоректік заттарды тіршілік ортасынан алатын және зат алмасу өнімдерін шығаратын механизмдер болу керек. Әртүрлі заттардың концентрация градиенттері тек жасуша мен сыртқы орта арасында ғана емес, сонымен қатар жасуша органеллалары мен цитоплазма арасында да болады.

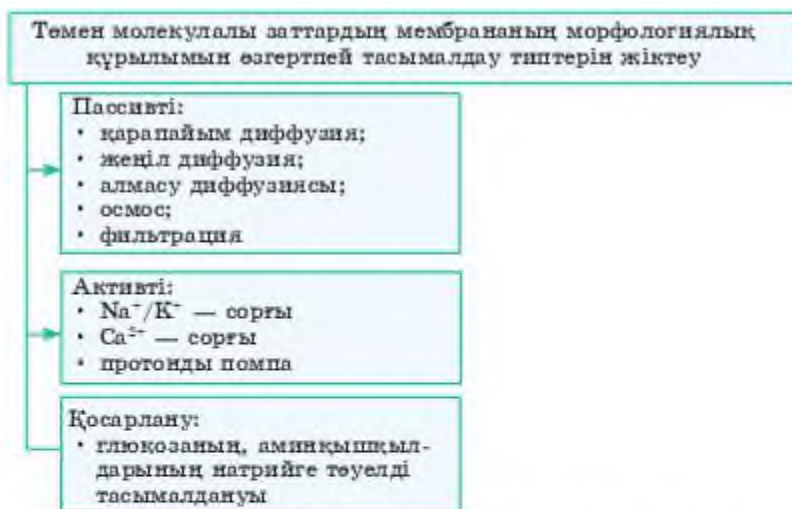
Ақпараттық сигналдарды қабылдау және өткізу үшін Na^+ , K^+ , Ca^{2+} минералды иондарының концентрациясының трансмембраналық айырымын тұрақты ұстау маңызды болып табылады. Осы иондардың концентрация градиенттерін тұрақты ұстау үшін жасуша өзінің зат алмасу энергиясының көп бөлігін жұмсайды. Иондық градиенттерде жинақталатын электрхимиялық потенциалдар энергиясы плазмалық мембрананың тітіркендіргіштер әсеріне жауап беруге деген дайындығын қамтамасыз етеді. Кальцийдің жасушааралық орта немесе жасушалық органеллалардан цитоплазмаға түсуі көптеген жасушалардың гормондық сигналдарға жа-

уап беруін қамтамасыз етеді, синапстарда нейромедиаторлардың бөлінуін бақылайды, бұлшықеттердің жиырылуын жүргізеді.

Заттардың жасушалық мембрана арқылы тасымалдану механизмін түсіну үшін сол заттардың қасиеттерімен қатар, мембраналардың қасиеттерін де ескеру қажет. Тасымалданатын заттар бір-бірінен молекулалық массасы, заряды, су мен липидтердегі ерігіштігімен және басқа қасиеттерімен ерекшеленеді. Плазмалық және басқа да мембраналар майда еритін полярсыз заттар жеңіл өтетін, ал табиғаты полярлы суда еритін заттар өтпейтін үлкен липидті аумақтардан тұрады.

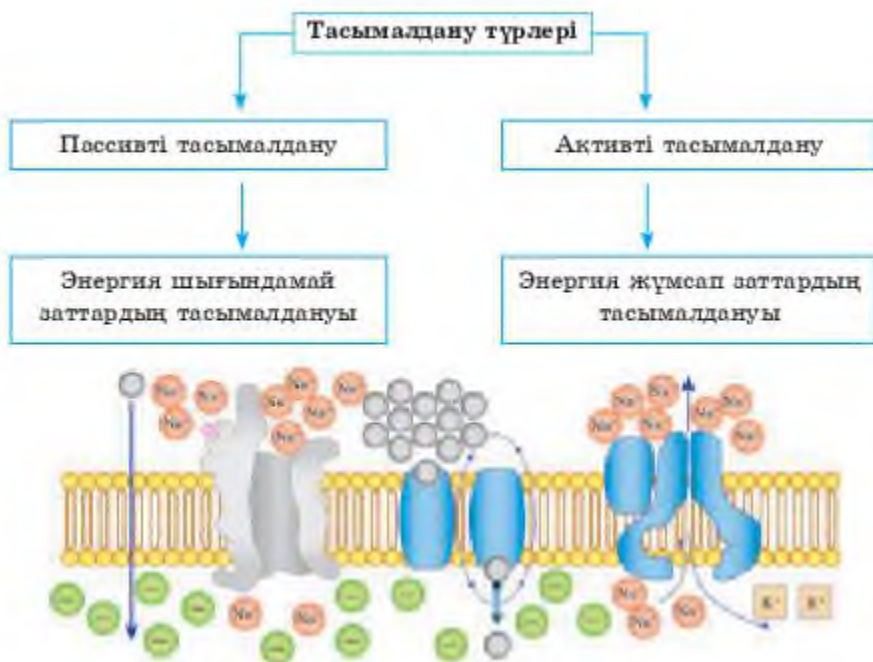
Бұл заттарды трансмембраналық тасымалдау үшін жасушалық мембранада арнайы каналдар болу керек. Полярлы заттар молекулаларының өлшемі мен заряды үлкейген сайын оларды тасымалдау қиынға түседі (бұл жағдайда тасымалдаудың қосымша механизмдері қажет). Заттарды концентрация және басқа да градиенттерге қарсы тасымалдау үшін арнайы тасымалдаушылар мен энергия шығыны қажет.

Жоғары молекулалы қосылыстар, молекулаүстілік бөлшектер мен мембраналық каналдар арқылы өте алмайтын жасушаның компоненттерін трансмембранды тасымалдау үшін ерекше механизмдер — фагоцитоз, пиноцитоз, экзоцитоз, жасушааралық кеңістік арқылы тасымалдау қолданылады. Осылайша өртүрлі заттарды трансмембранды тасымалдау өртүрлі әдістерді қолданумен жүзеге асады. Жасушалық мембрана арқылы тасымалдаудың пассивті және активті түрлері бар (3.5, 3.6-суреттер).



3.5-сурет. Тасымалдау типтерінің классификациясы

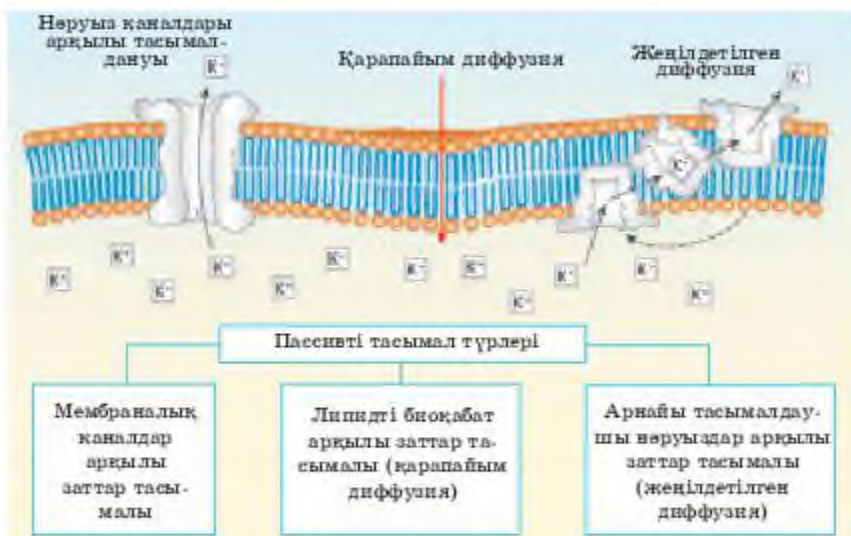
Заттардың пассивті тасымалдануы. Пассивті тасымалдау — заттарды мембрана арқылы өртүрлі градиент бойынша тасымалдау (электрхимиялық потенциал, заттар концентрациясы, электрлік өріс, осмотық қысым және т.б.), энергия шығынын қажет етпейтін тасымал



3.6-сурет. Заттарды тасымалдау түрлері

түрі. Пассивті тасымалдау қарапайым және жеңілдетілген диффузия арқылы жүруі мүмкін. **Диффузия** — әртүрлі орталарда заттардың төртіпсіз тасымалдануы (3.7-сурет).

Қарапайым диффузияда белгілі бір заттың концентрация градиенті, жасушалық мембрананың сыртқы және ішкі қабаты арасындағы электрлік заряд немесе осмостық қысымға байланысты болады. Мысалы, қан құрамында Na^+ иондарының орташа мөлшері 140 мМ/л,



3.7-сурет. Пассивті тасымалдау түрлері

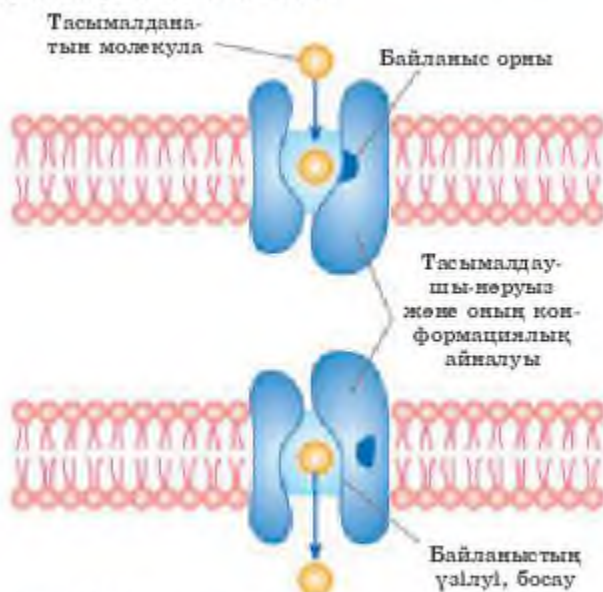
ал эритроциттерде 12 есе аз. Бұл концентрация (градиент) айырымы натрий иондарын қаннан эритроциттерге тасымалдауды қамтамасыз ететін қозғаушы күшті қалыптастырады. Алайда мұндай тасымалдаудың жылдамдығы төмен, себебі мембрана Na^+ иондары үшін өте төмен өткізгіштікке ие. Мембрананың калий иондары үшін өткізгіштігі жоғарырақ. Қарапайым диффузия процестеріне жасушалық зат алмасудың энергиясы жұмсалмайды.

Жеңілдетілген диффузия — концентрация градиенті бойынша, тасымалдаушы көмегімен биологиялық мембрана арқылы иондардың пассивті тасымалдану түрі (3.8-сурет).

Заттарды тасымалдаушы-нәруыз көмегімен тасымалдау осы нәруызды молекуланың мембранаға кіріктіріліп, суға толы каналдар түзу қабілетіне негізделген. Тасымалдаушы тасымалданушы затпен қайтымды байланысып, сонымен қатар өзінің конформациясын қайтымды өзгерте алады.

Тасымалдаушы-нәруыз екі конформациялық күйде болуға қабілетті. Мысалы, *a* күйінде бұл нәруыздың тасымалданушы затпен туыстық жақындығы болады, оның заттарды байланыстыру аумағы ішке қарай бұрылып орналасқан және мембрананың бір жағына қарай канал қалыптастырады.

Затпен байланысқан соң тасымалдаушы-нәруыз өзінің конформациясын өзгертіп, *b* күйіне ауысады. Конформациялық өзгеріс кезінде тасымалдаушы тасымалданушы затпен туыстығын үзеді де, мембрананың басқа жағындағы каналға ауысады. Осыдан кейін нәруыз қайта *a* күйіне оралады. Заттың мембрана арқылы тасымалдаушы-нәруыз көмегімен тасымалдануы **унипорт** деп аталады.



3.8-сурет. Жеңілдетілген диффузия. Сипаттамасы мәтінде

Жеңілдетілген диффузия арқылы интерстициалды кеңістіктен жасушаға, қаннан миға глюкоза сияқты төмен молекулалық заттар тасымалдануы мүмкін, бүйрек каналдарында кейбір аминқышқылдар және глюкоза біріншілік зәрден қанға қайта сіңірілуі мүмкін, ал ішектен аминқышқылдар, моносахаридтер сіңірілуі мүмкін. Жеңілдетілген диффузия көмегімен заттардың канал арқылы тасымалдану жылдамдығы секундына 108 бөлшекті құрайды.

Ауыспалы диффузия — заттарды тасымалдаудың бұл түрінде, мембрананың екі жағында орналасқан бір заттың молекулаларының өзара алмасуы жүреді. Мембрананың екі жағындағы зат концентрациясы өзгеріссіз қалады.

Ауыспалы диффузия — зат молекуласының бір түрінің басқа заттың бір немесе көп молекуласымен алмасуы. Мысалы, қантамырлары мен бронхтардың тегіс бұлшықет жасушаларында, жүректің жиырылмалы миоциттерінде жасушалардан Ca^{2+} иондарының шығу жолдарының бірі — олардың жасушааралық Na^+ иондарымен алмасуы. Үш Na^+ ионы жасушаға кіргенде бір Ca^{2+} ионы шығады. Na^+ және Ca^{2+} иондарының мембрана арқылы қарама-қарсы бағыттағы өзара беттескен қозғалысы қалыптасады (тасымалдаудың бұл түрі **антипорт** деп аталады). Осылайша жасуша Ca^{2+} иондарының артық мөлшерінен босайды.

Заттарды активті тасымалдау. Жасушалық мембрана арқылы заттарды активті тасымалдау — бұл зат алмасу энергиясы шығындалатын заттардың градиентке қарсы бағытта тасымалдануы. Тасымалдаудың бұл түрінің пассивті тасымалдаудан айырмашылығы — тасымалдау градиент бойынша жүзеге аспайды, керісінше заттың концентрация градиентіне қарсы бағытта жүзеге асады және оған АТФ немесе энергияның басқа түрлері қолданылады. Егер энергияның тікелей көзі АТФ болса, онда бұндай тасымалдау *біріншілік-активті* деп аталады. Егер тасымалдауға иондық сорғыштардың жұмысы нәтижесінде пайда болған энергия (концентрациялық, химиялық, электрхимиялық градиенттер) қолданылса, онда бұндай тасымалдау *екіншілік-активті* немесе *беттескен* деп аталады. Беттескен, екіншілік-активті тасымалдаудың мысалына, глюкозаның ішекте сорылуы және Na^+ иондары мен тасымалдаушылар көмегімен оның бүйректерде қайта сорылуын жатқызуға болады (3.9-сурет).

Біріншілік-активті тасымалдаудың мысалы ретінде Na^+ —, K^+ — сорғының жұмысын қарауға болады.

Кейбір жасушаларда Na^+ —, Ca^{2+} — сорғышы жұмысының нәтижесінде пайда болған натрий концентрациясының градиенті мен электрлік потенциалдардың трансмембранды айырымының күші, заттардың жасушалық мембрана арқылы тасымалдануының екіншілік-активті түрлерінің жүзеге асуына пайдаланылады.

Активті тасымал түрлері



3.9-сурет. Заттардың активті тасымалдану түрлері

Екіншілік-активті тасымалдауда заттардың мембрана арқылы тасымалдануы — АТФ энергиясы шығындалатын активті тасымалдау механизмі арқылы түзілген басқа заттың концентрация градиенті арқасында жүзеге асады.

Екіншілік-активті тасымалдаудың екі түрі бар: симпорт және антипорт.

Симпорт — бір уақытта, екі затты бір бағытта тасымалдау. Симпорттық механизм арқылы жасушадан тыс кеңістіктен қалқанша безінің тиреоциттеріне йод, аш ішектен энтероциттерге глюкоза мен аминқышқылдар тасымалданады.

Антипорт — екі затты қарама-қарсы екі жаққа тасымалдау процесі. Антипорттық механизмнің мысалы ретінде Na^+ —, Ca^{2+} иондарының тасымалдануын — кардиомиоциттердегі алмасу, бүйрек каналдарының эпителийіне K^+ —, H^+ иондарының тасымалдануын қарастыруға болады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Активті тасымалдаудың екі түрін атаңдар.
2. Қандай градиенттер заттардың мембрана арқылы қозғалуын қамтамасыз етеді?



1. Заттарды пассивті тасымалдаудың әртүрлі типтерінің жұмысын сипаттаңдар.
2. Активті тасымалдау механизмінің принциптерін анықтаңдар.
3. Пассивті тасымалдаудың жұмыс істеу принципін сипаттаңдар.



1. Активті тасымалдау түрлерінің механизмдерін талдаңдар.
2. Тасымалдау түрлерінің классификациясының сызбасын салыңдар.



1. Арнайы тасымалдаушылардың процеске қатысуы мен энергия шығынын түсіндіріңдер.
2. Заттарды тасымалдау механизмінің принциптерін сипаттаңдар.



Мембрана арқылы заттардың тасымалдануы туралы салыстырмалы кестені дәптерге сызып толтырыңдар.

Тасымалдау түрлері	Не тасымалданады?	Тасымалдау үшін қажетті энергия шығыны	Тасымалдаушылар

§ 17. НАТРИЙ-КАЛИЙ СОРҒЫСЫ БЕЛСЕНДІ ТАСЫМАЛ МЕХАНИЗМІНІҢ МЫСАЛЫ РЕТІНДЕ

Бұл сабақта:

- натрий-калий сорғысы мысалында белсенді тасымалды түсіндіре алатын боласыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- белсенді тасымал механизмін;
- иондарды тасымалдау механизмiнiң принциптерiн;
- жасушаның мембранасы арқылы иондар тасымалының барлық нұсқаларына мысал келтіруді.

Кілт түсініктер:

белсенді тасымал, натрий-калий сорғысы, градиент, мембрана, жасуша.

Белсенді (активті) тасымалдау деп молекулалар мен иондарды метаболикалық процестердің энергиясы есебінен жасушада мембрана арқылы тасымалдауды айтады. *Пассивті тасымалдау* кезінде электрхимиялық потенциал градиенті азаяды және соңында нөлге тең болады.

Активті тасымалдау — заттардың биомембрана арқылы электрхимиялық градиентке қарсы энергия жұмсап тасымалдануы. Осы процессте энергия көзі болып аденозин үшфосфат қышқылы молекуласының (АТФ) ыдырау кезінде бөлінетін энергия қолданылады. Бұл энергия аденозинүшфосфат (АТФ) молекулаларын аденозиндифосфатқа (АДФ) және фосфат тобына (Ф) ыдырағанда, арнайы нәруыз ферменттердің әсерінен пайда болады, олар *тасымалдаушы АТФ-азалар* деп аталады және *тасымалдаушы-нәруыз* болып табылады. Осылайша $АТФ = АДФ + Ф + E$, мұндағы E энергия активті тасымалдау бойынша жұмыс жасауға жұмсалады.

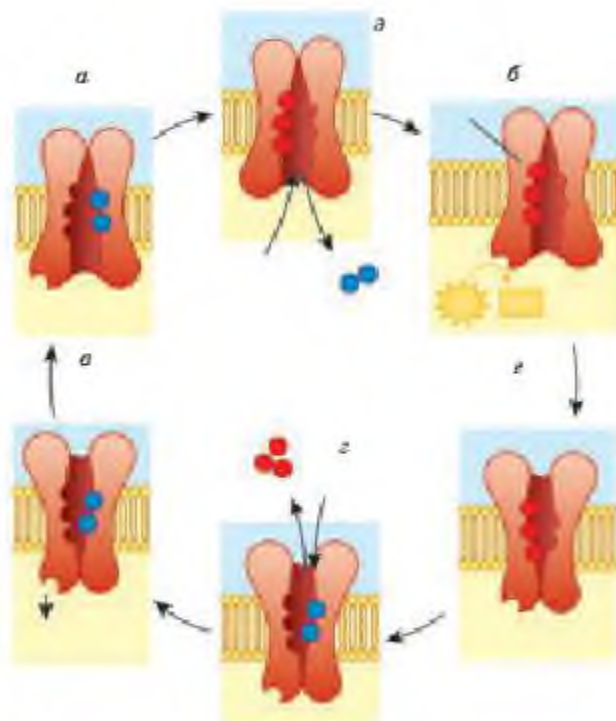
Қазіргі уақытта тірі жасушадағы иондардың белсенді тасымалының төрт жүйесі белгілі (4 тасымалдаушы АТФ-аза). Олардың үшеуі Na^+ , K^+ , Ca^{++} және H^+ иондарын мембраналар арқылы тасымалдау үшін қажет,

төртіншісі митохондриядағы тыныс алу тізбегінің жұмысы кезінде протондарды (H^+) тасымалдау үшін қажет. Активті тасымалдау жүйелері *сорғы* немесе *помпалар* деп аталады.

Жасушада пайда болатын электр тоқтары мембрана арқылы иондардың қозғалысымен қамтамасыз етіледі. Мембрана арқылы иондарды қозғаушы күш жасушаның сыртындағы және ішіндегі *иондар концентрациясының әртүрлілігі* (концентрациялық немесе химиялық градиент), сондай-ақ мембрананың ішкі жағы мен сыртқы жағы арасындағы зарядтардың әртүрлілігі (электрлік градиент) болуы мүмкін. Осы екі күштің жиынтығы **электрхимиялық градиент** деп аталады. Егер мұндай градиент болса, онда қозғалыс мүмкіндігі пайда болған кезде (өзектердің ашылуы) иондар мембрана арқылы қозғала бастайды. Иондар қозғалысының мұндай түрі **пассивті тасымалдау** деп аталады, өйткені ол энергия шығындамай жүреді. Бұдан басқа аденозинүшфосфор қышқылы (АТФ) энергиясының шығындалуымен жүретін электрхимиялық градиентке қарсы жүзеге асырылатын иондардың **белсенді тасымалы** да бар.

Концентрациялық градиентті құруға қатысатын жасуша мембранасы арқылы жүретін иондардың барлық тасымалдау нұсқаларын екі түрге бөлуге болады — бірінші реттік белсенді тасымалдау және екінші реттік белсенді тасымалдау. Иондарды **бірінші реттік активті тасымалдау** арнайы ионды сорғылармен қамтамасыз етіледі, АТФ гидролизінің есебінен жүзеге асырылады және энергияға тәуелді процесс болып табылады. **Екінші реттік активті тасымалдау** иондарды мембрана арқылы тасымалдау үшін концентрация градиенті бойынша иондар ағынының энергиясын пайдаланады. Бірақ бастапқыда концентрация градиентін жасау үшін АТФ энергиясы қажет, сондықтан да ол екінші реттік активті тасымал деп аталады. Екінші активті тасымал шеңберінде иондар мембрана арқылы бір бағытта қозғалса **ко-тасымалдану** деп, ал иондар қарама-қарсы бағыттарда қозғалса **ион алмасу** деп атайды. Қазіргі уақытта тірі жасушаның мембранасында тасымал жүйелерінің ондаған түрі сипатталған. Біз натрий, калий, кальций және хлор иондары үшін концентрациялық градиентті қамтамасыз ететін тасымал жүйелеріне ғана тоқтаймыз, себебі олар ионды арналар бойынша пассивті тасымал кезінде қоздырғыш жасушалардың электр сигналдарын генерациялауға қатысады.

Натрий және калий иондарын жасушаның мембранасы арқылы үздіксіз тасымалдауға арналған натрий-калий алмасу сорғысы болады, ол өзінің әрбір циклінде үш натрий ионын сыртқа және екі калий ионын ішке қарай тасымалдайды (3.10-сурет). Тіршілік тұзды теңіз суында пайда болды және алғашқы жасушалар — ішінде тұщы сұйықтығы бар кішкентай қапшықтар — ішінде “тұз жиналып” қалмау үшін енген натрий иондарын үнемі “шығарып” отыруларына тура келді. Сондықтан



3.10-сурет. Натрий және калий иондарын мембрана арқылы тасымалдау.

Натрий-калий сорғысының (натрий-калий АТФ-аза) жұмыс істеу принципі

(а) жасушаның ішіне бағытталған отырғызу орындары натрийге жоғары және калийге төмен тартылу қабілетіне ие. Осы сәтке дейін АТФ-аза молекуласымен байланысты болған калий иондары босатылады, ал натрий иондары онымен байланысады. (б) натрий байланыстырылғаннан кейін АТФ молекуласының байланыстырылуы және ферменттің фосфорлануы жүреді. (в) фосфорлану нәтижесінде фермент құрылымында отыратын орындарды жасушадан тыс ортаға жылжытуға еңгелігін өзгерістер болады. (в) мұндай жағдайда отырғызу орындарының натрийге тартылуы төмен, ал калийге тартылуы жоғары, сондықтан натрий иондары жасушадан тыс ортаға босатылады, ал калий иондары АТФ-аза молекуласымен байланысады. (г) калий иондарын байланыстыру кезінде АТФ-аза дефосфорилденеді. (г) басташқы күйге қайтару

жасуша мембранасында арнайы нәруыз-натрий-калий сорғысы пайда болды. Бұл трансмембраналық (яғни, мембрананы тесіп өтетін) нәруыз натрий ионынын жасушадан айдап шығарып, орнына калий иондарын кіргізеді: әрбір “шығарылған” үш натрий ионына “жұтылған” екі калийден келеді және АТФ бір молекуласы ыдырайды. Жасуша осының нәтижесінде пайда болатын химиялық және электрлік градиенттерді пайдалануға бейімделді, мысалы, тыныштық потенциалы, симпорт және жасушаның көлемін қолдау үшін қажетті потенциалдар.

Натрий-калий сорғысы — бұл концентрация градиентіне қарсы цитоплазмалық мембрана арқылы активті тасымал механизмдерінің бірі.

Натрий-калий сорғысы өз жұмысының бір циклі ішінде жасушадан үш натрий ионын (3Na^+) сыртқа шығарып және екі калий ионын (2K^+) жасуша ішіне тасымалдайды.

Жасушадан көп оң заряд алып тасталғандықтан, мембранада электр потенциалдарының өртүрлілігі пайда болады (жасушаның ішкі ортасы сыртқы ортаға қатысты теріс зарядталған). Потенциалдың айырмашылығы, өз кезегінде, АТФ-тің ыдырауына және энергияны босатуға өкеледі. Натрий мен калийді қайта айдау жасушалық көлемді сақтау (осморегуляция), жүйке және бұлшықет жасушаларында электр белсенділігін қолдау үшін, сондай-ақ қанттарды, амин қышқылдарын және т.б. активті тасымалдау қажет. Жасушадағы калий нөруыз синтезінде, гликолизде, фотосинтезде қажет.

Натрий-калий сорғысы, шын мәнінде, АТФ ыдырататын фермент болып табылады. Фермент натрий-калийге-төуелді аденозинүшфосфатаза (Na^+/K^+ -АТФ-аза) деп аталады. Ол мембраналарда орналасқан (интегралды нөруыз болып табылады) және жасуша сыртындағы калий иондарының немесе ішіндегі натрий иондарының концентрациясы жоғарылаған кезде жұмыс істей бастайды.

Сорғы ашылатын және жабылатын өзектер принциптері бойынша жұмыс істейді. Нөруыз натрий иондарымен байланысқан кезде, сутекті байланыс үзіледі және формасы өзгереді. Еңсіз ішкі қуыс пайда болады, ол арқылы натрий иондары сыртқа шығады, ал калий иондары сыртқа созыла алмайды. Натрий иондарының шығуы ферменттің конформациясын қайтадан өзгертеді, нәтижесінде басқа өзек ашылады, ол арқылы жасушаға калий иондары түсуі мүмкін.

Натрий иондарын байланыстырғаннан кейін АТФ-тің ыдырауы жүреді. Бөлінетін энергия Na^+ ионы шығу үшін фермент конформациясының өзгеруіне жұмсалады.

Бұл жағдайда байланыстыру орындарының натрий иондарына тартылуы төмен, ал калий иондарына жоғары болады, сондықтан калий иондары натрий иондарын алмастырады. Калийді байланыстыру ферменттің дефосфорилденуін тудырады және сорғыны бастапқы қалыпқа қайтарады, ал калий иондары жасушаішлік кеңістікке босатылады.

Сонымен біз жасушаның мембранасында иондардың концентрация градиенті бар екенін түсіндік. Бұл — мембранада саңылау пайда болған жағдайда, жасуша мембранасы арқылы иондық токтардың өтуі кезінде босатылуы мүмкін жасушада қорға жиналған потенциалдық энергия. Шынында да, арнайы трансмембраналық нөруызды құрылымдардың көмегімен мембранада жасушадан тыс және жасушаішлік ортаны байланыстырып отыратын тесіктер (саңылаулар) пайда болады. Бұл нөруызды мембраналық құрылымдар *иондық өзектер* деп аталды. Ионды өзектерді электр ионды токтарды жүргізетін жүйелер ретінде, ал тасымалдаушыларды мұндай өткізу мүмкін болатын базалық шарттарды қамтамасыз ету жүйесі ретінде қарастыру қажет.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Метаболизм энергиясы есебінен не бөлінетінін сипаттаңдар.
2. Тірі жасушадағы иондардың белсенді тасымалының төрт жүйесін атаңдар.



1. Натрий мен калий иондарының мембрана арқылы тасымалдануын сипаттаңдар.
2. Натрий-калий сорғысының (натрий-калий АТФ-азы) жұмыс істеу принципін сипаттаңдар).



1. Тірі жасушадағы иондардың белсенді тасымал түрлерінің механизмін дәлелдеп, потенциал айырмашылығының қайда болатынын түсіндіріңдер.
2. Натрий-калий алмасу сорғысының механизм схемасын сызып талдаңдар.



1. АТФ ыдырауы қай кезде жүзеге асатынын талқылаңдар және қайда жұмсалатынын түсіндіріңдер.
2. Ашылатын және жабылатын арналар принципі бойынша әрекет ететін сорғы ұғымын талқылаңдар.



Әрекет потенциалының 120 мВ құрайды, егер тұтасқанатты балықтың (электрлі жұпбалық) электр қуаты 600 В-қа жететін болса, разрядты құруға қанша мембраналар қатысады.

§ 18. МЕМБРАНАЛЫҚ ПОТЕНЦИАЛДЫ САҚТАУДАҒЫ БЕЛСЕНДІ ТАСЫМАЛДЫҢ РӨЛІ

Бұл сабақта:

- мембраналық потенциалды сақтаудағы активті тасымалдаудың маңызын анықтайсыңдар;
- заттардың мембрана арқылы активті тасымалдану түрлерімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- мембрананың жасушадағы рөлін;
- көмекші-нәруыздардың ерекшеліктерін;
- белсенді тасымалдың жасуша үшін маңызын.

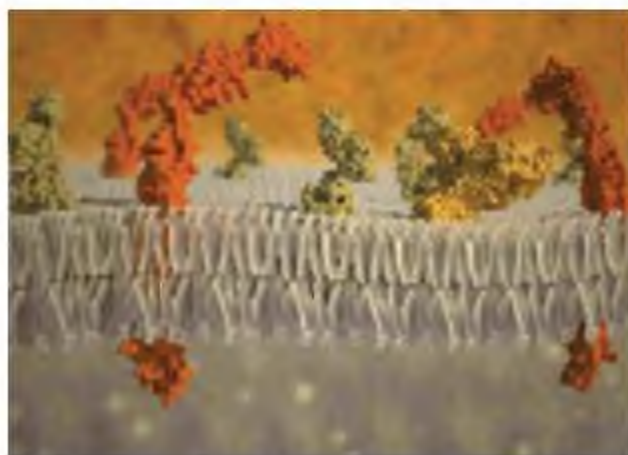
Кілт түсініктер:

Активті тасымалдау, мембрана, тосқауыл, шлюз, нәруыз, сорғы, ко-тасымалдау

Активті тасымалдау цитоплазманың мембрана арқылы жүзеге асады — күрделі және энергия шығынын көп қажет ететін процесс.

Заттардың мембрана арқылы активті тасымалдану түрлері. Заттардың мембрана арқылы активті тасымалдануы бақыланатын процесс, концентрация градиентіне қарсы бағытта жүреді (заттар концентрациясы аз ортадан концентрациясы көп ортаға қарай тасымалданады) және тасымалдануға энергия шығындалады. Қолданылатын энергия көзіне қарай мынадай тасымалдау түрлері бар: біріншілік активті (энергия көзі — аденозинүшфосфорлы қышқылдың АТФ аденозинді фосфорлы қышқылға АДФ гидролизі). Екіншілік активті (заттардың біріншілік активті тасымалдану механизмі нәтижесінде пайда болған екіншілік энергиямен қамтамасыз етіледі).

Көмекші-нәруыздар. Бірінші жағдайда да, екінші жағдайда да тасымалдау көмекші-нәруыздарсыз мүмкін емес. Бұл тасымалдаушы-нәруыздар белгілі бір молекулаларды, кейде тіпті молекулалардың нақты бір түрлерін ғана тасымалдауға арналған арнайы нәруыздар болып табылады. Бұл — бактериялардың мутацияланған гендеріне жүргізілген тәжірибелік жұмыстар нәтижесінде дәлелденді. Трансмембраналық тасымалдаушы-нәруыздар өздері тасымалдаушы (молекулалармен өзара әрекеттесіп, тікелей оны мембрана арқылы өткізеді) немесе каналтүзуші болуы мүмкін (мембранада арнайы заттар үшін ғана ашылатын каналдар қалыптастырады) (3.11-сурет).



3.11-сурет. Трансмембраналық көмекші-нәруыздар

Натрий мен калийге арналған сорғы. Na^+ —, K^+ — сорғы — заттардың мембрана арқылы біріншілік активті тасымалдануының көп зерттелген мысалы болып табылады. Бұл механизм мембрананың екі жағында Na^+ және K^+ иондарының концентрацияларының айырмашылығын қамтамасыз етеді. Ал бұл жасушада осмотық қысым мен басқа да алмасу процестерінің тұрақтылығы үшін қажет. Трансмембраналық көмекші-нәруыз — натрий-калийлік АТФ-аза — үш бөліктен тұрады: мембрананың сыртқы қабатында нәруызда калий иондарына арналған екі рецептор орналасады. Мембрананың ішкі қабатында — натрий иондарына арналған үш рецептор.

Нәруыздың ішкі бөлігіне АТФ активтілік төн. Калийдің екі ионы мен натрийдің үш ионы мембрананың екі жағындағы нәруыздың рецепторларымен байланысқанда АТФ активтілік іске қосылады. АТФ молекуласы АДФ-ке дейін гидролизденеді, бөлінген энергия калий иондарының ішкі қабатына, ал натрий иондарының цитоплазмалық мембрананың сыртқы қабатына тасымалдануына жұмсалады. Таңғаларлығы, бұндай сорғының пайдалы әсер коэффициенті 90%-ке жоғары екені есептелінді.



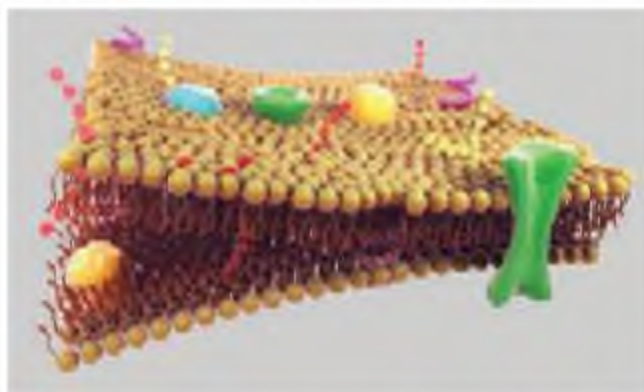
Іштен жанатын қозғалтқыштың ПӘК (пайдалы әсер коэффициенті) — 40% шамасында, электрлік қозғалтқыштікі — 80%-ке дейін. Қызық ақпарат, сорғы кері бағытта да жұмыс істей алады, сонымен қатар АТФ синтезі үшін фосфаттардың доноры бола алады.

Кейбір жасушалар үшін (мысалы, нейрондар үшін) барлық энергияның 70%-ке жуығы натрий иондарын жасушадан шығаруға және калий иондарын ішке кіргізуге жұмсалады. Активті тасымалдаудың осы принципі бойынша кальций, хлор, сутек және кейбір катиондардың (оң зарядты иондар) сорғылары жұмыс істейді. Аниондар (теріс зарядты иондар) үшін мұндай сорғылар анықталмаған.

Көмірсулар мен аминқышқылдардың ко-тасымалдануы. Екіншілік активті тасымалдаудың мысалына, глюкоза, аминқышқылдар, йод, темір және несеп қышқылының жасуша ішіне тасымалдануы жатады.

Калий-натрий сорғысының жұмысы нәтижесінде натрий концентрациясының градиенті қалыптасады: сыртқы қабатта концентрация жоғары, ішкі қабатта — төмен (кейде 10—20 есе). Натрий жасушаның ішіне диффузиялануға тырысады және осы диффузияның энергиясы заттардың сыртқа тасымалдануы үшін жұмсалуды мүмкін. Бұл механизм *ко-тасымалдау* немесе *беттескен активті тасымалдау* деп аталады.

Бұл жағдайда сыртқы қабат жағынан тасымалдаушы-нәруызда екі рецепторлық орталық болады: біреуі натрий үшін, ал екіншісі — тасымалданушы элемент үшін. Екі рецептор іске қосылғаннан кейін ғана нәруыз конформациялық өзгеріске ұшырайды, натрий диффузиясының энергиясы тасымалданушы затты жасушаның ішіне концентрация градиентіне қарсы бағытта өткізеді (3.12-сурет).



3.12-сурет. Көмірсулар мен аминқышқылдардың ко-тасымалдануы

Активті тасымалдаудың жасуша үшін маңызы. Егер заттардың мембрана арқылы диффузиясы ұзақ уақыт жүрсе, жасушаның сыртқы қабаты мен ішкі қабатында олардың концентрациясы тең болады. Ал мұндай жағдай жасушаның өз тіршілігін жоюмен бірдей. Себебі барлық биохимиялық процестер электрлік потенциалдар айырымы бар ортада өтуі керек. Өйткені концентрация градиентіне қарсы заттардың активті тасымалдауынсыз, нейрондар жүйке импульстерін өткізе алмай-

ды. Ал бұлшықет жасушалары жиырылу мүмкіндігінен айырылады. Жасуша осмостық қысымды тұрақты ұстай алмай жаншылып қалады. Зат алмасу өнімдері сыртқа шығарылмайды. Гормондар да ешқашан қанға түспейді. Тіпті амеба да осы иондық сорғылар көмегімен энергия жұмсап, өз мембранасында потенциалдар айырымын тудырады.

Мембраналық потенциал — жасушадағы тыныштық потенциалының қалыптасу механизмі жайлы ақпаратты тұжырымдайды. Жасушалық мембрананың ішкі қабатында теріс зарядты потенциалдың көп бөлігі түзілетін негізгі процесс — калий иондарының өзінің концентрация градиенті бойынша калий каналдары — интегралды нәруыздар арқылы жасушадан пассивті шығуын кідіртетін электрлік потенциалдың пайда болуы. Басқа иондар (мысалы, натрий иондары) аз дәрежелі ғана потенциал тудыруға қатысады, сондықтан мембрананың өткізгіштігі калий иондарына қарағанда натрий иондары үшін төмен, яғни бұл иондарға арналған каналдардың саны тыныштық жағдайында көп емес.

Тыныштық потенциалын тұрақты ұстау үшін өте қажет маңызды шарт: жасушада (жасушалық мембранада) иондық сорғыштың (интегралды нәруыз) болуы — ол жасуша ішінде натрий иондарының концентрациясының төмен деңгейін қамтамасыз етіп, калий иондарын басты потенциал түзуші жасушаішілік иондар болатындай алғышарт жасайды.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. "Активті тасымалдау" ұғымына анықтама беріңдер. "Мембрана" — "тосқауыл" және "шлюз" ұғымдарын түсіндіріңдер.
2. Заттардың мембрана арқылы активті тасымалдану түрінің ерекшелігін атаңдар.
3. Көмекші-нәруыздардың ерекшелігін сипаттаңдар.



1. K, Na, АТФ иондарды тасымалдау қандай рөл атқарады?
2. Мембранадағы потенциал қайдан пайда болатынын түсіндіріңдер.



1. Жасуша үшін активті тасымалдаудың маңызын дәлелдеңдер.
2. Мембрана құрылысының суретін салып талдаңдар.



1. Трансмембраналық тасымалдаушы-нәруыздардың ерекшелігін талқылаңдар.
2. Заттардың мембрана арқылы активті тасымалдануының түрлеріне сипаттама беріңдер.
3. Мембраналық потенциалды тұрақты ұстаудағы активті тасымалдаудың рөлін сипаттай білуі тиіс.
4. Оқулық мәтіндерінен ақпарат тауып, бағалай білуі тиіс. Оқулық тақырыптарындағы ақпаратқа диалог жүргізе білуі тиіс.
5. Мембраналық потенциалды тұрақты ұстаудағы активті тасымалдаудың рөлін сипаттаңдар.
6. Заттардың мембрана арқылы активті тасымалдануының механизмін сипаттаңдар.

Натрий-калий сорғышының ашылу тарихы туралы интернет көздерін пайдалана отырып реферат жазыңдар.

§ 19. СУ ПОТЕНЦИАЛЫ

Бұл сабақта:

- түрлі концентрациялы тұз ерітінділеріндегі жасушалардың су потенциалын зерттейсіңдер;
- су потенциалының қасиетін білесіңдер;
- осмотың маңыздылығымен танысасыңдар;
- өсімдік жасушаларында вакуольдің қалай түзілетінін білесіңдер.3

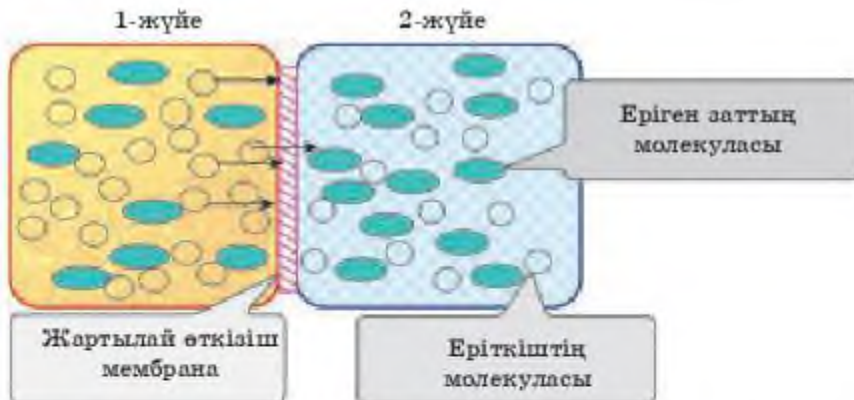
Сендер білесіңдер ме:

- судың термодинамикалық жағдайының көрсеткіші ретінде *су потенциалы* ұғымын;
- өсімдік жасушасын осмотикалық жүйе ретінде қарастыруға болатынын;
- өсімдік жасушасына судың қалай енетінін.

Кілт түсініктер:

осмос, потенциал, тонопласт, плазмалемма, гидростатикалық қысым

Өсімдік жасушасы осмос заңдары бойынша суды сіңіреді. Осмос әртүрлі концентрациясы бар заттардың екі жүйесі жартылай өткізгіш мембрана арқылы байланысқанда анықталады. Бұл жағдайда термодинамика заңдары бойынша концентрацияларын теңестіру мембранадан өте алатын заттардың есебінен жүреді.



3.13-сурет. Белсенді заттардың әртүрлі концентрациялары бар жүйелер

Осмотикалық белсенді заттары бар концентрациясы әртүрлі екі жүйені қарастыру кезінде 1- және 2-жүйедегі концентрациялардың теңесуі тек судың орын ауыстыруы нәтижесінде ғана мүмкін болады. 1-жүйеде су концентрациясы жоғары, сондықтан су ағыны 1-жүйеден 2-жүйеге бағытталған. Тепе-теңдік орнағанда нақты ағын нөлге тең болады (3.13-сурет).

Өсімдік жасушасын осмотикалық жүйе ретінде қарастыруға болады. Жасуша қабырғасы белгілі бір икемділікке ие және созылуы мүмкін. Вакуольдерде суда еритін заттар (қант, органикалық қышқылдар, тұздар) жиналады, олар осмотикалық белсенділікке ие. Тонопласт пен

плазмалемма осы жүйеде жартылай өткізгіш мембрананың функциясын атқарады. Өйткені бұл құрылымдар іріктеп өткізеді және су жасуша шырынында және цитоплазмада ерітілген заттармен салыстырғанда әлдеқайда жеңіл өтеді.

Су молекулаларының бір жерден екіншісіне ауысу мүмкіндігі су потенциалымен өлшенеді (ψ_s). Термодинамика заңы бойынша су әрдайым жоғары су потенциалы бар аймақтан төмен аймаққа қарай жылжиды.

Су потенциалы (ψ_s) — судың термодинамикалық күйінің көрсеткіші. Су молекулалары кинетикалық энергияға ие, сұйықтық пен су буында олар ретсіз қозғалады. Су потенциалы молекулалардың концентрациясы және олардың жалпы кинетикалық энергиясы жоғары жүйеде басым болады. Таза (тазартылған) су ең жоғары су потенциалына ие. Мұндай жүйенің су потенциалы шартты түрде нөл деп қабылданған (3.14-сурет).

Су потенциалын өлшеу бірліктері қысым бірліктері болып табылады: атмосфера, паскаль, бар:

$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ (Н — ньютон); $1 \text{ бар} = 0,987 \text{ атм} = 105 \text{ Па} = 100 \text{ кПа}$;
 $1 \text{ атм} = 1,0132 \text{ бар}$; $1000 \text{ кПа} = 1 \text{ МПа}$

Суда басқа заттың еруі кезінде судың концентрациясы, су молекуласының кинетикалық энергиясы, су потенциалы төмендейді. Барлық ерітінділерде су потенциалы таза суға қарағанда төмен, яғни стандартты жағдайларда ол теріс шамамен көрінеді. Сандық жағынан мұндай төмендету осмотық потенциал ($\psi_{\text{осм}}$) деп аталатын шамамен көрсетіледі. Осмотикалық потенциал — бұл ерітілген заттардың есебінен су потенциалын төмендету. Ерітілген зат молекулаларының ерітіндісінде көп болған сайын, соғұрлым осмотық потенциал төмен болады.



3.14-сурет. Өсімдік жасушасына судың келуі

Жасуша ішіне су енген уақытта оның көлемі ұлғаяды, сонымен қатар жасушаның ішіндегі гидростатикалық қысым артады, ол плазмалемманы жасушаның қабырғасына қысуға мәжбүрлейді. Жасушалық қабық, өз кезегінде, қысым потенциалымен ($\psi_{\text{қысым}}$) немесе гидростатикалық потенциалмен сипатталады, ол, әдетте, оң мәнге ие және жасушада су көп болған сайын жоғарылай түседі.

Осылайша жасушаның су потенциалы осмотық әсер етуші заттардың концентрациясына — осмотық потенциал ($\psi_{\text{осм.}}$) және қысым потенциалына ($\psi_{\text{қысым.}}$) байланысты.

Су жасуша қабықшасына қысым (плазмолиздің немесе жанасу күйі) түсірмесе, жасушалық қабықшаның қысымға қарсылығы нөлге тең болса, су потенциалы осмотикалық жағдайға тең:

$$\psi_{\text{с.}} = \psi_{\text{осм.}}$$

Жасушаға судың түсуіне қарай жасушалық қабықшада қарсы қысым пайда болады, су потенциалы осмотық потенциал мен қысым потенциалының арасындағы айырмашылыққа тең болады:

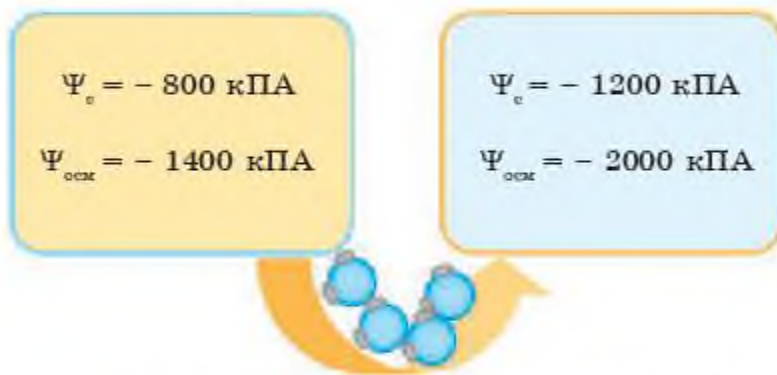
$$\psi_{\text{с.}} = \psi_{\text{осм.}} + \psi_{\text{қысым}}$$

Жасушалық шырынның осмотикалық потенциалы мен жасушалық қабықтың қарсы қысымы арасындағы айырмашылық судың жасушаға түсуін анықтайды.

Жасушалық қабық шегіне дейін созылатын жағдайда, осмотикалық потенциал жасушалық қабықтың қарсы қысымына теңестіріледі, су потенциалы нөлге тең болады, судың жасушаға түсуін тоқтатады:

$$- \psi_{\text{осм.}} = \psi_{\text{қысым}}, \psi_{\text{с.}} = 0$$

Су ерқашан теріс мәндегі су потенциалына қарай энергия көп болатын жүйеден энергия аз болатын жүйеге қарай жылжиды.



Жасушаға су ісіну күші есебінен де енуі мүмкін. Оң және теріс зарядталған топтар болады. Неруыздар мен жасушаның құрамына кіретін басқа да заттар су диполін тартады. Құрамында гемицел-

люлозалар мен пектинді заттары бар жасушалық қабырға, жоғары молекулалық полярлық қосылыстары құрғақ массаның 80% -ке жуығын құрайтын целлюлоза ісінуге қабілетті болады. Су диффузия жолымен ісінетін құрылымға өтеді, судың қозғалысы концентрация градиенті бойынша жүреді. Ісіну күшін матрицалық потенциал деп атайды. $\psi_{\text{матр.}}$ белгісімен белгілейді.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Осмотық потенциалға анықтама беріңдер, оның жасушалардың суды сіңіруіндегі рөлін көрсетіңдер.
2. Су потенциалы, осмотық потенциал және қысым потенциалының арасындағы байланысты көрсетіңдер.
3. Су потенциалының мәнін түсіндіріңдер.



1. Судың термодинамикалық жағдайының көрсеткіші ретінде "су потенциалы" ұғымын анықтаңдар.
2. Өсімдік жасушасын осмотық жүйе ретінде сипаттаңдар.



1. Қозғалу кезінде осмотық белсенді заттардың шоғырлану механизмін дәлелдендер.
2. Осмотикалық белсенді заттардың әртүрлі концентрациясы бар екі жүйенің қозғалыс жолдарын сызып талдаңдар.



1. Өсімдік түтіктері бойынша заттарды тасымалдау жолдары қалай жүретінін сипаттап беріңдер.
2. Су потенциалы, осмотикалық потенциалы және қысым потенциалы арасындағы байланысты сипаттаңдар.



1. Өсімдіктердің тіршілік әрекетін қарастырғанда, су потенциалы туралы не үшін айта-тынын талқылаңдар.

3.1-зертханалық жұмыс

"Түрлі концентрациялы тұз ерітінділеріндегі жасушалардың су потенциалын анықтау"

Жасуша шырыны — бұл әртүрлі органикалық және бейорганикалық заттардың сулы ерітіндісі. Жасуша шырынының потенциалды осмотық қысымы — бұл жасушаның суды сіңіруінің максималды қабілеттілігі. Ол осы ерітіндідегі бөлшектердің санына, яғни ерітілген молекулалардың концентрациясы мен диссоциация дәрежесіне байланысты болады. Жасуша шырынының потенциалды осмотық қысымының көлемі топырақтың суды ұстап тұру күшіне байланысты.

Бұл жұмыста қолданылатын әдіс зерттелетін ұлпаның жасушаларында ең алғашқы плазмолизді тудыратын сулы ерітінді концентрациясын таңдауға негізделген.

Бұндай жағдайда жасуша шырынының осмотық қысымы, шамамен ерітіндідегі осмотық қысымға тең. Бұл *изотониялық ерітінді* деп аталады.

Жұмыстың мақсаты: өсімдік жасушасындағы плазмолиз дәрежесін бақылай отырып, жасуша шырынының осмотық қысымын есептеуді үйрену.

Құрал-жабдықтар: пиязшықтың пигментті қабыршағы, 1,0 М кальций нитратының ерітіндісі, 1,0 м сахароза ерітіндісі, дистилденген су, химиялық шыны түтік (5 дана), 50 см³ шыны стақан, заттық шыны (5 дана) 5 10 см³-тық шыны тамшуырлар, сүзгі қағаз, пинцет, дозатор, шыныжазба, анатомиялық тамшуырларға арналған тұрғы, құрылғыларға арналған штатив, құмсағат 3 мин-қа, микроскоп “Биолам 70-р”.

Жұмысбарысы: қақпағы жабылатын шыны бюкстерде 10 см³-ден 0,1 М; 0,3 М; 0,5 М; 0,7 М; 10 М концентрациялы калий нитраты ерітіндісін 1рМ бастапқы ерітіндіні дистилденген сумен сұйылта отырып дайындайды. Ерітінділерді жақсылап араластырып, бюкстердің сыртына сәйкес ерітінділердің концентрациясы жазылған таңбалар жабыстырылады.

Жоғары концентрациядан төменге қарай жүре отырып, 3 мин өткен сайын ерітіндінің әрқайсысына боялған пияз эпидермисінің 2 кесіндісін салады 5x5 мм. Препараттардың боялуы мен ерітіндіге батып тұруын қадағалау қажет! Бірінші бюкске кесінділерді салған сәттен бастап 20 мин уақыт өткеннен кейін заттық шыныға бюкстегі ерітіндіден 1 тамшы тамызып, оның үстіне пияз эпидермисін салып, жаншылған препарат дайындап, оны микроскоп көмегімен бақылайды. Жасушалар плазмолизінің дәрежесін анықтап, тәжірибені кестенің тиісті бағанына байқалған өзгерістерді жазады (күшті, әлсіз, сал байқалатын, жасуша бұрыштары бойынша, плазмолиз жоқ).

Қорытынды: Бақылау нәтижелері бойынша изотоникалық концентрацияның мәнін анықтап, оны есептеу формуласына қояды. Изотоникалық концентрацияны плазмолиз шамалы (әлсіз) байқалатын және плазмолиз тудырмайтын концентрациялардың орташа арифметикалық мәнін есептеу арқылы анықтайды.

1-кесте

Изотоникалық концентрацияны анықтау

Ерітінді концен- трациясы моль/л	Ерітінді дайындау үшін		Плазмолиз дәрежесі	Изотоникалық концентрация (моль/дм ³)
	1,0 М КNO ₃ , мл	H ₂ O, мл		
0,5 М	5	5		
0,4 М	4	6		
0,3 М	3	7		
0,2 М	2	8		
0,1 М	1	9		

Вант-Гофф бойынша сұйылтылған ерітінділер жағдайында осмостық қысым физикадағы газ заңдарына бағынады. Сондықтан ерітіндінің осмостық потенциалын анықтау үшін төмендегі формуланы қолдануға болады:

$$P_o = R \times T \times C \times i$$

мұндағы,

P — потенциалды осмостық қысым;

R — газ тұрақтысы (0,082);

T — абсолютті температура (273 + t°C);

C — изотониялық ерітіндінің концентрациясы, моль/дм³;

i — ерітілген заттың диссоциация дәрежесін сипаттайтын Вант-Гоффтың изотониялық коэффициенті.

Изотоникалық коэффициент мынадай формула бойынша анықталады

$$i = 1 + \alpha (n - 1)$$

мұндағы, α — электролиттің диссоциация дәрежесі (оның KNO_3 ерітіндісінің әртүрлі концентрациясы үшін мәні 2-кестеде келтірілген; n — заттың молекуласы диссоциацияланатын иондардың саны.

2-кестеде ерітінділердің диссоциациялану дәрежесі көрсетілген.

2-кесте

Ерітінділердің диссоциация дәрежесі

Ерітіндінің концентрациясы (моль/дм ³)	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
Диссоциация дәрежесі	0,71	0,74	0,76	0,79	0,83

Жұмысты қорытындылау. Алынған нәтижелер негізінде изотоникалық концентрацияны, изотониялық коэффициентті және осмотық қысымның мәнін есептеу қажет. Осыған байланысты дәптерге есептеулер жүргізіп, сәйкесінше қорытынды жазыңдар.



ТАРАУ БОЙЫНША ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. "Транслокация" терминіне анықтама беріңдер және мысалдар келтіріңдер.
2. Флоэма арқылы транслокацияның ерекшеліктерін сипаттаңдар және мысалдар келтіріңдер.
3. Заттардың елек түтіктері арқылы тасымалдануын сипаттаңдар.
4. Сендер білетін өсімдіктердегі заттарды тасымалдаудың қандай жолдары бар? Оларды сипаттаңдар.
5. Өсімдіктердегі су қозғалысының сызбасын салыңдар.
6. Заттың жасуша мембранасы арқылы тасымалдану түрлерін сипаттаңдар.
7. Активті және пассивті тасымалдауды салыстырыңдар. Қайсы түрі қосымша қуат арқылы жүзеге асады?
8. Диффузия процесін сипаттаңдар және мысалдар келтіріңдер.
9. Иондардың мембрана арқылы өтуін сипаттаңдар.
10. "Активті тасымалдау" ұғымын түсіндіріңдер.
11. Мембранада пассивті тасымалдау арқылы қандай заттар тасымалданатынын түсіндіріңдер.
12. Қандай заттарды тасымалдауда қосымша энергия жұмсалатындығын дәлелдеңдер.
13. Глюкозаның жасуша мембранасына өту механизмін сипаттаңдар.
14. Натрий-калий жолының механизмін сипаттаңдар.
15. Мембраналық потенциалды сақтауда активті тасымалдаудың рөлін түсіндіріңдер.
16. *Тасымалдау* терминін түсіндіріп, мысалдар келтіріңдер.
17. Өсімдік жасушаларындағы су потенциалын сипаттаңдар. Мысалдар келтіріңдер.
18. Органикалық қосылыстардың жасушаға тасымалдануын сипаттаңдар.
19. Тірі организмдер үшін осмотық маңыздылығын түсіндіріңдер.
20. Жасуша мембранасында потенциал қандай процестер арқылы құрылатынын түсіндіріңдер.

§ 20. БИОЛОГИЯДАҒЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ. “БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ” ҰҒЫМЫ

Бұл сабақта:

- биологиядағы басқару жүйесін сипаттауды үйренесіңдер;
- тірі организмдерді реттеу принциптерін оқисыңдар;
- тура және кері байланыспен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- “биологиядағы басқару жүйесі” ұғымын;
- тірі организмдердегі реттеу принциптерін сипаттауды;
- тура және кері байланыс болатын реттеуге мысал келтіруді.

Кілт түсініктер:

реттеу, тура және кері байланыс, оң және теріс байланыс, детектор, регулятор, модулятор, эффектор

Биологиялық процестерге басқару жүйесін қатаң қолдану көптеген физиологиялық механизмдердің компоненттерінің арасындағы функционалдық қарым-қатынасты терең түсінуге және бұрын бұлыңғыр болып көрінетін көптеген нәрселерді анықтауға мүмкіндік берді. Мысалы, тірі жүйелер енді ашық жүйелер ретінде қарастырылады, өйткені олар қоршаған ортамен үнемі қарым-қатынаста болуды қажет етеді. Шын мәнінде, тірі жүйелер ортамен динамикалық тепе-теңдікте болады. Қоршаған ортамен толық тепе-теңдікті болдырмау үшін тұрақты энергия ағыны қажет. Тепе-теңдік тек кейін ғана орнауы мүмкін, ол ортаға қатысты термодинамикалық түрде тұрақты болады. Биологиядағы басқару жүйесі дегеніміз — ортаның тұрақтылығын қамтамасыз ететін және ішкі орта жағдайларына бейімделетін организмнің барлық құрылымдарының және физиологиялық процестердің жиынтығын түсіну. Кез келген басқару жүйесінің негізгі компоненттері 4.1-суретте көрсетілген:



4.1-сурет. Басқару жүйесінің негізгі компоненттері

Барлық басқару жүйесінің тиімділік өлшемі болып реттелетін көрсеткіштің тиісті (оңтайлы) деңгейден ауытқу дәрежесін және осы деңгейге қайта оралу жылдамдығын көрсетеді. Гомеостатикалық, яғни организмнің тепе-теңдігін ұстап тұратын сұйықтық механизмдері тербеліс еркіндігінде болуы тиіс, өйткені тербелістер басқару жүйесін белсендендіріп, туындаған өзгерісті қалыпты жағдайға қайта қайтарады. Мұндай жүйелер компоненттерінің шығуы-кіруімен реттелуі мүмкін қосылыстарға, яғни олар кері байланыс принципі бойынша әрекет ететін қосылыстарға негізделген. Кері байланыс жүйелерінің көпшілігінде шығу бір мезгілде кіру қызметін де атқарады.

Кері байланысты жүзеге асыру үшін берілген жүйенің жұмыс нәтижесі реттелетін көрсеткіштің (айнымалы) оңтайлы мәні болып табылатын берілген мәнмен (“тапсырылған”) салыстырылуы керек, ал одан ауытқыған жағдайда тиісті түрде өзгеруі қажет. Кері байланыстың екі түрі бар — *теріс және оң*. Біріншісі тірі организмдердің гомеостатикалық жүйелерінде салыстырмалы түрде кең таралған. Оң кері байланыс — шығыс сигналының өзгеруі кіріс сигналының өзгеруіне алып келетін шығыс сигналының бастапқы мәннен әрі қарай ауытқуына ықпал ететін кері байланыс түрі. Оң кері байланыс теріс кері байланысқа қарама-қарсы. Теріс кері байланыс кезінде шығыс сигналдың өзгеруі, керісінше, кіріс сигналының осындай өзгеруіне әкеледі, бұл шығыс сигналдың бастапқы мәннен ауытқуын одан әрі төмендетеді.

Теріс кері байланыс жүйенің тұрақтылығын арттырады (4.2-сурет). Жүйенің тепе-теңдігі бұзылғанда бірнеше салдарлары пайда болады, теріс кері байланыс бұзылу салдарын жойып, жүйені бастапқы қалпына әкелуге көмектеседі. Электр пешіндегі температураны реттеуді теріс және кері байланыс принципінің мысалы ретінде қарастыруға болады. Электр пешінің басқару жүйесі *кіруден* (қыздыру элементі арқылы



4.2-сурет. Басқарудың гомеостатикалық жүйесі. Бағыттаушымен әсер ету бағыттары көрсетілген

өтетін электр тогы), шығудан (пештің температурасы) және қажетті температураға орнатылған *термостаттан* тұрады. Термостат модулятор сияқты әрекет етеді. Егер ол 150°C температураға қойылған болса, электр тогы пештің температурасы 150°C болмайынша қыздыру элементінен өте беретін болады, содан кейін термостат өшіріледі де, қыздыру тоқтатылады. Температура 150°C-тан төмен түссе, термостат қайта қосылып, электр тогы тағы да температураны қажетті мәнге көтереді. Бұл жүйеде термостат *қателік детекторының* қызметін атқарады. Іс жүзіндегі шығу мен оның тапсырылған мәні арасындағы айырмашылық *қателік* болып табылады және ол кіруді көбейту арқылы жойылады. Бұл көптеген физиологиялық реттеу механизмдері үшін бірдей болып келетін, тұйық тізбегі бар тұрақты жүйенің мысалы болып саналады.

Теріс кері байланысы бар биологиялық механизмдердің мысалына қандағы тыныс алу газдарының кернеуін, жүрек соғысының жиілігін, артериалды қан қысымын, қандағы гормондар мен метаболиттердің деңгейін, су мен электролит тепе-теңдігін реттеуді, дененің температурасы мен рН-ын реттеуді жатқызуға болады.

И.П. Павловтың пікірі бойынша, тірі организм — күрделі жекеленген жүйе, яғни ондағы ішкі күштер әрдайым сыртқы орта күшімен теңеседі. Теңесудің негізіне физиологиялық әрекеттерімен басқарылатын реттелу процесі жатады. Бұл тірі организмдегі бейімделудің нәтижелері — организм үшін пайдалы немесе анық бір мақсатқа жету үшін әрекеттенудің қажетті тәртібін қамтамасыз ететін процестердің жиынтығы. Х.К. Сәтбаев және А.Д. Соколов бастаған Қазақстан ғалымдары шартты рефлекстердің дамуын, оның тежелуін, әртүрлі әдістерді қолдана отырып, жадын зерттеуге және эмоционалды жағдайдың өзгерісін бақылауға арналған эксперименттер өткізді. Бұл зерттеу адамдағы эмоцияны физиологиялық тұрғыда қарастыруға ұсынылды. Тірі организмдегі басқарылу жүйесі мүшелер мен жүйелердің өзара әрекеттесуі кезінде пайда болуы мүмкін. Басқарылу заңдылығын *кибернетика* зерттейді. Кибернетика — қоғамдағы және тірі жүйелердегі басқарылудың жалпы принциптері. Медициналық, физиологиялық кибернетика тірі организмдегі басқару процестерін зерттейді.

Басқарылу екі негізгі принциппен жүзеге асырылады: 1) ауытқу бойынша; 2) қарсылық бойынша.

Басқарудың жолдары:

1. Қызметтердің басталу реакциясы — бұл реакция ішкі ортадағы жағдайлардың қандай бағытта өзгертіндігін, өзгергендігін анықтап, басқару жүйелеріне ақпарат жіберіп, соның арқасында осы өзгерістерді қалпына келтіруге қатысатын физиологиялық процестердің басталуын қамтамасыз етеді.

2. Коррекция — қателікті табу, оны түзеу. Орталық жүйке жүйесіне (ОЖЖ) келіп түскен сигналдар арқылы, сигналдардың талдану ба-

рысында, соған байланысты қандай өзгерістер болып жатқандығын анықтаудың арқасында механизмнің көлемі мен саны анықталып, дәл осы процесс жүзеге асырылады.

3. Қалпына келтіру — пайдалы нәтиже алу үшін бір уақытта бірнеше органдардың немесе жүйелердің жұмысын үйлестіруді қамтамасыз етеді. Мысалы, тік жүру әрекетін жүзеге асыру үшін қаңқа бұлшықеттерінің тонусының өзгеруін, дененің ауырлық сезім орталығының қозғалуын қамтамасыз ететін орталықтардың және бұлшықеттердің жұмысын үйлестіру қажет.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Басқару жүйесінің негізгі компоненттерін сипаттап беріңдер.
2. Басқарудың жолдарын түсіндіріңдер.



Глюкоза деңгейін реттеудегі оң және теріс байланыстарды бөліп көрсетіңдер.



1. Басқарудың негізгі принциптерін талдаңдар.
2. Ішкі ортаны реттейтін гомеостатикалық механизмдердің сызбасын салыңдар.



1. Тірі организмдердегі басқарудың жолдарын салыстырыңдар.
2. "Гомеостаз" ұғымын дене функцияларын реттеудің жалпы теориясы тұрғысынан сипаттаңдар.



Тірі организмдерде басқару жүйелерінің иерархиясы болады, олардың әрқайсысы өзінің өмірлік белсенділік деңгейіне жауап беретінін мысалдармен дәлелдеңдер.

§ 21. БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ НЕГІЗГІ КОМПОНЕНТТЕРІ

Бұл сабақта:

- ішкі ортаның тұрақтылығын сақтаудың механизмін үйренесіңдер;
- басқару жүйесінің негізгі компоненттерімен танысасыңдар;
- тірі организмдердің тіршілігі үшін гомеостаздың рөлін білетін боласыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- тірі жүйелерде модулятор ретінде не қызмет ете алатынын;
- ішкі ортаны реттейтін гомеостатикалық механизмдерді.

Кілт түсініктер:

басқару жүйесі, реттелуші модулятор, эффектор, гомеостаз, кіру, детектор

Организмнің ішкі ортасының реттелуін екі деңгейде — жасушалар деңгейінде және ұлпалардың деңгейінде қарастыруға болады. Жасуша цитоплазмасының құрамы жасушалық мембрананың өткізгіштігімен және нәруыз синтезіне байланысты болатын ферменттердің белсенділігімен модуляцияланып (біртекті) отырады. Плазмалық мембрана жасушаларға тек белгілі бір молекулалардың енуіне және шығуына мүмкіндік береді. Молекулалардың мембрана арқылы алмасу жылдам-

дығы диффузия, осмостық және электрлік градиенттермен мембрананың тасымалдау жүйесін қосатын белсенді механизмдермен қатаң реттеледі, мысалы, пинацитоз бен фагоцитоздағыдай.

Сол сияқты жасушаның ішінде синтезделген заттардың табиғаты мен мөлшері нәруыз синтезінің жылдамдығымен реттеледі. Жасушаішілік метаболизмді ферменттер басқарады. Спецификалық емес нәруыздарды кодтайтын ДНҚ бөлігі *ген* деп аталады. Гендердің “кіруі” мен “шығуы” индукция және репрессия жүйелерімен бақыланады.

Басқару теориясы тұрғысынан, жасушадағы стационарлық жағдайды ұстап тұру, жасушаға әртүрлі материалдардың енуі мен пайдаланылуы, яғни “кіруі” мен “шығуы” модуляторлардың белсенділігіне байланысты (4.3-сурет).

Біржасушалы және көпжасушалы организмдерде жасушалардың ішкі ортасы жоғарыда сипатталған кескін бойынша реттеледі. Біржасушалы организмдердің қоршаған ортасы сыртқы орта болғандықтан, олар оны еш бақылай алмайды. Егер олар қандай да бір қолайсыз жағдайларға тап болса, олар қолайлы жағдайларға ауыса алады, бірақ көбінесе олар қоршаған ортаға тәуелді болады, яғни олар тіршілік ету жағдайларына бейімделіп, төзімді болады. Осы микроскопиялық тіршілік иелерінің орасан көптігі құрылысының қарапайымдылығына қарамастан, олардың өмір сүру қабілетін көрсетеді. Көпжасушалы өсімдіктер мен жануарлардың жасушалары үшін қоршаған орта жасушааралық сұйықтық болып табылады. Өсімдіктерде мұндай сұйықтық рөлін сөлі, ал жәндіктерде — гемолимфа, тікентерілілерде — су, қалған жануарлардың көпшілігінде ұлпалық сұйықтық атқарады.

Жасушааралық сұйықтықтың құрамын организм реттей алады, оның деңгейі гомеостатикалық жүйелерінің жетілуіне, тиімділігіне байланысты. Сүтқоректілердің жасушааралық сұйықтығы барлық тірі жасушалар үшін ұлпалық сұйықтық болып табылады.



4.3-сурет. Жасушаішілік ортаның тұрақтылығын қолдауға қатысатын механизмдердің жалпы кескіні



4.4-сурет. Ішкі ортаны реттейтін гомеостатикалық механизмдер

Бернар Клодтың заманынан бастап ұлпалық сұйықтықтың құрамы және оны реттеу механизмдері кеңінен зерттелді. Құстар мен сүтқоректілер ұлпа сұйықтығының құрамындағы судың, газдардың, иондардың, қоректік заттардың, гормондардың, метаболизм қалдықтарының, рН пен температураның параметрлерін неғұрлым жетілдірілген түрде реттей алады. Барлық жағдайда бұл параметрлер бір немесе бірнеше ұлпалардың, мүшелердің немесе мүшелер жүйелерінің қатысуымен қатаң реттеліп отырады.

Көптеген жануарларда реттеу механизмі ми және жұлынның реттеуші орталықтарымен үйлестіріледі. Ішкі секреция бездері немесе жүйке жүйесі тарапынан болатын реакцияларды қамтиды, бұл 4.4-суретте көрсетілген.

Қорыта келе, гомеостатикалық механизмдердің бейімделу мәнін тағы да атап өткен жөн. Барлық метаболизмдік жүйелер оңтайлы жағдайлардың екі жағынан белгілі бір тар шектерде ғана тиімдірек жұмыс істейді. Гомеостазға қатысатын мүшелер мен жүйелердің ролі сыртқы және ішкі ортаның өзгерістерінен туындайтын оптимумнан ауытқуларға жол бермеуде болып табылады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Жасушаішілік тұрақтылықты қолдауға қатысатын механизмдер.
2. Ішкі ортаны реттейтін механизмдер.



1. Организмнің ішкі ортасын және оның реттелуін түсіндіріңдер.
2. Жасушаішілік метаболизмнің тұрақтылығын қамтамасыз ететін механизмді түсіндіріңдер.



1. Жасушаішілік ортаның тұрақтылығын қолдауға қатысатын механизмдердің сұлбасын келтіріңдер.
2. Ішкі ортаны реттейтін гомеостатикалық механизмдерді сипаттап, сұлбасын түсіндіріңдер.



1. Гомеостатикалық механизмдердің бейімделудегі маңызын сипаттаңдар, мысал келтіріңдер.
2. Өсімдіктердегі жасушааралық сұйықтықтың ролін көрсетіңдер.



1. Тірі организмдерде басқару жүйелерінің иерархиясы болады, олардың әрқайсысы өзінің өмірлік белсенділігінің деңгейіне жауап беретінін мысалдармен дәлелдендер.
2. Функцияларды оңтайлы реттеу үшін кері байланыстардың ролін Анохиннің функционалдық жүйелерінің теориясын пайдаланып, талдаңдар. Нақты мысал бойынша пікірталас өткізіңдер. Интернеттен қосымша ақпараттарды табыңдар.

§ 22. ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ, КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ, ОТТЕК ГАЗЫНЫҢ ДЕҢГЕЙЛЕРІНІҢ РЕТТЕЛУІ МЫСАЛЫНДА КЕРІ БАЙЛАНЫС ПРИНЦИПІ

Бұл сабақта:

- температураның, көмірқышқыл газының, глюкозаның деңгейлерінің реттелуін оқып-үйренесіңдер;
- тыныс алу жиілігі және тереңдігін реттейтін тыныс алу орталығымен танысасыңдар.
- реттелуге қатысатын жалпы механизмдермен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- температураны реттеудің мысалы ретінде кері байланыстың принциптерін;
- көмірқышқыл газының деңгейін реттеудің мысалы ретінде кері байланыстың принциптерін;
- глюкозаны реттеудің мысалы ретінде кері байланыстың принциптерін.

Кілт түсініктер:

реттеу, температура, көмірқышқыл газы, глюкоза, тікелей және кері байланыс, тыныс алу орталығы

Организмде күрделі реттеу механизмдері бар. Жалпы алғанда, олардың құрамына қосымша детекторлар (физиологиялық ерте ескерту жүйелері) немесе қосымша эффекторлар кіреді (егер олар істен шықса). Мысалы, гомотермальды (жылы қанды) жануарларда дененің ішіндегі және оның бетіндегі температура детекторлары дененің ішкі аймақтарының тұрақты температурасын қамтамасыз етеді. Тері терморецепторлары қоршаған орта температурасының өзгеруін анықтайды, гипоталамусқа импульстер жібереді, ол реттеуші рөл атқарып және қан температурасының өзгеруіне дейін түзетулер жасайды.

Мұндай жүйенің басқа мысалдарына физикалық жаттығулар кезінде тыныс алуды реттеу, сонымен қатар организмде қоректік заттар мен судың жетіспеуіне байланысты аштық пен шөлдеу сезімдерін реттеу жатады.

Сол секілді бірнеше детекторлар мен эффекторлар қан қысымы сияқты маңызды параметрлердің реттелуіне қосымша сенімділік береді: каротидті синустың созылу рецепторлары және қолқа, сопақша мидың бароцепторлары параметрлердің сопақша мида өзгеруіне әсер етеді де түрлі эффекторлардың, соның ішінде жүректегі, қантамырлары мен бүйректегі реакцияларын тудырады. Осы мүшелердің біреуінің жұмысының бұзылуы басқа мүшелердің жұмысымен өтелуі мүмкін.

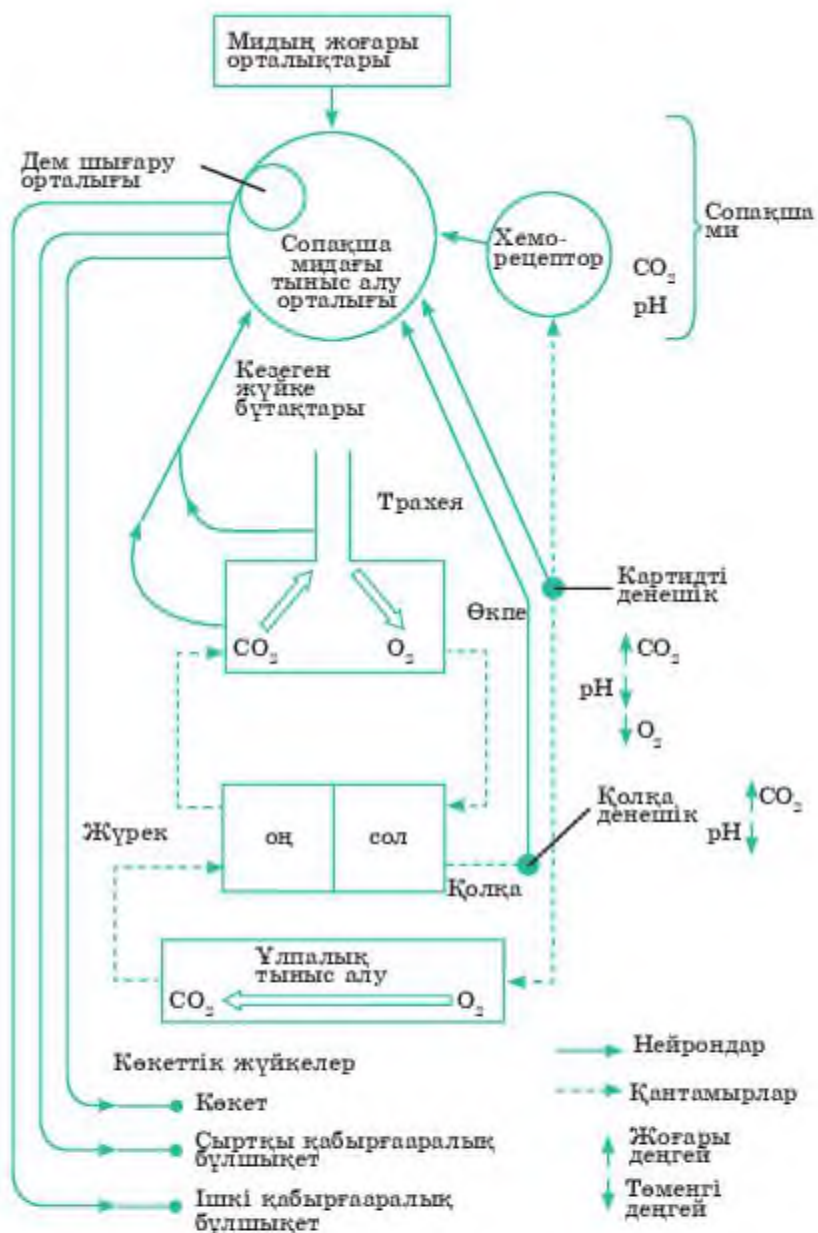
Глюкозаны, көмірқышқыл газының деңгейін, температураны реттеудің мысалы ретінде кері байланыстың принциптерін келтіру.

Дене жасушаларының тыныс алуы үшін оларға ұлпа сұйықтығынан оттектің тұрақты түсуі қажет. Екінші жағынан, тыныс алу процесінде пайда болатын көмірқышқыл газы жасушаларда немесе ұлпа сұйықтықтарында жинақталмауы тиіс. Себебі бұл тыныс алуға қатысатын реакциялар тепе-теңдігінің бұзылуына және ферментативті процестердің жылдамдығына әсер етуі мүмкін және рН-тың жергілікті өзгерістеріне әкеп соқтыруы мүмкін. Организм белсенді жұмыс істеу кезінде 20 есеге артатын қандағы CO_2 концентрациясын (немесе кернеуді) икемді реттеуді жүзеге асырады және ол қолжетімді оттек санының және оған қажеттіліктің өзгеріп отыратынына қарамастан, салыстырмалы түрде тұрақты болып қалады.

Тыныс алудың жиілігі мен тереңдігі ми көпірі (варолиев мост) мен сопақша мида орналасқан тыныс алу орталығымен реттеледі (4.5-сурет). Бұл орталықтар көкет пен қабырғааралық бұлшықеттерге тыныс алу қимылдарын туғызатын ырғақты импульстер жібереді.

Өзінің негізі бойынша тыныс алу ырғағы еріксіз болып табылады, бірақ мидың жоғарғы орталықтарының кейбір шегінде өзгеруі мүмкін, мұның күәсі — ерікті тыныс алудың және тоқтау қабілетінің болуы. Тыныс алудың жиілігі мен тереңдігі, альвеолалық ауаның құрамына әсер етеді, ал ол өз кезегінде дененің ұлпаларын жабдықтайтын оттек пен көмірқышқыл газының кернеуін анықтайды. Адамда тыныштықта альвеолалық ауа мен артериалды қандағы оттек пен көмірқышқыл газының парциалды қысымы теңіз деңгейі мен салыстырғанда орташа 100 және 40 мм сынап бағанасы болады. Оттек пен көмірқышқыл газының мұндай деңгейлерін ұстап отыру теріс кері байланыс көмегі мен тыныс алу орталығының белсенділігін реттеу арқылы қамтамасыз етіледі. Бұл реттеуді екі түрлі рецепторлар — механорецептор мен хеморецепторлардан түсетін импульстер жүзеге асырады. Біріншісіне кеңірдек пен өкпелердің қабырғасында болатын созылу рецепторлары, ал екіншісіне қолқаның қабырғасында, каротидті денешіктерде (ұйқы артериясының қабырғаларында орналасқан) және сопақша мидың өзінде орналасқан хеморецепторлар жатады. Теріс кері байланыстың бұл механизмі мидың жоғары орталықтарында модификациялануы мүмкін. Бұл тыныс алу орталықтарының белсенділігін ерікті түрде күшейтуге немесе басуға мүмкіндік береді, мысалы: тыныс алуды тоқтату немесе жылдамдату кезінде, сөйлескенде, өн айтқанда, түшкіргенде немесе жөтелгенде.

Созылу рецепторларынан түсетін импульстердің әсері, негізінен, тыныс алу қимылдарының механикасымен байланысты. Тыныс алу орталықтарында пайда болатын импульстер жұлынның эфференттік жолдарымен жүреді. Бұл жолдарды құрайтын кейбір аксондар жұлыннан, оның мойын бөлігінен көкетке бағытталған көкеттік



4.5-сурет. Қандағы тыныс алу газдарының мөлшерін реттеуге қатысатын механизмдердің жалпы кескіні.

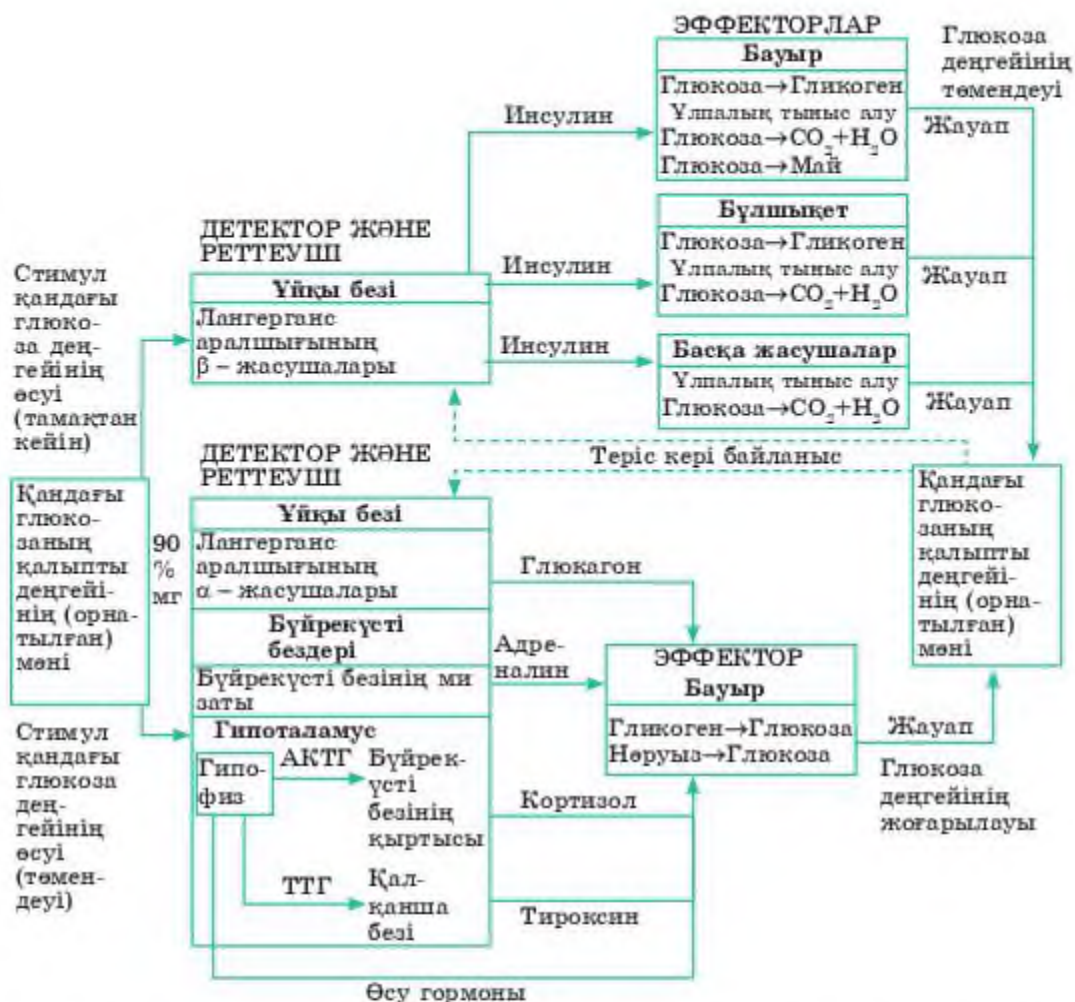
жүйкелер түрінде шығады. Ал басқа нейрондардың аксондары сыртқы қабырғааралық бұлшықетке бағытталған жүйкелер құрамында жұлынның кеуде бөлігінен шығады. Осы жүйкелермен түсетін импульстер бірлесіп тыныс алуды туғызады. Өкпе ауамен толтырылады және өкпе мен кеңірдектің қабырғаларындағы созылу рецепторлары қозады және кезеген жүйкенің афференттік нейрондарын белсендендіреді.

Осы уақытта дем алу орталықтарын уақытша тежейді және дем алу тоқтатылады. Көкеттің босаңсуы нәтижесінде кеуде торының көлемі кішірейеді, эластикалық өкпе қабысып, сонымен ауа одан сыртқа шығарылады. Өкпедегі және кеңірдектегі созылу рецепторлары одан әрі стимуляцияланбайды (ынталанбайды), тыныс алу орталығының тежелуі жойылады және тыныс алу циклі қайталаанады. Белсенді физикалық күш түскенде қандағы көмірқышқыл газы кернеуінің жоғарылауы тыныс шығару орталығын стимуляциялайды және одан импульстер ішкі қабырғааралық бұлшықетке барады. Содан кейін бұлшықет күштірек жиырыла бастайды да, бұл терең немесе жиі тыныс алуға әкеледі.

Тыныс алу жиілігі мен тереңдігі қандағы оттегі пен көмірқышқыл газының кернеуінің өзгеруіне жауап ретінде туындайтын хеморецепторлардан келетін импульстермен реттеледі. Тәжірибеде адамдардың оттегі пен көмірқышқыл газының түрлі мөлшері бар ауамен тыныс алуы, тыныс алуды стимуляциялауда көмірқышқыл газымен артық тыныс алуы оттегі жетіспеушілігіне қарағанда аса маңызды рөл атқаратынын көрсетті. Оттегі концентрациясы 20-дан 5% -ке дейін азайған кезде тыныс алу жиілігі екі есе артады және дәл осындай әсер көмірқышқыл газы концентрациясының тек 0,2% -ке артуында байқалады.

Тыныс алуға қандағы рН-тың төмендеуін және көмірқышқыл газының әсерін реттеу, қолқаның, каротидті денешіктердің және сопақша мидың өзінің хеморецепторлары арқылы толығымен дерлік жүзеге асырылады. Оттектің төменгі кернеуінде өмірлік маңызы бар, қолқаның, каротидті денешіктердің хеморецепторлары оттегі концентрациясының өзгеруіне сезімтал, себебі бұл ретте сопақша мидың белсенділігі төмендейді. Күшейтілген желдету көмірқышқылының қаннан альвеолярлы ауаға диффузия жолымен шығуын жеңілдетеді, онда көмірқышқыл газы концентрациясы төмендейді. Терең тыныс алғанда, онда гипервентиляция туындайды.

Қандағы глюкозаның реттелуі. Қандағы маңызды метаболиттердің бірі — глюкоза. Оның концентрациясы (деңгейі) қатаң бақылауда болуы керек, өйткені глюкоза ұлпалық тыныс алудың негізгі бөлігі болып табылады және жасушаларға үздіксіз еніп отыруы қажет. Басқа метаболиттерді энергия көзі ретінде қолдана алмайтын ми жасушалары глюкоза жетіспеушілігіне әсіресе сезімтал болады. Глюкозаның болмауы сана жоғалтуға әкеледі. Қандағы глюкозаның («қант») деңгейі 100 мл-ге шамамен 90 мг-ды құрайды (90 мг%), бірақ адам үшін асқазанда аш қарында 70 мг% -ден, тамақ қабылдап болған соң 150 мг болуы мүмкін. Қандағы глюкозаның жоғарылауы (гипергликемия) инсулин секрециясын белсендірсе, ал оның деңгейінің төмендеуі (гипогликемия) инсулиннің шығарылуын тежейді және глюкагонның, басқа гормондардың, атап айтқанда, адреналиннің, қан глюкозасын жоғарылататын секрециясын тудырады. Бұл реттеуші жүйенің жалпы сызбасы 4.6-суретте көрсетілген.



4.6-сурет. Қандағы глюкоза деңгейінің реттелуі. АКТГ — адренкортикотропты гормон (кортикотропин); ТТГ — тиреотропты гормон

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Температура/көмірқышқыл газының деңгейінің/глюкозаның реттелуін мысал ретінде ала отырып, кері байланыс принциптерін түсіндіріңдер.
2. Организмде күрделі реттеу механизмдерінің болуын түсіндіріңдер.



1. Тірі организмдерде жылу реттеу сипатын түсіндіріңдер.
2. Глюкоза деңгейін реттеуде оң және теріс байланысты бөліп көрсетіңдер.



1. Қандағы CO_2 мөлшерін реттеу механизмін талдаңдар.
2. Қандағы тыныс алу газын реттеуге қатысатын механизмдердің диаграммасын салыңдар.



1. Қандағы CO_2 мөлшері өзгергенде тыныс алу нәліктен өзгеретінін түсіндіріңдер.
2. Организм қызметін реттеудің жалпы теориясы тұрғысынан гомеостаз ұғымын сипаттаңдар.



1. Қандағы глюкоза деңгейінің реттелу сызбасын сызындар.
2. Қандағы тыныс алу газын реттеуге қатысатын механизмдердің диаграммасын салындар.

§ 23. МЕМБРАНАЛЫҚ РЕЦЕПТОРЛАР АРҚЫЛЫ ГОРМОНДЫҚ СИГНАЛДАРДЫҢ БЕРІЛУІ

Бұл сабақта:

- гормондардың әсер ету механизмін түсіндіре алатын боласындар;
- мембраналық рецепторлар арқылы гормондық сигналдардың берілу механизмін оқып білесіңдер;
- ішкі жасушалық рецепторлар арқылы гормондық сигналдардың берілу механизмі мен танысасындар.

Сендер білесіңдер ме:

- гормондық сигналдар ұғымын; гормондардың әсер ету принципін; гормон-рецептор кешенін.

Кілт түсініктер:

гормон, рецептор, мембраналар, гормон-рецептор кешені

Гормондар жасушалық мембрананың бетіндегі рецепторлармен байланысады және гормон-рецептор кешенін құрайды. Гормон-рецептор кешені екіншілік тасымалдаушы жасушаларының ішінде концентрацияны өзгерту жолымен алғашқы тасымалдаушыларының сигналын трансформациялайды.

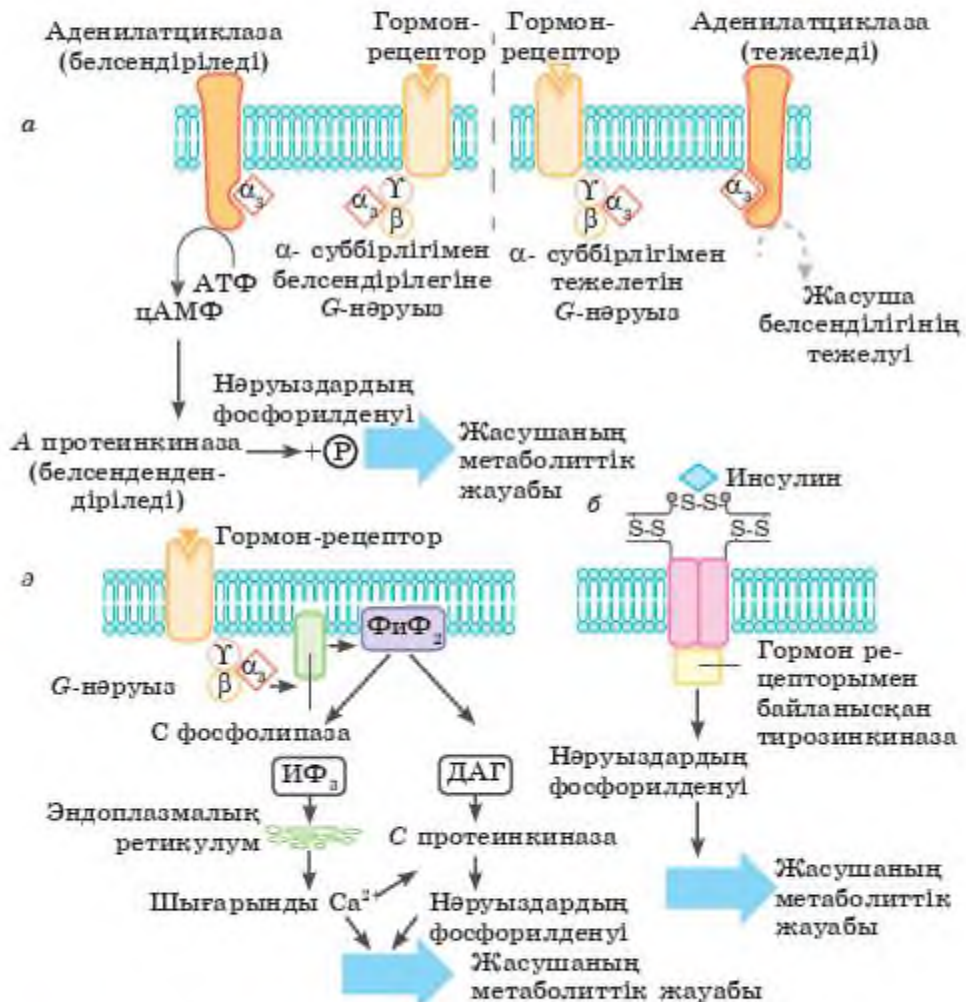
Гормондар (алғашқы тасымалдаушылар) — бұл жасушада сигналдарды жіберу механизмін белсендіруге қабілетті физикалық факторлар (жарық кванты) немесе химиялық қосылыстар. Алғашқы тасымалдаушылар қабылдаушы жасушаға қатысты алғанда, жасушадан тыс сигналдар болып табылады. Жасуша ішіндегі көптеген молекулалар жасушадан тыс жасушааралық кеңістікте өте төмен концентрацияда қалыпты болып тұрған жағдайда (АТФ немесе глуталат) стимул ретінде әрекет ете алады. Алғашқы тасымалдаушылар атқаратын қызметіне байланысты бірнеше топтарға бөлінуі мүмкін. Олар: гормондар, цитокиндер, нейротрасмиттер, өсу факторлары.

Екіншілік тасымалдаушылар — сигналдарды беру тізбегіндегі компоненттердің біреуінің ферментативті белсенділігі нәтижесінде түзілетін төмен молекулалы заттар. Екіншілік тасымалдаушыларға мынадай қасиеттер тән: цитоплазмада жоғары жылдамдықпен диффузиялайды және молекулалық салмағы кішкентай цитоплазмадан тез шығарылады және тез ыдырайды. Екіншілік тасымалдаушыларға циклдік АМФ (цАМФ), цГМФ, инозитолтрифосфат (ИФ₃), диацилглицерол (ДАГ); Ca²⁺, NO (азот оксиді II) жатады.

Сигналдың берілуі келесі ретпен жүзеге асады:

- 1) сыртқы агенттердің жасуша рецепторымен әрекеттесуі;
- 2) екіншілік тасымалдаушыларға жауап беретін эффектор молекуласының активтенуі;
- 3) екіншілік тасымалдаушылардың пайда болуы;
- 4) келесі тасымалдаушылардың пайда болуына жауапты нәруыздарды тасымалдаушыларды белсендіруі;
- 5) тасымалдаушының жойылуы.

Сыртқы сигналдардың мембраналардағы рецепторлармен өзара әрекеттесуі әртүрлі жолдармен жүруі мүмкін, қазір мұндай өзара әрекеттесудің келесі жүйелері белгілі; аденилатциклаза жүйесі, гуанилатциклаза жүйесі, азот тотығы, Ca^{2+} мессенджер жүйе, инозитол трифосфат жүйесі (4.7-сурет).



4.7-сурет. Гормондардың сигналды мембрана арқылы өткізу

Аденилатциклазальқ жүйе нысана-жасушаның рецепторымен өзара әрекеттесуі цАМФ түзілуіне әкелетін гормондар құрамына нәруыз-рецептор, G-нәруыз және аденилатциклаза ферменті кіретін жүйе арқылы әрекет етеді.

200-ден астам әртүрлі G-нәруыздар белгілі. Гормон жоқта G-нәруыз ГДФ-пен байланысады және белсенділік көрсетпейді. Гормон-рецептор кешенінің түзілуі G-нәруыздың конформациялық өзгерістеріне, ГДФ-тің ГТФ-ке алмасуына, G-нәруыздың белсендірілуіне әкеледі. Аденилатцилазаны GS-стимуляциялайтын және GI-тежейтін нәруыздар бар.

Аденилатциклаза белсенділігінің өзгерісіне әкелетін жағдайлардың тәртібі:

1. Гормонның рецептормен байланысы.
2. Гормон-рецептор кешені G-нәруызбен өзара әрекеттесіп, оның конформациясын өзгертеді.
3. G-нәруыздың конформациялық өзгерістерінің салдарынан ГДФ-тің ГТФ-ке айналуы жүреді.
4. GS-нәруыз • ГТФ кешені аденилатцилазаны белсендіреді (GI-нәруыз • ГТФ кешені аденилатцилазаны тежейді).
5. Аденилатцилазаның белсендірілуі АТФ-тан цАМФ-тің түзілу жылдамдығының өсуіне әкеледі.

Әрі қарай аденилатцилазаның әсерінен пайда болған цАМФ А протеинкиназаны белсендіреді. А белсендірілген протеинкиназа ферменттермен басқа нәруыздарды фосфорлайды, бұл кезде нәруыз-ферменттердің функциялық белсенділігінің өзгеруі (белсендірілуі немесе тежелуі) қатар жүреді.

Протеинкиназа — бұл екі түрде бола алатын жасушаішлік фермент. цАМФ жоқта протеинкиназа екі катализдік (2С) және екі реттеуші (2R) суббірліктен (белсенді емес фермент) тұратын тетрамер болып табылады. цАМФ бар кезде протеинкиназальқ кешен бір 2R-суббірлікке және екі бос катализдік С-суббірлікке кері диссоциациялайды. С-суббірліктердің ферментті белсенділігі болады.

Гуанилатциклазальқ жүйе. цГМФ-ты екіншілік жалғастырушы ретінде шығаратын бұл жүйе гуанилатциклазамен жұптасқан. Бұл фермент ГТФ-тан цГМФ-тың түзілу реакциясын катализдейді (аденилатциклаза тәрізді). цГМФ молекулалары жасуша мембраналарының тасымал жүйелерін белсендендіре алады немесе жасушадағы басқа нәруыздарды фосфорлауға қатысатын цГМФ-тәуелді G протеинкиназасын белсендендіреді. Циклдік нуклеотидтер ферменттердің белсенділігін реттеудің аденилатциклазальқ немесе гуанилатциклазальқ механизмдері реакцияларының каскадтарын іске қосады. Рецепторды белсендендіретін гормонның бір молекуласы бірнеше G-нәруызды “қоса” алады. Олардың әрқайсысы өз кезегінде цАМФ немесе цГМФ мыңдаған молекуласының түзілуімен аденилатцилазаның бірнеше молекуласын

белсендендіре алады. Пайда болған екіншілік жалғастырушы сигналды мың есе күшейтеді. Сигналдың қосынды күшеюі 106-107 ретке тең болады. Гормондық сигнал беруді басуға екіншілік жалғастырушының концентрациясын азайту арқылы қол жеткізеді. цАМФ немесе цГМФ-тың белсенді емес АМФ немесе ГМФ метаболиттеріне айналу реакцияларын фосфодиэстераза ферменттері катализдейді.

Азот оксиді. Азот оксиді аргининнің аминқышқылынан жүйке ұлпасында, қантамырларының эндотелийінде, тромбоциттерде және басқа ұлпаларда болатын NO-синтаза деп аталатын күрделі кальций ионына (Ca^{2+}) тәуелді ферменттік жүйенің қатысуымен түзіледі. Нысана-жасушаларда азот оксиді гуанилатциклазаның белсенді орталығына кіретін темір ионымен өзара әрекеттеседі және цГМФ-тің тез түзілуіне ықпал етеді. Пайда болған цГМФ тамырлардың бірыңғай салалы бұлшықеттерінің босаңсуын тудырады. Алайда азот оксиді (NO) қысқамерзімді, бірнеше секунд қана әсер етеді. Нитроглицеринде осылай әсер етеді, бірақ ұзақмерзімді, ол азот оксидін (NO) баяу босатады.

Ca^{2+} -мессенджер жүйесі. Ca^{2+} иондарына көптеген жасушалық қызметтер тиесілі: метаболизмді реттеу, жиырылғыштық және секреторлық белсенділік, адгезия және жасушалық өсуді реттеу. Жасушадағы Ca^{2+} иондарының мөлшері жасушасырты сұйықтығына қарағанда 5000 — 10 000 есе төмен және бұл (Ca^{2+}) иондары митохондрия немесе эндоплазмалық ретикулуммен байланысты. Гормондық сигнал беру жасушасырты сұйықтықтан немесе жасушаішілік көздерден (митохондрия және ЭПР) мембраналар арқылы келіп түсетін кальций ионы концентрациясының күрт жоғарылауына әкеледі. Кальций ионы жасушаішілік реттегіш нәруыз кальмодулинмен байланысады, оның кальций ионымен байланысуы үшін 4 орталығы болады. Кальций ионы кальмодулин кешені ферменттерді фосфорлайтын және олардың белсенділігін реттейтін арнайыланған кальций ионы кальмодулинге тәуелді протеинкиназаны белсендіреді. Кальций иондарымен байланысты әсерлерді жою кальциневрин түріндегі кальций байланыстырушы нәруыздардың көмегімен жүзеге асырылады.

Инозитолтрифосфатты жүйе. Гормондық сигнал берудің инозитолтрифосфатты жүйесінің жұмыс істеуін мембрана мен цитозольдің рецепторы, көміртек фосфолипазасы, нәруыздары мен ферменттері қамтамасыз етеді:

— гормон мен рецептордың байланысуы көміртек фосфолипазасының белсенділігіне әкеледі;

— көміртек фосфолипазасы мембраналық фосфатидилинозитол-4,5-бифосфаттың екі екіншілік жалғастырушы-диацилглицерол мен инозитолтрифосфатқа ($ИФ_3$) ыдырауын катализдейді;

— $ИФ_3$ өз кезегінде Ca^{2+} ионының цитозольге түсуін күшейтеді және оның реттеуші әсерлерін қамтамасыз етеді;

- диацилглицерол көміртек протеникиназасын белсендендіреді;
- екі жалғастырушының да соңғы әсері — жасушаішілік нәруыздар мен ферменттерді фосфорлау және олардың белсенділігін өзгерту.

Гормондық сигналдардың жасушаішілік рецепторлар арқылы берілу механизмі. Липофилді қасиеттері бар гормондардың (стероидті гормондар) және тироксин гормонының сигналын беруі олардың нысана-жасушаларының плазмалық мембранасы арқылы өтуі кезінде мүмкін болады. Гормондардың рецепторлары цитозольде немесе ядрода орналасады. Ядрода және цитозоль рецепторлардың құрамында ДНҚ-ны байланыстырушы домен болады.

Транскрипция белсенділігін туғызатын жағдайлардың тәртібі:

- гормонның жасушаға мембранадағы билипидті қабат арқылы енуі;
- жасушаның ядросына қарай ауысатын және реттеуші аймақ: ДНҚ-энхансермен немесе сайленсермен өзара әрекеттесетін гормон-рецептор кешені құрылады;

— энхансермен өзара әрекеттесуі кезінде РНҚ-полимераза үшін промотордың қолжетімдігі өседі (сайленсермен өзара әрекеттескенде — төмендейді);

— сөйкесінше құрылымдық гендердің транскрипция жылдамдығы мен трансляция жылдамдығы артады (азаяды);

— жасуша метаболизмі мен функционалдық жағдайына әсер ететін нәруыздардың (сонымен қатар ферменттердің) мөлшері өзгереді.

Жасушаішілік рецепторлар арқылы сигнал беретін гормондардың әсері белгілі бір уақыт аралығында іске асырылады, өйткені матрицалық процестердің өтуіне (транскрипция және трансляция) бірнеше сағат қажет болады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



Гормон ұғымына анықтама және сипаттама беріңдер. Мембранадағы гормондардың рецепторларына сипаттама беріңдер.



1. Жасушаішілік рецепторлар арқылы гормондық сигналдардың берілуін түсіндіріңдер.
2. Транскрипцияны белсендіруге әкелетін жағдайлардың тәртібін сипаттаңдар.



1. Аденилатциклазаның белсенділігінің өзгеруіне әкелетін жағдайлардың ретін талдаңдар.
2. Гормон-рецептор кешенін сипаттап беріңдер.



1. Сигналдардың берілуі кезіндегі алғашқы және екіншілік тасымалдаушылардың рөлін түсіндіріңдер.
2. Жасушаішілік рецепторлар арқылы гормондық сигналдардың берілу механизмдерін дәлелдеңдер.

Эстроген гормондарының әсер ету механизмін түсініп, қалыпты генотипі бар адамдар үшін жынысын өзгерту туралы пікірталас жүргізіңдер (XX немесе XV).

§ 24. ИНСУЛИН МЕН ЭСТРОГЕН МЫСАЛДАРЫНДА ГОРМОНДАРДЫҢ НЫСАНА-ЖАСУШАЛАРҒА ӘСЕР ЕТУ МЕХАНИЗМІ

Бұл сабақта:

- гормондардың әсер ету механизмін оқып-үйренеміз;
- "гормон" және "нысана-жасушалар" ұғымдарымен танысамыз.

Сендер білесіңдер ме:

- гормон ұғымын гормондардың әсер ету принципін;
- инсулин мен эстрогеннің қызметтерін.

Кілт түсініктер:

гормон, рецептор, мембраналар, нысана-жасушалар, инсулин, эстроген

Адам организмінде өзгерген жасушалардың, шамамен 200 түрі бар. Олардың тек аздаған түрі ғана гормон бөледі, бірақ адам организміндегі барлық 75 трлн-ға жуық жасушалар белгілі 50 гормонның тек біреуінің немесе бірнешеуінің ғана нысанасы болып табылады. Гормонға нысана ретінде тек бір ұлпа немесе бірнеше ұлпа ғана алынады. Классикалық анықтамасына сәйкес нысана-ұлпа — бұл гормонның арнайыланған биохимиялық немесе физиологиялық реакция туғызатын ұлпасы. Мысалы, қалқанша без — тироксин байланыстырушы глобулин (ТБГ) үшін арнайыланған нысана-без, ТБГ әсерінен қалқанша бездің ацинарлық жасушаларының саны мен өлшемі өседі, тиреоидті гормондардың биосинтезінің барлық кезеңінің жүру жылдамдығы артады. Инсулиннің жеткіліксіз бөлінуінде немесе жеткіліксіз синтезінде диабет ауруы дамиды. Клиникалық түрде анықталатын симптомдарымен қатар, қант диабетінде зат алмасу процестерінің көптеген бұзылулары байқалады. Науқастарда гипергликемия (қандағы глюкоза деңгейінің жоғарылауы) мен гликозурия (глюкозаның несеппен шығуы) дамиды. Зат алмасудың бұзылуларына, сондай-ақ бауыр мен бұлшықеттегі гликогеннің қарқынды ыдырауы, нәруыздар мен майлардың биосинтезінің баяулауы, ұлпалардағы глюкозаның тотығу жылдамдығының төмендеуі, қандағы холестерин мен басқа да липидтердің мөлшерінің артуы жатады.

Диабетте майлардың май қорынан шығуы, аминқышқылдарынан көмірсулардың синтезделуі (глюконеогенез) және кетон денелерінің шамадан көп синтезделуі (кетонурия) күшейеді. Науқасқа инсулин еккеннен кейін барлық аталған ауытқулар, әдетте, жойылады, бірақ гормонның әсер ету уақыты шектеулі болғандықтан, оны үнемі егіп отыру керек болады. Қант диабетінде клиникалық симптомдар мен метаболизмдік бұзылуларды тек инсулин синтезінің жойылуымен ғана

түсіндіруге болмайды. Қант диабетінің *инсулинрезистентті* деп аталатын екінші түрінде молекулалық ақаулар да орын алады, атап айтқанда, инсулин құрылымының бұзылуы. Диабеттің бұл түрінің дамуы негізінде көбіне нысана-жасуша рецепторларының синтезі бұзылған, не болмаса, мутантты рецептордың синтезі бұзылған инсулиннің молекуласымен байланысу қабілетінің жойылуы жатады.

Инсулин — ұйқы безінің үш негізгі гормондарының бірі, бездің Лангерганс аралшықтарының β жасушалары бөледі. Инсулиннің көп бөлінуі қандағы қант деңгейінің төмендеуіне әкеледі, себебі бұл кезде глюкозаның қаннан ұлпаға өтуі белсендіріледі. Инсулиннің жетіспеушілігі гипергликемиямен, глюкозуриямен, май қышқылдарының синтезінің тежелуімен, сонымен қатар май қышқылдарының тотығуының белсендендірілуімен және кетон денелерінің түзілуімен сипатталатын қант диабетінің себебі болып табылады. Инсулин көптеген ұлпалардың жасушаларының бетіндегі арнайыланған инсулиндік рецепторлармен байланысады, бірақ оның жасушаішілік әсерінің механизмі өзінше белгісіз. α -жасушаларымен бөлінетін глюкагон инсулинге қарама-қарсы әсер етеді — ол бауырдағы гликогеннің ыдырауын және глюкозаның қанға түсуін қамтамасыз етеді. Ұйқы безінің тағы бір гормоны — соматостатин — инсулиннің бөлінуін реттейді. Инсулиннің әсері ненің соматостатин нысана-жасушасының бетіндегі ерекше гликопротеинді рецептормен байланысуынан басталады. Бұл гормонның әртүрлі әсері бірнеше секундтан немесе минуттан кейін (тасымал, нәруыздың фосфорлануы, ферменттердің белсендендірілуі және тежелуі), не болмаса, бірнеше сағаттан кейін (нәруыз бен ДНК синтезі, жасушаның өсуі) байқалуы мүмкін. Метаболизмнің инсулинмен және глюкагонмен реттелуін жеке-дара қарау мүмкін емес. Қанда екі гормон үнемі болады, бірақ олардың салыстырмалы концентрациясы өзгеріп отырады. Екі гормонның әрқайсысының әсері, көбіне бір ғана нақты нысаналарға бағытталған болады. Мысалы, глюкагон цАМФ-тәуелді протеинкиназа арқылы бір мезгілде гликогенсинтетазаны тежейді және бауырдағы гликогенфосфорилазаны белсендендіреді, ал инсулин өзінің рецепторы арқылы бір мезгілде гликогенфосфорилазаны белсендендіреді және гликогенфосфорилазаны тежейді. Тасымалдаушы нәруыздар мен жасушалық рецепторлар қызметі жағынан өзара байланысты. Мұндай байланыс глюкозаның транспортері кезінде айқын байқалады, оған инсулиннің глюкозаны жасушаға тасымалдауын стимуляциялайтын әсері туралы мәліметтер мысал бола алады. Бұл құбылысты талдау инсулиннің әсерінен цитоплазмалық мембранада, глюкозаны байланыстыруға болатын формадағы транспортер молекулалардың мөлшері артады деген ойға әкеледі. Мұндай әсер инсулинді нысана-жасушаларға

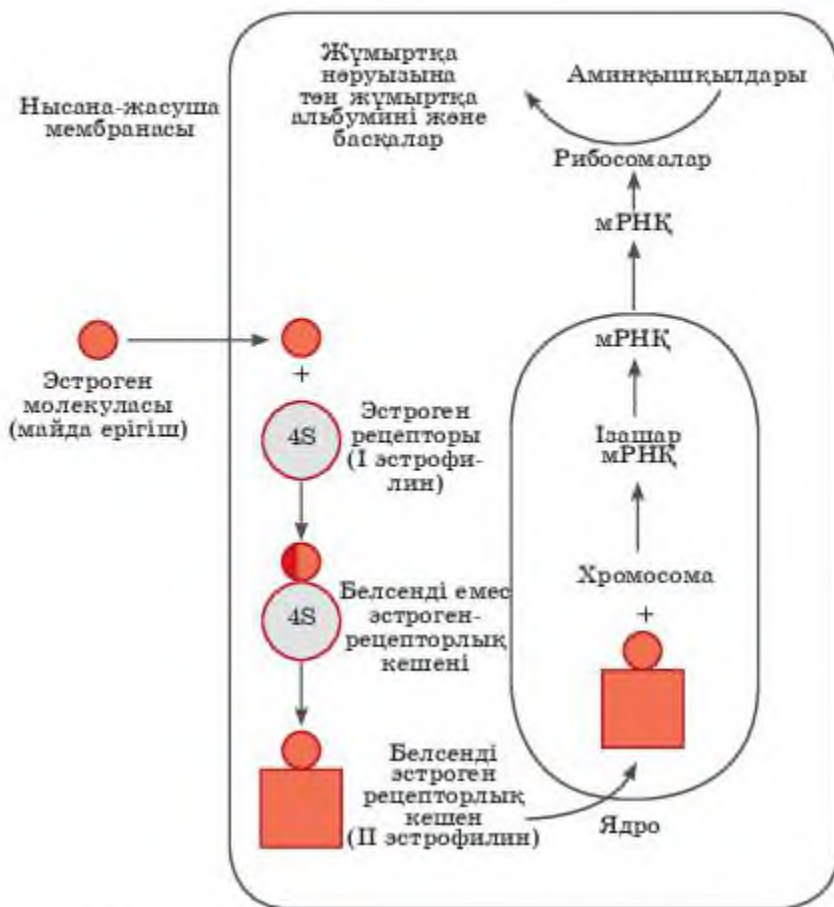
қосқаннан кейін бірнеше минут ішінде пайда болатындықтан және АТФ-ке тәуелді болғандықтан, оны, ең алдымен, қандай да бір биосинтездік процестермен емес, транспортердің транслокациясымен байланыстыруға болады.

Эстрогендердің нысана-жасушаларға әсер ету механизмі ақырындап айқындалып келеді. Ерлердің жыныс гормоны тестостероннан түзілетін β -эстрадиол әйел организміндегі негізгі эстроген болып табылады (4.7-сурет). β эстрадиолдың арнайыланған жасушалық рецепторлары алғашқы нысана-үлпаларда — жатыр мен сүт бездерінде болады. Эстрофилин I деп аталатын эстрогенді рецептордың өзіне тән молекулалық массасы болады. Эстрогеннің молекуласымен байланысқаннан кейін эстрофилин I молекулалық өзгерістерге ұшырап, эстрогеннің әрекетін екіншілік жалғастырушы ретінде қарастырылатын II эстрофилинге айналады.

Эстроген майда еритін қосылыс болғандықтан, жасуша мембранасы арқылы өтіп 4S сегментациялық коэффициенті бар эстрогенді рецептор-нәруызбен байланысады. Одан әрі эстроген-рецепторлық кешен белсенді 58-формаға айналып екінші жалғастырушы ретінде ядроға өтеді, мұнда хроматиннің ерекше аймақтарымен өзара әрекеттесіп, сәйкес негізгі мРНК түзетін белгілі бір гендердің транскрипциясын туғызады. Соңғылары ядродан шығып, рибосомада нәруыз синтезінің матрицасы ретінде қолданылады. Нәтижесінде жұмыртқа жолына тән стимуляцияланған күйдегі бірқатар нәруыздар синтезделеді, мысалы, овальбумин.

Эстрофилин II жасуша ядросына кіреді, онда белгілі бір гендерді белсендендіріп және репродуктивті жүйенің қосымша мүшелерін стимуляциялау үшін қажетті арнайыланған нәруыздардың синтезін туындатып хроматинмен өзара әрекеттеседі (4.8-сурет). Мысалы, эстрадолды балапандарға егетін болса, жұмыртқа жолында жұмыртқаның ерекше нәруыздары синтезінің жылдамдығы артады, атап айтқанда, овальбумин мен оовителлин. Осылайша аналық безді жұмыртқа түзу жолын жасауға дайындайды.

Әйелдің сүт безіндегі эстрогендердің рецепторларының саны кеуденің қатерлі ісігі өсіп-дамығанда азайып кетеді. Сүт безі ұлпасынан кішкене алып эстрогенді рецепторлардың мөлшерін өлшеу аурудың сатысын анықтау және ем тағайындау кезінде диагностикалық тест ретінде қолданылады. Ерте сатысында анықталған кеуде қатерлі ісігінің дамуын, кейде организмдегі андрогендер мен эстрогендердің арақатынасын өзгерту арқылы тоқтата алады.



4.8-сурет. Тауықтың жұмыртқа жолы мысалында эстрогеннің нысана-жасушаға әсерін бейнелейтін кескін

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. "Гормон" ұғымына сипаттама беріңдер.
2. Мембранадағы гормондар рецепторларын сипаттаңдар.



1. Гормондар мен нысана-жасушалардың өзара әрекеттесуін түсіндіріңдер.
2. Инсулин мен глюкагонға сипаттама беріңдер.



1. Инсулиннің әсерінен қандағы глюкозаның мөлшерін реттеу механизмін талдаңдар.
2. Эстрогеннің жұмыртқа жолының нысана-жасушасына әсерін бейнелеп салыңдар.



1. Глюкагонның инсулинге антагонист екенін түсіндіріңдер.
2. Гормондық белгінің жасушаішілік рецепторлар арқылы берілу механизмін негіздеңдер.



1. Екінші типті қант диабеті және инсулинді қолдану туралы реферат жазыңдар.
2. Қазіргі таңда қант диабетінің көбею себептері неде деп ойлайсыңдар? Қосымша мәліметтен әкелу.

§ 25. ӨСІРГІШ ЗАТТАР

Бұл сабақта:

- өсімдіктердің өсуіне стимулятордың (өсіргіш заттар) әсер ету механизмін зерттей алатын боласыздар;
- өсімдіктің транспирациялық коэффициенті туралы оқып білесіздер;
- жарық пен жылудың өсімдіктің өсуіне тигізетін маңызын түсінесіздер.

Сендер білесіңдер ме:

- жарықтың өсімдікке әсер ету механизмін;
- ауа, су, қоректік заттардың өсімдікке әсер ету механизмін;
- өсімдіктің өсіндегі адамның рөлін.

Кілт түсініктер:

өсу, даму, транспирация, жарық, ауа, жылу

Өсімдіктердің өсіп-жетілуіне қажетті негізгі факторлар — жарық, жылу, ауа, су және қоректік заттар. Осы факторлардың біреуі немесе бірнешеуі өсімдіктерге жетіспесе, онда еш уақытта мол өнім алынбайды. Сондықтан ауылшаруашылығымен айналысатын мамандардың негізгі міндеті — өсімдік тіршілігіне қажетті, жетіспейтін факторды дұрыс анықтау және оның өсімдіктерде жеткілікті мөлшерде болуын реттеу.

Жарық. Жарықтың өсімдіктер тіршілігіндегі маңыздылығы — олардың қатысуымен фотосинтез процесі жүріп, өсімдіктерде күрделі органикалық заттар түзілетіндігі. Жақсы түскен жарықтың әсерінен өсімдік тамырларының өсуі күшейеді, оның жапырақтары мен сабақтары жақсы өседі де жоғары өнім береді, сондай-ақ өнімнің сапасы да едәуір жақсарады. Мұның бәрі өсімдіктердің өсу-жетілу процестерінің жақсы жүруімен байланысты. Жарық жетіспесе дәнді дақылдар нашар түптенеді, тамырлары әлсіз болады және сабақтары шамадан тыс ұзарып кетеді. Олардың сабақтары желдің әсерінен жатып қалады, дәні өте ұсақ, салмақсыз және сапасы да нашар болып түзіледі. Мұның бәрі, сайып келгенде, дақыл өнімінің азаюына себепкер болады. Өсімдіктің тез өсуіне, оның тұқым түзуіне тәуліктің жарық және қараңғы кезеңінің ұзақтығы мен қысқалығы едәуір әсер етеді. Кейбір дақылдар, мысалы: мақта, темекі, тары, жүгері, күріш қысқа күнде және ұзақ түнде тезірек гүлдесе, басқа біреулері — бидай, қарабидай, арпа, сұлы және т.б., керісінше ұзақ күн және қысқа түн жағдайында тезірек гүлдейді. Міне, осы жағдайларға байланысты барлық дақылдар қысқа күнді және ұзақ күнді болып екі топқа бөлінеді. Өртүрлі дақылдардың күн ұзақтығына осылайша бейімделуіне байланысты әрбір дақылды түрлі мақсатқа пайдалануға болады. Мысалы, жоғарыдағы жағдайлар жүгеріні дәнге, пішендікке және сүрлемге

еккенде әбден ескерілуі қажет. Бұл тәртіпті басқа дақылдар үшін де қолдануға болады.

Жылу. Бұл да өсімдік тіршілігінің негізгі факторларының біріне жатады. Жылу болмаса топырақ және атмосфера ауасы да қызбайды, өсімдіктер нашар өседі, кейде тіпті өспейді де. Бірақ жылу өсімдіктерге белгілі бір мөлшерге дейін керек. Аса қатты және ұзақ болған жылулық, яғни аптап ыстық өсімдіктерге зиянды болып келеді. Өртүрлі дақылдар өзінің биологиялық даму ерекшеліктеріне байланысты өз тіршілігінің өсу дәуірінің әр кезінде жылуды түрлі мөлшерде қажет етеді, тіпті дақылдардың тұқымы көктеп шығуы үшін де өртүрлі жылу мөлшері қажет. Осыған байланысты барлық дақылдарды жылусүйгіш және көлеңкесүйгіш деп бөледі. Өсімдіктердің өсу дәуірінің әр кезеңінде жылуды қандай мөлшерде қажет ететіндігін білудің маңызы зор. Жергілікті жердің ауа райы жағдайларына байланысты дақылдарды өсіру мерзімін және қандай дақыл осы жерге аса бейім екендігін толық анықтауға да болады.

Өсімдіктер жердің үстіңгі құнарлы қабаты — топырақта өсетін болғандықтан, жылудың топырақта қандай мөлшерде екендігін білудің маңызы зор. Салқын, жылусыз топырақта түрлі микробиологиялық процестер нашар жүреді және себілген тұқым да ұзақ өнбей жатады. Топыраққа келетін жылулықтың негізгі көзі — күн радиациясы. Күн жылуының топыраққа түсу мөлшері және ұзақтығы жыл мезгіліне, ауа райы ерекшелігіне байланысты. Ауа райы неғұрлым бұлтты және онда жаңбыр түйіршіктері көп болса, соғұрлым олар күннен жерге түсетін жарықты және жылуды көп жұтып алады. Мұндай жағдайда жерден атмосфераға бөлініп шығатын жылу мөлшері де азая түседі. Табиғатқа мұндай процесс қажет. Егер өне бойы күн бұлтсыз және жаңбырсыз болып тұрса, адамзат тарихында болып көрмеген қуаңшылық болар еді де, жер бетіндегі өсімдіктер күйіп кетер еді. Өрбір жергілікті жердің табиғи климат жағдайларын, әсіресе жылулықты, күн ұзақтығын, жауын-шашын мөлшерінің және олардың қай мерзімде қандай болатынын білудің өсімдіктер дұрыс өсуін реттеуде аса зор маңызы бар. Көп жағдайларда табиғаттың бұл заңдылықтарын адамзат өз қажетіне қарай реттеуіне мүмкіншілігі жетеді. Мысалы, топырақтың жылу режимін реттеу үшін мынадай шараларды жүзеге асыру керек: топырақ бетіне ұсақ өсімдік қалдықтарын шашу, топырақтың жоғарғы қабатында ұсақ кесекті құрылым болуын көздеу, топырақты дұрыс өңдеу, ауа салқын болған жағдайларда бақтарды түтіндету, егістік жерлерінің айналасына егісті желден қорғайтын орман алқаптарын егу және т.б. жұмыстар атқару.

Ауа. Ол топырақтағы түрлі микробиологиялық процестердің жүруі үшін аса қажет. Егер микробиологиялық процестер жақсы жүрсе, онда топырақта өсімдіктер тіршілігі үшін жақсы жағдай жасалғандығы.

Топырақта ауа жетіспеген жағдайда ондағы көмірқышқыл газының мөлшері артады да, өсімдік көп зиян шегеді. Өсімдіктердің ауа жетіспеуінен зардап шегуі көбіне құрылымсыз әрі аса ылғалданған (батпақтанған) топырақтарда болады. Ауа өсіресе топырақтың жоғарғы қабаттарында тіршілік ететін микроорганизмдер мен өсімдік тамырлары үшін аса қажет. Көптеген микроорганизмдер, мысалы, түйнек бактериялары және азот жинағыш бактериялар ауа болмаса, топырақта азот қосылыстарын жинай алмайды. Топырақтың ауа режимін жақсартуда егіншілік мәдениетін көтеру, дұрыс ауыспалы егістер енгізу, топырақты дұрыс өңдеу мен суару жұмыстарын ұқыпты жүргізудің маңызы зор.

Су. Топырақтағы су, онда өтетін барлық процестердің жүруіне әсер етуі арқасында өсімдіктерде органикалық заттардың түзілуі мен ыдырауына себепкер болады. Топырақтың су режимі өсімдіктердің қоректік заттарды пайдалануына, топырақ құрылымының тұралуына, топырақтың ауа режиміне және т.б. процестерге де үлкен әсер етеді. Өсімдіктер суды көп мөлшерде пайдаланады. Әртүрлі өсімдіктердің тек тұқымының көктеуі үшін төмендегідей мөлшерде су қажет (дәнінің салмағынан процент есебімен): бидай — 45,5; қант қызылшасы — 120,3; қарабидай — 57,7; зығыр — 100,0; арпа — 48,5; кенеп—43,9; сұлы — 59,8; жоңышқа — 6,3; тары — 25,0; асбұршақ — 106,8; жүгері — 44,0; бөрібұршақ — 142,9. Әр дақылдың суды пайдалануы, тұқымның көктегенінен бастап кейінгі кезеңдеріне қарай өсе береді, тек нағыз егісті жинау кезеңіне қарай ғана суды пайдалану едәуір азаяды. Мұның негізгі себебі күз мезгілінде салқын түсуі және өсімдіктердің вегетациялық өсуінің біршама бәсеңдеуі болып табылады. Өсімдіктердің суды пайдалану мөлшерін транспирациялық коэффициент арқылы білуге болады.

Транспирациялық коэффициент — белгілі салмақ мөлшеріндегі құрғақ зат түзілу үшін жұмсалатын ылғал мөлшері. Түрлі дақылдардың транспирациялық коэффициенттерімен оның өнімі де әртүрлі (4.1-кесте). Транспирациялық коэффициентті әрбір дақылды және сорттарды белгілі бір топырақ-климат жағдайында өсіргенде мұқият ескеру қажет.

4.1-кесте

Дақылдардың транспирациялық коэффициенті мен өнімділігі

Дақылдар	Транспирациялық коэффициенті	Транспирациялық өнімділігі
1	2	3
Бидай	518	1,93
Арпа	529	1,89
Жүгері	364	2,79
Күріш	710	1,41
Тары	304	3,33

1	2	3
Қонақжүгері	381	2,76
Картоп	554	1,80
Қант қызылшасы	397	2,55
Асбұршақ	788	1,27
Жоңышқа	651	1,54

Түрлі дақылдардың өсуінің вегетациялық кезеңіне және қай аймақта өсірілетініне байланысты ылғал пайдалануы да әртүрлі болады. Топыраққа атмосферадан түсетін ылғалдың сіңуі және оның біршама мөлшерінің сақталуы, оның сүеткізгіштігі мен сусыйылымдылығына байланысты. Ал бұл қасиеттердің өзі топырақтың механикалық құрамына, құрылымына, органикалық және қарашірік заттар мөлшеріне тығыз байланысты болады. Өдетте, топырақ неғұрлым құрткесекті, құрылымды және органикалық заттарға бай болса, соғұрлым оның төменгі қабаттарына ылғал жақсы өтеді және ол едәуір ұзақ сақталады. Құрылымсыз топыраққа ылғал нашар сіңеді және ыстық кезеңдерде судың булануы күшейетіндіктен құрғап қалады.

Топырақтың су режимін жақсарту, оның сүеткізгіштігі мен сусыйымдылығын жақсартатын бірқатар шараларды жүзеге асыру — мол өнімнің кепілі. Топырақтың су режимін реттейтін шаралар агротехникалық және мелиоративтік болып екіге бөлінеді. Топырақтың су режимін мелиоративтік жолмен реттеу шараларына көбіне суармалы аудандарда суаруды дұрыс ұйымдастыру, суару атыздары мен арықшаларын жасау, жерді суару үшін тегістеу және т.б. жұмыстар жатады.

Қазіргі уақытта елімізде егістің басым көпшілігі дерлік төлімі жерлерге егілетіндіктен, топырақтың су режимін реттеудің агротехникалық шараларын жүзеге асыруға көп мән берілуде. Мұндай шараларға құрғақшылыққа төзімді сорттарды егу, дұрыс ауыспалы егіс жүйесін енгізу, топырақты дұрыс өңдеу, топырақтың құрылымды болуын қадағалау, тыңайтқыш қолдану, арамшөптерді жою, қар тоқтату мен егіс даласын айналдыра ағаштар егу және т.б. жатады.

Қоректік заттар. Тірі организм тіршілігінің негізі — олардың қоректенуі. Өсімдіктер дұрыс қоректенсе, өнім артып қана қоймайды, оның сапасы да едәуір жақсарады. Өсімдіктер өздерінің тіршілік ортасында барлық факторлар қажетті мөлшерде болып тұрғанда жақсы өсіп, жоғары өнім береді. Екіншілік жағдайында өсімдіктер үшін су, ауа және көбінесе қоректік заттар жетіспейді. Ауылшаруашылық саласындағы мамандардың негізгі міндеті — осы жетіспейтін факторларды дұрыс анықтап, оны болдырмау шараларын іске асыру. Өсімдіктерді қоректік заттармен жақсы қамтамасыз етуі арқылы олардың ылғал пайдалану

мөлшерін едәуір азайтуға болады, бірақ бұл солай екен деп топыраққа тыңайтқышты өте көп мөлшерде паша беруге болмайды. Бұл жерде ескеретін жайт — барлық факторлардың өсімдіктерге қажетті ғана мөлшерде болуы.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Ауа мен жарықтың өсімдіктерге әсерін сипаттаңдар.
2. Қоректік заттардың өсімдіктерге әсерін түсіндіріңдер.



1. Су мен жылудың тамырлардың өсуіне әсеріне мысал келтіріңдер.
2. Өсімдік тіршілігінің негізі неде?



1. Өсімдіктің өсуіне әсер ететін факторларды талдаңдар.
2. Қоректік заттардың пайдасы мен зиянын түсіндіріңдер.



1. Өсімдіктің өсуіне жарықтың әсерін түсіндіріңдер.
2. Өсімдік жасушасының өсуіне әсер ететін факторлардың механизмін негіздеңдер.



Бұршақтарды өндіру кезінде Корневин препаратында қандай өсу заттары бар екенін өсімдіктермен тәжірибе барысында дәлелдеңдер.

§ 26. ӨСІРГІШ ЗАТТАРДЫҢ ӨСІМДІКТЕРГЕ ӘСЕР ЕТУ МЕХАНИЗМІ. АУКСИН МЕН ГИБЕРЕЛЛИННІҢ ӘСЕРІ

Бұл сабақта:

- өсімдіктердің өсуіне стимуляторлардың (өсіргіш заттар) әсер ету механизмін зерттей алатын боласыңдар;
- өсу заттарының қалай әсер ететінін түсінетін боласыңдар;
- ауксиндердің өсімдіктерге әсер ету механизмін білесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- өсу заттарының өсімдіктерге әсер ету механизмін;
- өсімдіктерде өсуді реттеу принциптерін;
- ауксин мен гиббереллиннің өсімдіктерге әсер ету механизміне мысал.

Кілт түсініктер:

өсу, даму, гормон, ауксин, гиббереллин

Өсіргіш заттардың өсімдіктерге әсер ету механизмі. Жануарлардың химиялық координациясы *гормондардың*, яғни бір жерде синтезделіп, тіпті аз мөлшерде болса да басқа бір жерге барып әсер ететін органикалық заттардың көмегімен жүзеге асырылады. Өсімдіктерде физиологиялық процестерді үйлестіретін заттардың синтезделген жерінен басқа жерге баруы, тіпті де міндетті емес, сондықтан оларды гормондар деп атау барлық кезде мүмкін бола бермейді. Осы жағдайды ескере отырып, қандай да бір шамада өсуге әсер ететін болғандықтан, олар **өсіргіш**

заттар деп аталады. Бұдан басқа, қазір белгілі өсіргіш заттардың нақты әсер ету механизмі өлі анық емес. Оған әсер ету механизмінің әлдеқайда жақсы зерттелген жануарлар гормондарымен ұқсастығы да кедергі келтіріп тұр. Өсіргіш заттар өсімдіктерді өсіру үшін қажет екені анық, бірақ олардың әрекеті өсу өзгерістерін “іске қосу” ма немесе өзірге белгісіз жағдайларды іске қосатын процестерді “интеграциялау” ма, бұл өлі анықталмаған. Өсу процесі үш кезеңнен — *жасушалардың бөлінуінен*, олардың *созылуынан* және олардың *арнайылануынан* құралады және бұл кезеңдер өсімдіктердің әртүрлі бөліктерінде, әртүрлі жүреді. Өсіргіш заттардың өсімдік организмне әртүрлі әсер етуі және әртүрлі таралуы осыған байланысты. Өсіргіш заттардың негізгі бес түрін ажыратады: *ауксиндер, гиббереллиндер, цитокининдер, абсциз қышқылы және этилен (этен)*. Жалпы, цитокининдер жасушаның бөлінуімен, ауксиндер мен гиббереллиндер — жасуша өлшемінің үлкеюімен, өзгеруімен, абсциз қышқылы — тыныштық кезеңдерімен (мысалы, бүйір өскіндерінде), ал этилен қартаюымен байланысты деп айтуға болады.

Ауксин мен гиббереллиннің әсері. Ауксиндер сабақтың өсу нүктесінде және жас жапырақтарда үздіксіз түзіледі. Ауксиндердің ұшынан жылжуын *базипеталды* (өсу нүктесінен мүшенің негізіне қарай) және *полярлық* (яғни, бір бағытта келе жатқан) деп атауға болады. Шама-сы, олар диффузия жолымен жасушадан-жасушаға қарай қозғалады да соңында ферменттердің қатысуымен белсенділігін жоғалтады. Алыс қашықтықтарға тасымалдау өткізгіш жүйе бойынша (негізінен, флоэма бойынша) жүреді және өркендерден тамырға бағытталады. Мүмкін ауксин тамырларда түзілмейтін шығар. Ауксиннің әртүрлі концентрациясының өркендердің өсуіне әсерін төменде сипатталған тәрізді тәжірибе қоя отырып бағалауға болады.

Гиббереллиндер өсімдіктердің өсу гормондарының екінші тобын құрайды. Гиббереллиндер физиологиялық әрекеті бойынша ауксиндерден ерекшеленеді. Дегенмен көптеген биологиялық тестілер мен физиологиялық процестерге гиббереллиндер мен ауксиндер ұқсас әсер етеді. Гиббереллиндер ауксиндер сияқты, жасушалардың созылуын және бөлінуін стимуляциялайды, бірақ гиббереллиннің әрекетін зерттеудің бірінші кезеңдерінде екінші реакцияның мүмкіндігі күмән туғызған болатын. Алайда гиббереллинмен меристеманы өңдеу кезінде бірінші байқалатын әсер жасушалық бөлірудің стимуляциялануы екені анықталды. Ауксиннен айырмашылығы дифференциациялану аяқталған өсімдік ұлпасына гиббереллин әсер етпейді. Тек дифференциациялану аяқталмаған меристемалық аймақтар, созылу аймақтары және арнайылану аяқталмаған өсімдіктердің бөліктеріне ғана әсер етеді. Гиббереллиндер ұлпалардың дифференциациялауына әсер етпейді, осыған дейін бар болған жасушалардың өсуін күшейтеді, ал пішінінің

өзгерістері дифференциалды өсудің салдары болып табылады. Осыған сәйкес Финни мен Вест жаңа мүшелердің бастамасының пайда болуы гиббереллин туғызған өсуді жалпы стимуляциялаудың нәтижесі деп санайды.

Гиббереллиндерге тұтас өсімдік сабақтарының өсуін стимуляциялауы тән болып табылады. Ол, әдетте, өсімдіктердегі түйінаралықтардың созылуы және санының көбеюі есебінен жүзеге асырылады. Бұл ерекшелік, тіпті кейбір авторларға гиббереллинді “өсімдік сабағының өсу гормондары” деп атауына негіз болды. Бұл гормонды, ергежейлі мутанттарда аласа өсуді жою үшін қолданды және гиббереллиндердің көпшілігіне арналған ең дәл биотестті қолдану арқылы ергежейлілікті жою қасиеті аталуына негіз болғанын дәлелдеді. Бұл жағдайларды зерттеу үшін, әдетте, бұршақ және жүгері мутанттары қолданылады, оларда ергежейлілік тек бір генмен (single gene mutants) анықталады және гиббереллиндердің тиісті дозаларымен толығымен жойылады. Бұл бұршақтың le-мутанты және жүгерінің d_1 , d_2 , d_3 , d_5 және an-мутанты.

Гиббереллиндердің екінші ерекшелігі, олар өсімдіктердің белгілі бір бөліктеріне емес, тұтас өсімдіктерге қолданғанда тиімдірек, себебі ауксиндер оқшауланған бөліктер мен мүшелерге жақсы әсер етеді. Өсімдікте ауксиндердің қозғалуының базипеталдық бағыты гормондардың осы түріне тән ерекшеліктерінің бірі ретінде қарастырылады. Гиббереллиндер К. З. Гамбургтің әдеби деректерді талдауға негізделген қорытындысы бойынша, акропетальды (жоғары) қозғалады. Оның пікірінше, мұнымен олардың апикальды доминанттығына әсері анықталады.

Сабақтың өсуіне әсер ету тиімділігі мен сипаты және басқа да физиологиялық процестер гиббереллиннің түріне және оның концентрациясына байланысты. Концентрация жоғарылаған сайын, өсуі де күшейеді, әсері де артады. Өте жоғары концентрацияларда гиббереллиндердің тиімділігі төмендейді немесе олар теріс әсер ете бастайды.

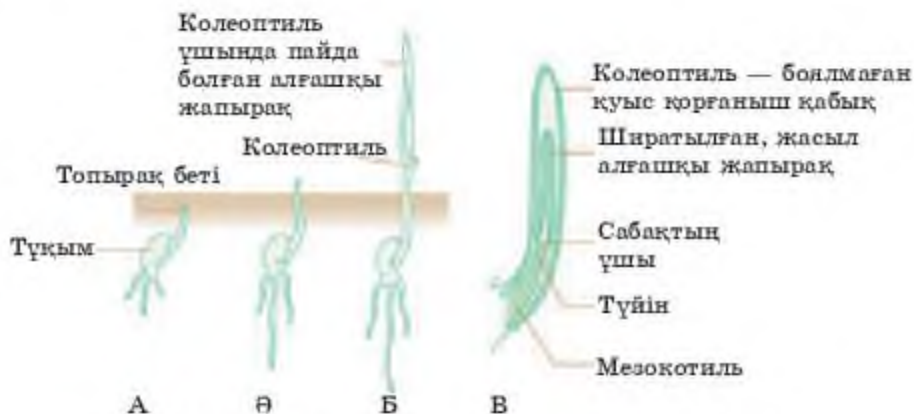


Гиббереллиндердің физиологиялық әсерінің барлық аспектілерін егжей-тегжейлі қарау Финни мен Вест және К.З. Гамбургтің шолуларында келтірілген. Ауксиндер сияқты гиббереллиндердің әртүрлі физиологиялық әсерлері, атап айтқанда, өсу әсері бар, ол әсер өсімдік ұлпасының түріне және жағдайына, сондай-ақ басқа түрлерінің эндогенді реттеуіштері болуына байланысты болады.

Физиологиялық рөлін қарқынды зерттеу олардың химизмін анықтағанға дейін басталған. Гиббереллиндерді бастапқыда таза күйінде тек 15 жыл өткеннен кейін ғана бөліп алған, 50-жылдардан бастап олардың физиологиялық және биохимиялық әсеріне тереңдете зерттеу жүргізілген. Күріш сабақтарының қалыптан тыс күшті тартылуын тудырған жетілмеген паразиттік саңырауқұлақтың мәдени ортасынан оқшауланған затты оның авторлары нағыз өсу гормоны ретінде қарастырмаған. Гиббереллин гормондары деп жоғары сатылы өсімдіктер ұлпасында олардың кең таралуы дәлелденгеннен кейін ғана атала басталды.

Ауксиндер Чарльз Дарвин және оның ұлы Френсисінің тәжірибелерінде басталған *фототропизмді* зерттеу нәтижесінде ашылды. Өте ыңғайлы нысан сұлы колеоптилін (тұқымжарнақтан кейінгі бірінші жапырақ) алып, олар өскіндердің жарыққа қарай өсуі сабақтың ұшының артта жатқан өсу аймағына қандай да бір “әсер” етуімен байланысты екенін көрсете алды (4.9-сурет). Бұл тәжірибенің бір бөлігі 4.10-суретте көрсетілген, онда әрбір кескін бір емес, көптеген тәжірибелердің нәтижелерін көрсетеді.

Тітіркендіргішке жауап ретіндегі реакцияны кескін түрінде көрсететін болсақ: тітіркендіргіш → рецептор → белгі беру → эффектор → реакция, онда біз белгі берудің табиғаты туралы бәрінен де аз біледі екенбіз. 1913 жылы дат өсімдіктер физиологі Бойсен-Йенсен тұңғыш рет осы сұрақты зерттеген. Оның тәжірибелерінің бірнешеуі 4.11-суретте бейнеленген.

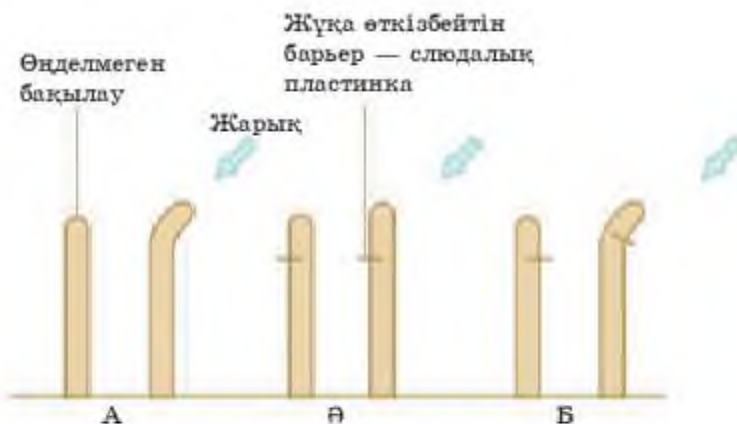


4.9-сурет. Қарапайым дәнді дақыл өскінінің өсуі.

А, Ө және Б — өсудің жеке кезеңдері;
В — колеоптильдің Ө кезеңіндегі кесіндісі



4.10-сурет. Дарвиннің сұлының колеоптильдерінің фототропизмі бойынша жасаған тәжірибелері. А, Ө, Б мен В әртүрлі тәжірибелер; сол жақта әртүрлі жағдайда әсер көрсетілген, оң жақта — оның нәтижесі



4.11-сурет. Бойсен-Йенсеннің сұлының колеоптильдерінің фототропизмі бойынша жасаған тәжірибелері. А, Б мен В өртүрлі тәжірибелер; сол жақта өр жағдайдағы өсері көрсетілген, оң жақта — оның нәтижесі

1928 жылы Данияның өсімдіктер физиологі Вент *арнайыланған химиялық таратқыштың* бар екенін дәлелдеді. Вент алдына мақсат қойды: бұл затты ұшынан артқа қарай тарайтын сәтте ұстап және жинау, содан кейін өртүрлі тәжірибелер қойып, оның тиімділігін көрсету. Ол шағын диффузиялаушы молекула шағын агар блогының ішіне кедергісіз кіру керек деп ойлады, онда агар молекулалары арасында өте үлкен бос кеңістік қалады. Вент тәжірибесінің бірнешеуі 4.12-суретте көрсетілген.

4.13-суретте Венттің ерекше назар аударатын тағы бір тәжірибесі ұсынылған. Бақылау тәжірибелерінде А және В екі агар блогына орналастырылған колеоптильдің ұштарын біркелкі жарықта немесе қараңғыда инкубациялады, содан кейін агар блоктарын ұшын алып тастаған колеоптильге ауыстырады; А және В блоктарымен индукцияланатын иілу шамасы бұл жағдайда бірдей болады. Колеоптильдің жоғарғы ұшын біржақты жарықтандыру белсенді заттың А және В блоктары арасында біркелкі емес өркелкі таралуына өкеледі. Бұл Бойсен-Йенсеннің жарықтың белсенді заттың таралуына өсері туралы қорытындысын дәлелдеп қана қоймай, сонымен қатар бұл заттың мөлшерін биологиялық әдіспен (“биотестінің” көмегімен) анықтауға да болатынын көрсетеді. Вент сұлы колеоптилінің иілу шамасы белсенді заттың концентрациясына тура пропорционал екенін анықтады.

Кейінірек бұл зат “ауксин” деп аталды (грек. auxein — үлкейту). 1934 жылы ол зат индолилсерке қышқылы (ИСКҚ) болып идентификацияланды. Содан кейін ИСКҚ өсімдіктерде кең таралғаны және онымен жасуша өлшемдерінің үлкеюі байланысты екені анықталды. 4.14-суретте қазіргі заманғы тұжырымдар бойынша, ИСКҚ колеоптильдердің



4.12-сурет. Венттің тәжірибелері. А мен Б — әртүрлі тәжірибелер; сол жақта әртүрлі жағдайдағы өсер көрсетілген, оң жақта оның нәтижесі. Жанында бақылау тәжірибелері көрсетілген. Барлық шаралар қараңғыда немесе тұрақты жарықта жасалған

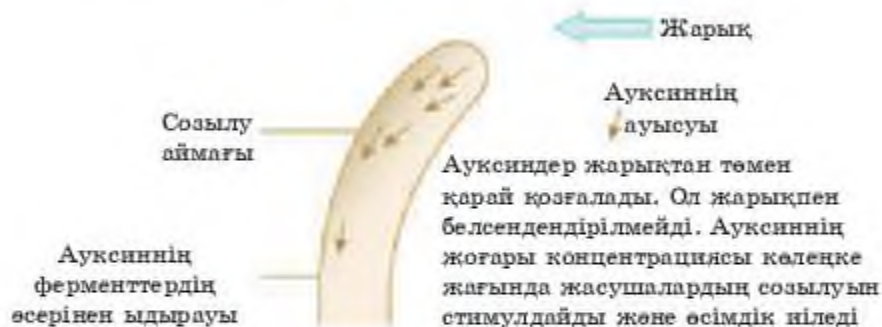


4.13-сурет. Венттің біржақты жарықтың химиялық ықпалдың (ауксиннің) таралуына әсерін көрсететін тәжірибесі

біржақты жарықтануында қозғалатыны көрсетілген. Бірақ колеоптиль осы уақытқа дейін зерттелген жүйелердің ең қарапайымы, ал басқа жүйелердің құрылымы күрделірек. Сонымен қатар ауксин градиенті жауап реакция болмай жатып, қауіпті кезең кезінде пайда болатыны туралы ешқандай мәлімет жоқ.

Көптеген қызықты жұмыстарды Республикамызда академик И.Р. Рақымбаев жүргізді. Ол өсімдіктің өсуі мен дамуын организмдік және жасушалық деңгейде реттеудің гормоналды механизмдері туралы жұмыстармен айналысты. Ол өсімдіктер онтогенезіндегі фитогормондардың, ауксиндердің және гибберелиндердің динамикалық топографиясы туралы теориялық идеяны алға тартты және тәжірибе

жүзінде негіздеді. Бұл жаңа ғылыми идеяны бүкіл әлем мойындады және шетелдік оқулықтарға енді.



4.14-сурет. Ауксиннің колеоптильде таралуына біржақты жарықтың әсерін түсіндіретін гипотеза

Білімдеріңді тексеріңдер:

1. Өсу заты ұғымына анықтама және сипаттама беріңдер.
 2. Өсу процесінің үш кезеңін атаңдар.
1. Ауксиннің қызметін сипаттаңдар.
 2. Ауксин мен гиббереллиннің өсімдік организміндегі әсері арасындағы байланысты анықтаңдар.
- Өсімдік организміндегі стимулдайтын ауксин, гиббереллин, цитокинин фитогормондар (өсімдік гармондары) рөлін сызба түрінде бейнелеңдер.
- Қызанақтың кесілген қалемшелерін кәдімгі суға және өсімдік гормондары (фитогормондар) қосылған суға салса не болатынын талқылаңдар.
- Гиббереллиннің эволюциялық маңызын бағалаңдар, неге олар жоғары сатыдағы өсімдіктерде қалыптасты?

4.1-зертханалық жұмыс

Ауксиннің тамырдың өсуіне ықпал етуі

Әдіс әртүрлі концентрациялы ауксин (гетероауксин) ерітінділерінде тұқымды өсіруге және тамырларының ұзындығын есептеуге арналған.

Жұмыс мақсаты. Ауксиннің тамырдың өсуіне ықпал етуіне анықтау.

Жұмыс барысы. Бес Петри ыдысына сүзгі қағазын төсейді, 9 мл сумен немесе 0,01; 0,001; 0,0001 и 0,00001%-тік ауксин (гетероауксин) ерітінділерімен ылғалдандырады.

Көрсетілген концентрацияларды алу үшін 1 мл бастапқы 0,01%-тік ауксиннің (гетероауксин) ерітіндісін 10 мл-лік өлшеу цилиндріне құйып, үстін сумен толтырады, мұқият араластырады; содан кейін 9 мл Петри тостағанына құяды, ал қалған 1 мл-ді сызыққа дейін сумен толтырады және әрі қарай осылай жалғастырады.

Ылғалданған сүзгі қағазына жүгері мен бидайдың 5 дәнін орналастырып, Петри ыдысын қақпағымен жауып, 20—25°C болатын қараңғы жерге қояды.

Келесі сабақта (бір апта өткеннен кейін) тамырлардың ұзындығын өлшеп, гетероауксин концентрациясына байланысты тамырлардың өсуінің баяулауы мен күшеюі туралы қорытынды жасайды. Өлшем нәтижелерін кестеге жазып шығады.

Ауксиннің (гетероауксиннің) тамырлардың өсуіне әсері

Нұсқа	Тамырлардың қосынды ұзындығы, см	Бір өсімдіктегі тамырдың орташа ұзындығы, см	%, бақылаудағы тамыр ұзындығы
Құбыр суы (бақылау)			
Ауксиннің (гетероауксиннің) ерітіндісі, %:			
0,01			
0,001			
0,0001			
0,00001			

Жұмысты қорытындылау: гетероауксиннің тамырға көрсететін әсерін бағалау, құбыр суы мен гетероауксиннің көрсететін әсерлерін салыстыра отырып қорытынды жасау, қай концентрацияда жоғарғы көрсеткіш көрсететінін анықтау.



ТАРАУ БОЙЫНША БІЛІМДІ ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Жануарлар организмдеріндегі реттеу жүйелерін сипаттаңдар.
2. Неліктен тірі организмдерді ашық жүйе деп қарастыруға болатындығын негіздеңдер.
3. Басқару жүйесінің сызбасын сызыңдар және модуляторды сипаттаңдар.
4. Оң және теріс қайтымды байланыстарды салыстырып, мысалдар келтіріңдер.
5. Гомеостаз туралы түсінікке анықтама беріңдер.
6. Тірі жүйе гомеостатикалық басқару диаграммасын салыңдар.
7. Түзету механизмінің мәнін негіздеңдер.
8. Тироксин секрециясын реттеу принциптерін мысалмен түсіндіріңдер.
9. Тірі организмдердегі басқару жүйесінің негізгі компоненттерін сипаттаңдар.
10. Ішкі ортаның тұрақтылығын реттеудің жалпы сызбасын түсіндіріп және сызыңдар.
11. Кері байланыс принциптерін түсіндіріңдер.
12. Жануарлардағы дене температурасын реттеу принциптерін сипаттаңдар.
13. Жануарлар қанындағы газ деңгейін қалай реттейтінін түсіндіріңдер.
14. Гормондарға анықтама беріп, оларға мысал келтіріңдер.
15. Гормондар арқылы реттеу кестесін сызыңдар.
16. Жасушааралық рецепторлар арқылы гормоналды сигналдың берілу жолын түсіндіріңдер.
17. Өсімдіктердегі өсу заттарына сипаттама беріңдер. Олар қалай ашылды?
18. Өсімдіктердегі ауксиндер мен гибберилиндердің рөлін сипаттаңдар.
19. Гибберилиндердің өсімдіктерге әсер ету механизмдерін сипаттаңдар.
20. Ауксиндердің өсімдік тамырларының өсуіне әсерін дәлелдейтін тәжірибелерді сипаттаңдар.

§ 27. ГАМЕТОГЕНЕЗ. АДАМ ГАМЕТОГЕНЕЗІНІҢ САТЫЛАРЫ

Бұл сабақта:

- адам гаметогенезінің сызбасын талдап үйренесіңдер;
- сперматогенездің ерекшеліктерімен танысасыңдар;
- оогенез кезеңдерін білесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- адамның жыныс жасушаларының түзілу жолын;
- сперматогенез кезеңдерін;
- оогенез этаптарын.

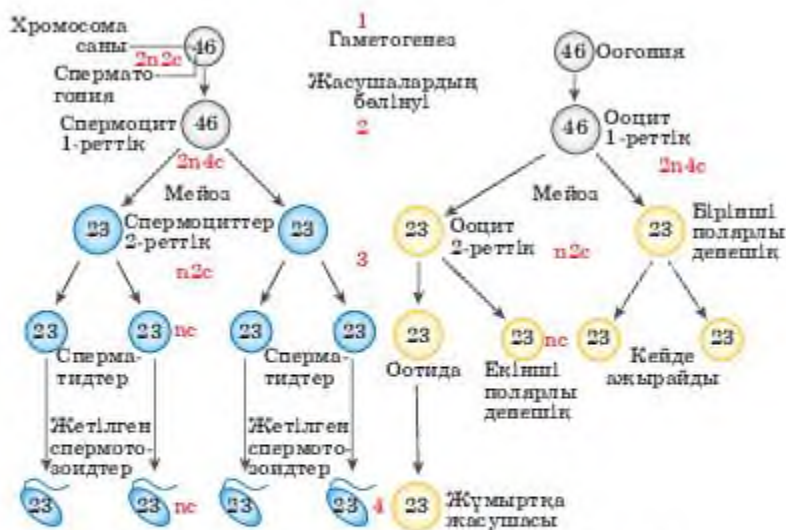
Кілт түсініктер:

гаметогенез, сперматозоид, сомалық жасуша, оогония, мейоз, спермотид.

Гаметогенез — жыныс жасушаларының түзілу процесі. Жыныс жасушаларының барлығын *гамета* деп атайды. Жыныс жасушалары гаплоидті хромосома жиынтығынан тұрады. Аналық жұмыртқа жасушасының түзілуі *оогенез*, ал аталық жыныс жасушаларының түзілуі *сперматогенез* деп аталады. Гаметалар түзілуіне қатыспайтын барлық қалған жасушалар *сомалық жасушалар* деп аталады.

Барлық омыртқалылардың эмбриондарында дамудың ерте сатысында белгілі бір жасушалар болашақ гаметалардың бастаушылары ретінде бөлінеді. Мұндай бастапқы жыныс жасушалары дамып келе жатқан гонадаларға (жыныс бездері, аналық омыртқалыларда аналық бездер, аталық омыртқалыларда аталық без) енеді, онда митоздың көбею кезеңінен кейін мейозға ұшырайды және жетілген гаметаларға айналады. Содан кейін жұмыртқа жасушасы мен сперматозоидтің қосылуы эмбрионның даму процесіне бастама береді.

Сүтқоректілердің ұрығының белгілі бір жасушалары қандай себеппен жыныс жасушаларына айналатыны анық емес, бірақ, кем дегенде организмде бір жұмыртқаның цитоплазмасының қандай да бір компоненті (немесе компоненттері) анықтаушы фактор болып табылатыны белгілі: дрозофилада цитоплазманың арнайыланған аймағы — жұмыртқаның артқы полюсінде орналасқан құрамы түйіршікті РНҚ-ға (полярлық түйіршіктер) бай полярлық плазма. Жұмыртқаның осы бөлігінде пайда болатын және құрамында полярлық түйіршіктері бар жасушалар



5.1-сурет. Гаметогенезді жыныс жасушаларының түзілуі

бастапқы жыныс жасушаларына айналады және ақырында гаметалар дамиды гонадаларға ауысады. Егер поллярлық плазманы жұмыртқаның алдыңғы полюсіне енгізсе, онда сомалық болуы тиіс жасушалар жыныс жасушаларына айналады.

Өдетте, гаметогенезді төрт кезеңге бөледі:

- 1) бастапқы жыныс жасушаларының түзілуі және гонадаларға ауысуы;
- 2) гонадаларда жыныс жасушаларының митоз арқылы көбеюі (оогенез);
- 3) мейоз нәтижесінде әр жасушадағы хромосома санының екі есе азаюы;
- 4) гаметалардың ақырғы жетілуі және саралануы, олардың ұрықтандыратын немесе ұрықтана алатын қабілеті бар сперматозоидтер мен аналық жыныс жасушаларына айналуы (5.1-сурет).

Ұрықтың гонадалары бастапқыда оларда пайда болған бастапқы жыныс жасушаларының салыстырмалы түрде аздаған санын қамтиды. Бірақ гонадаға енгеннен кейін жыныс жасушалар белсенді бөліне бастайды және олардың саны күрт артады. Жасушалар митоз процесі арқылы бөлінеді. Митоз процесі екі еншілес жасушаларға тұқымқуалаушылық ақпараты бар хромосомалардың бірдей жиынтығын беруді қамтамасыз етеді.

Адам гаметогенезінің кезеңдері:

1. *Көбею кезеңдері.* Гаметалар түзілетін диплоидті жасушаларды *сперматогониялар* және *оогониялар* деп атайды.

Олар $2n2c$ хромосомаларының диплоидтік жиынтығын алып жүреді. Осы кезеңде бастапқы жыныстық жасушалар митоз арқылы бірнеше рет бөлінеді, нәтижесінде олардың саны айтарлықтай артады. Сперматогониялар аталық организмде бүкіл репродуктивті кезеңде көбейеді. Ового-

ния да эмбриондық даму кезеңінен басталады. Адамда ана организмінде аналық безде бұл процесс жатыршілік дамудың екінші және бесінші айларында қарқынды өтеді. Жетінші айдың соңына қарай овоциттердің басым бөлігі I мейоздың профазасына өтеді.

Егер жеке гаплоидті жиынтықта хромосомалардың санын n деп белгілесе, ал ДНҚ санын c деп белгілесе, онда көбею сатысындағы жасушалардың генетикалық формуласы митоздың синтездік кезеңіне дейін (ДНҚ репликациясы жүрген кезде) $2n2c$ болып келеді және одан кейін $2n4c$ сәйкес келеді.

2. *Өсу кезеңі.* Жасушалардың көлемі ұлғаяды және аталық пен аналық жыныс жасушалары 1-реттік сперматоциттер мен овоциттерге айналады (соңғыларының, әсіресе жұмыртқаның сарысы мен нәруыз түйіршіктері түріндегі қоректік заттардың жиналуына байланысты мөлшері үлкейеді). Бұл кезең I мейоздың интерфазасына сәйкес келеді. Осы кезеңнің маңызды ерекшелігі — хромосома саны өзгермей сақталған ДНҚ молекуласының редупликациясы болып табылады. Бұл кезеңде олар екіжіпшелі құрылымға ие болады, ал 1-реттік сперматоциттер мен овоциттердің генетикалық формуласы $2n4c$ түрінде болады. Бұл мұндай жасушалар құрамының екі еселенген ДНҚ-сы бар жұп хромосома жиынтығынан тұратынын көрсетеді.

3. *Жыныстық жетілу кезеңі.* Екі тізбекті бөліну жүреді — *редукциялық* (мейоздың бірінші бөлінуінде хромосомалардың саны екі есе азаяды немесе редукция — екі есе азаю) және *эквационды бөліну* (мейоздың екінші бөлінуі жыныс жасушаларының пайда болуымен аяқталады). Олар бірігіп мейозды құрайды. Бірінші бөлінуден кейін (I мейоз) 2-реттік сперматоциттер мен овоциттер (генетикалық формуласы $n2c$ болатын) пайда болады, екінші бөлінуден кейін (II мейоз) — сперматидтер мен пісіп жетілген жұмыртқа жасушалары (nc) түзіледі. Аналық жыныс жасушаларында жұмыртқа сарысының ең көп мөлшері осылай сақталады. Осылайша жетілу кезеңінің нәтижесінде 1-реттік бір сперматоцит ($2n4c$ формуласымен) төрт сперматозоид (nc формуласымен), ал 1-реттік бір овоцит ($2n4c$ формуласымен) толық жетілген бір жұмыртқа жасуша (nc формуласымен) мен көбеюге қатыспайтын үш редукциялық денешік түзеді.

4. *Түзілу кезеңі немесе спермиогенез (тек сперматогенезде).*

Осы процестің нәтижесінде әрбір жетілмеген сперматид жетілген сперматозоидке (формуласы nc) айналып, оған төн барлық құрылымдарға ие болады. Хромосомалардың жылдам ширатылуының нәтижесінде сперматид ядролары тығыздалады, олар функционалды енжар болады. Гольджи кешені ядроның бір полюсіне орын ауыстырып акросомды аппарат қалыптастырады. Ядроның келесі полюсіне центриольдер жылжиды, оның біреуінен талшық өсіп шығады, оның түбіне мито-

хондрия орамдалған қапшық түрінде шоғырланады. Сперматиданың барлық цитоплазмасы сыдырылып түседі, сондықтан сперматозоидтің басында цитоплазма болмайды.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Гаметогенездің кезеңдерін баяндаңдар.
2. Адам гаметогенезі кезеңдерінің ерекшеліктерін түсіндіріңдер.
3. Гаметогенез дегеніміз не?
4. Спермотогония дегеніміз не?
5. Гаметогенез кезеңдерін түсіндіріңдер.
6. Эквациялық бөліну қай кезде жүреді?



1. Мейоз кезінде пісіп жетілу кезеңінің маңыздылығын түсіндіріңдер.
2. Ер және әйел адамдарда жүретін мейоз ұзақтығына мысалдар келтіріңдер.



1. Гаметогенезді реттеу механизміне талдау жасаңдар.
2. Мейозды сызба түрінде салыңдар.



1. Уақыттың гаметогенезге қалай әсер ететінін түсіндіріңдер.
2. Тұқым қуалайтын ақпараттың берілу механизмін сипаттаңдар.



1. Адамның гаметогенезі туралы білімге сүйене отырып, ата-ана жасының балалардың денсаулығы үшін маңызы туралы пікірталас жүргізіңдер.

§ 28. СПЕРМАТОГЕНЕЗ БЕН ООГЕНЕЗДІҢ АЙЫРМАШЫЛЫҚТАРЫ. СПЕРМАТОГЕНЕЗ БЕН ООГЕНЕЗДІ САЛЫСТЫРУ

Бұл сабақта:

- сперматогенез және оогенездің айырмашылықтарымен танысасыңдар;
- сперматогенез бен оогенез кезеңдерін білетін боласыңдар;
- мейоз және оның кезеңдерін оқып-үйренесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- сперматозоидтің қалай түзілетінін;
- жұмыртқа жасушасының қалай жетілетінін;
- бағыттаушы денешіктің маңыздылығын.

Кілт түсініктер:

сперматогенез, оогенез, эмбрион, мейоз, РНҚ, көбею, Грааф көпіршігі

Сперматогенез — аталық жыныс жасушаларының түзілуі. Сперматогенездің ерекшеліктері: 1) жетілу кезеңінде бір жасушадан 4 бірдей гаплоидті жасуша түзіледі; 2) түзілу кезеңінде бұл жасушалардың ядросы мен цитоплазмасы тығыздалады, осының арқасында олардың өлшемдері кішірейеді.

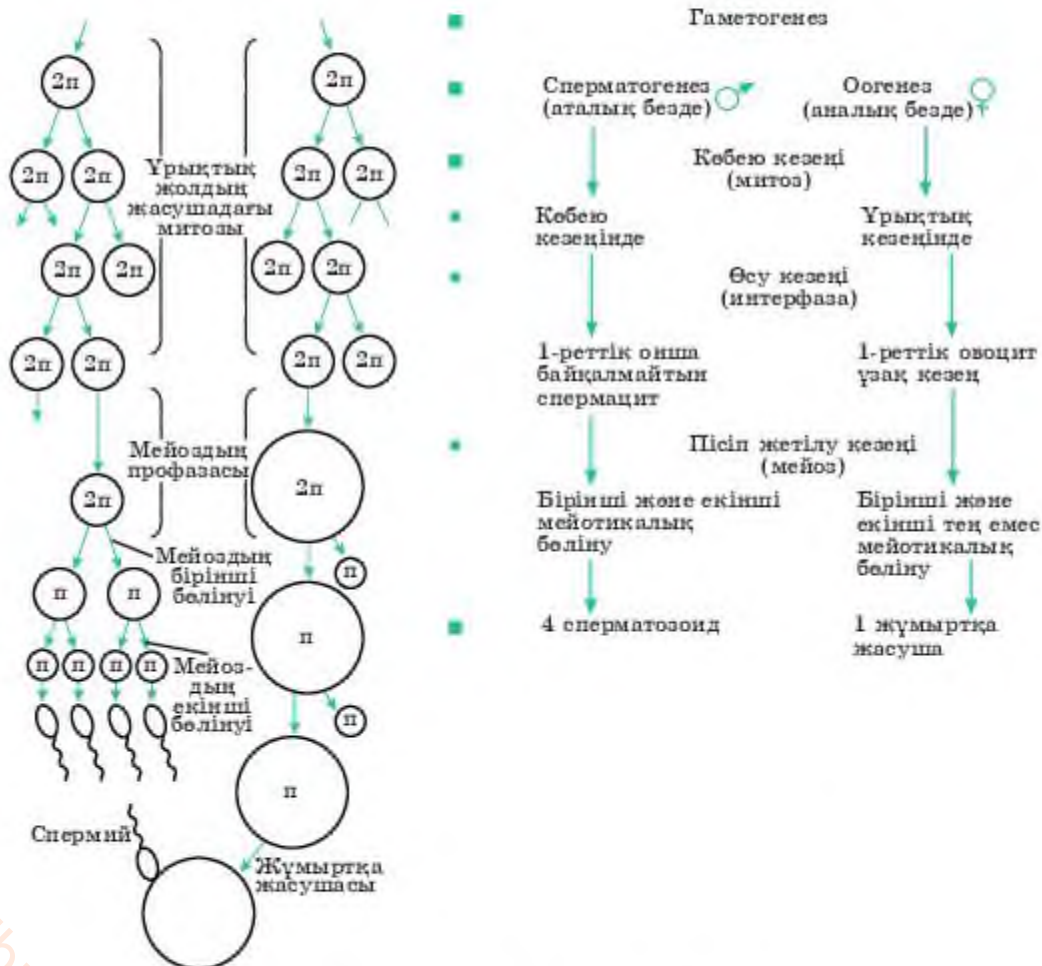
Оогенез — аналық жұмыртқа жасушасының түзілуі. Оогенездің ерекшеліктері: 1) жетілу кезеңінде бір жасушадан бірдей емес төрт

гаплоидті жасушалар түзіледі: толық жетілген бір жұмыртқа жасушасы және үш ұсақ полярлы денешік; 2) тұзлу кезеңінде жұмыртқа жасушасына тек сыртқы қабаттың бір бөлігі айналады, ал полярлы денешіктер жойылады.

Сперматозоидтер мен жұмыртқа жасушаларының қалыптасуындағы айырмашылықтар олардың қызметімен түсіндіріледі: сперматозоидтер қозғалуы және жұмыртқа жасушаға хромосомалардың гаплоидті жиынтығын енгізуді қамтамасыз етуі тиіс, ал жұмыртқа жасушада өзінің генетикалық материалы және ұрықтың дамуына қажетті қоректік материал ретінде сарыуыз көп мөлшерде жинақталады.

Оогенез бен сперматогенезді салыстыру (5.2-сурет).

Оогенездің сперматогенезбен ұқсастығы бар, оогенез де бірнеше кезеңдерден тұрады: көбею, өсу, жетілу.



5.2-сурет. Сперматогенез бен оогенезді салыстыру

Сперматогенез және оогенез кезіндегі генетикалық процестердің негізгі ұқсастығына қарамастан, олардың арасында айтарлықтай айырмашылықтар да бар.

Біріншіден, түзілу кезеңі тек сперматогенезге тән, ал оогенез барысында болмайды.

Екіншіден, өсу кезеңі оогенезде сперматогенезге қарағанда ұзағырақ.

Үшіншіден, оогенездің жетілу кезеңінің полярлы денешіктердің бөлінуіне әкелетін бөлінулердің біркелкі болмауы сияқты өз ерекшеліктері бар.

Төртіншіден, әйелдердің ерекшелігі мейоздық бөліну құрсақта даму кезінде басталады, алғаш рет жыныстық жетілу кезінде аяқталады, ал соңғы рет — менопауза алдында болады. Ер адамдарда мейоз жыныстық жетілуге жеткенде басталады да, өмір бойына сақталады.

Бесіншіден, әйелдерде жетілген жыныс жасушаларының түзілуі цикл түрінде, 28 күнге созылатын кезеңде өтеді, ал ер адамдарда бұл үзліссіз жүреді.

Алтыншыдан, әрқайсысы мейоз нәтижесінде қызметі жағынан толыққанды төрт сперматозоид беретін сперматогониялардан айырмашылығы — оогонияда тек бір ғана жыныс жасушасы түзіледі. Мейоздың бірінші бөлінуінен кейін бір еншілес жасушаға цитоплазманың көп бөлігі кетеді, ал бағыттаушы денешік деп аталатын екіншісіне аз бөлігі кетеді. Мейоздың екінші бөлінуі кезі де осыған ұқсас болады. Бағыттаушы денешік дегенерацияланады.

Жетіншіден, аталық және аналық жыныс жасушалары құрылысы мен қызметі бойынша қатты ерекшеленеді: сперматозоид — кішкентай қозғалғыш жасуша, оны қозғалу үшін энергиямен қамтамасыз ететін митохондрияларға бай, ал аналық жыныс жасушасы — адам организміндегі ең ірі жасуша (диаметрі 150—200 мкм), онда қоректік заттардың айтарлықтай қоры ғана емес, сонымен қатар ұрықтың алғашқы даму кезеңдерінде пайдаланатын матрицалық РНҚ болады. Әйелдің жыныс жасушасы оны қоректендіретін фолликулалық жасушалармен қоршалған және арнайыланған құрылым — фолликул (Грааф көпіршігі) түзеді.

Сегізіншіден, жыныс мүшелерінің орналасуындағы айырмашылықтарына байланысты (ұрық бауы, әдетте, іш қуысының сыртында жатады) сперматогенездің түзілу барысына овогенезге қарағанда сыртқы ортаның ықпалы көп.

Жыныстық көбею организмнің маңызды эволюциялық жаңалығы болып табылады. Екінші жағынан, ол гендерді қайта сұрыптауға, организмдердің алуан түрінің пайда болуына және олардың үздіксіз өзгертін қоршаған ортаның жағдайларында бәсекеге қабілеттілігінің артуына ықпал етеді. Басқа жасушалармен салыстырғанда гаметалардың қызметі ерекше. Олар түрлі ұрпақ дараларының арасында

тұқымқуалаушылық ақпараттың берілуін қамтамасыз етіп, уақыт аралығында тіршілікті сақтайды.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Гаметогенездің негізгі кезеңдерін сипаттаңдар.
2. Сперматогенезге қарағанда оогенездің ерекшеліктерін түсіндіріңдер.



1. Мейоз кезіндегі жетілу кезеңдерінің маңызын түсіндіріңдер.
2. Мейоздың аталық пен аналықтағы ұзақтығына мысалдар келтіріңдер.



1. Гаметогенезді реттеу механизмін талдаңдар.
2. Мейоздың кескінін салыңдар.



1. Гаметогенезге уақыттың әсерін түсіндіріңдер.
2. Тұқымқуалаушылық ақпараттың берілу механизмін негіздеңдер.



1. ЭҚҰ проблемаларының оң және теріс жақтары туралы реферат жазыңдар.



ТАРАУ БОЙЫНША БІЛІМДІ ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Гаметогенез процесін сипаттаңдар.
2. Адамдардағы гаметогенез кезеңдерін сипаттаңдар.
3. Адамдарда гаметогенез кезеңіндегі көбею сатысын сипаттаңдар.
4. Адамдарда оогенез кезіндегі өсу кезеңін сипаттаңдар.
5. Адамдарда гаметогенездің жетілу кезеңін сипаттаңдар.
6. Адамның гаплоидті жасушалары гаметогенездің қай сатысында түзіледі?
7. Сперматогенездің оогенезден айырмашылығын дәлелдендер.
8. Гаметогенез кезіндегі жетілу кезеңін сипаттаңдар.
9. Адамда II мейоз сатысы қанша уақытқа созылатынын анықтаңдар.
10. Неліктен егде жастағы ата-аналарда Даун синдромы бар балалар көп кездеседі?
11. Оогенезде бағыттаушы денелер қандай рөл атқарады?
12. Неліктен сперматозоидтер қозғалысқа ие, жауаптарыңды дәлелдендер.
13. Сперматогенез диаграммасын салыңдар.
14. Оогенез диаграммасын салыңдар.
15. Тірі организмдер үшін жыныстық көбеюдің маңызы неде?
16. Оогенез кезінде полярлық денелерді сипаттаңдар.
17. Мейоздың қай сатысында хромосомалар саны азаяды?
18. Оогенез процесін сипаттаңдар.
19. Сперматогенез бен оогенезді ортақ не байланыстырады?
20. Гаметогенез процесі бұзылса не болады? Мысалдар келтіріңдер.

§ 29. “БАҒАНАЛЫ ЖАСУШАЛАР” ҰҒЫМЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ (ҚАЙТА ЖАҒАРУЫ, ЖІКТЕЛУІ)

Бұл сабақта:

- бағаналы жасушалардың мамандану процестерін және олардың практикалық қолданылуын білетін боласыңдар;
- “потенттілік” ұғымын оқып-үйренесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- адамдағы ауруларды емдеуде бағаналы жасушалардың маңыздылығын;
- бағаналы жасушаларды алудың әдістерін;
- тәжірибеде бағаналы жасушаларды қолданылуын.

Кілт түсініктер:

ассимметриялық бөліну, стохастикалық бөліну, мультипотенттілік

Бағаналы жасушалар — тірі организмдердің ерекше жасушаларының иерархиясы, олардың әрқайсысы кейіннен ерекше түрде (яғни, арнайылану және одан әрі әдеттегі жасуша ретінде дамуы) арнайылануы мүмкін. Бағаналы жасушалар асимметриялық түрде бөлінуге қабілетті, осының арқасында бөлінгенде аналық жасушаға ұқсас жасушалар (өзін-өзі шығару), сонымен қатар өзгеруге қабілетті жаңа жасушалар пайда болады. Бағаналы жасушаның ең басты қасиеті оның ядросында сақталған генетикалық ақпарат есептеудің “нөлдік нүктесінде” болады. Себебі тірі организмдердің барлық жыныстық емес жасушалары (сомалық жасушалар) арнайыланған, яғни қандай да бір арнайыланған қызметті орындайды: сүйек ұлпасының жасушалары қаңқаны түзеді, қан жасушалары иммунитет үшін жауап береді және оттекті тасымалдайды, жүйке жасушалары электр импульсін өткізеді. Ал бағаналы жасуша оның арнайылануын анықтайтын механизмдерді әлі іске “қоспайды”. “Нөлдік нүктеде “оның геномы әлі бірде-бір бағдарламаны “іске қоспайды”, маңыздысы көбею бағдарламасын орындауды бастамайды.

Бағаналы жасушалар организмнің кез келген жасушаларына — тері, жүйке және қан жасушаларына бастау бере алады. Алдымен ересек организмде мұндай жасушалар жоқ және олар эмбрионалды дамудың ең ерте кезеңінде ғана болады деп ойлады. Алайда 70-жылдары А. Я. Фриденштейн басқа авторларымен бірге бағаналы жасушаларды “ересек” сүйек кемігінің мезенхимасында (стромасында) анықтады, сол себепті одан әрі оларды стромалы жасушалар деп атай бастады.

Біздің организмінде бағаналы жасушалар өте аз: эмбрионда — 10 мың жасушаға 1 жасуша, 60—80 жастағы адамда — 5—8 млн-ға 1 жасуша келеді. Бағаналы жасушаларды ұлпалардан бөліп алып өсіруге болады. Бұл кезде шар тәрізді жасушалық топтар пайда болады: эмбрионалды жасушалардың жиынтығын *эмбриондты денелер* деп атайды, ал нейралды жасушалардың жиынтығын *нейросфералар* дейді. Бағаналы жасушалар түрлі жасуша типтерін беру қабілетіне (плюрипотенттілік) байланысты организмді қандай да бір жағдайлардың себебінен туындайтын ақауларды алмастыру үшін маңызды қор ретінде пайдаланылады.

Орталық жүйке жүйесінде бағаналы жасушаларының болуы биологтердің ерекше таңданысын туғызды. Жүйке жасушалары нейралды өзгерудің ең ерте сатысында-ақ (нейробласт сатысы) көбеюге деген қабілетін жоғалтатыны белгілі. Ал бағаналы жасушалар жүйке ұлпасының өртүрлі зақымдануларына жауап ретінде бөлініп, кейіннен *жүйке және глиалды* жасушаларға айнала бастайды. Оқшауланған нейралды бағаналы жасушалар басқа да өндірушілерге айналуы мүмкін. Бағаналы жасушалар жетілуі барысында бірнеше сатыдан өтеді. Нәтижесінде организмде жетілу дәрежесі өртүрлі бағаналы жасушалардың бірқатар популяциялары жоғары болады. Қалыпты жағдайда, жасуша неғұрлым жетілген болса, соғұрлым оның басқа түрдегі жасушаға айналу мүмкіндігі пайда болады. Бірақ мұның барлығы жасушалардың трансдифференциациялану феноменінің арқасында жүзеге асады (ағылш. *transdifferentiation*).

Бағаналы жасушалардың қасиеттері. Барлық бағаналы жасушалардың екі ажырамас қасиеті болады:

- Өздігінен жаңару, яғни бөлінгеннен кейін өзгермейтін фенотипті сақтау қабілеті (сараланбай-ақ).
- Потенттілік (саралаушы потенциал) немесе жасушалардың арнайыланған түрлері ретінде ұрпақ беруі.

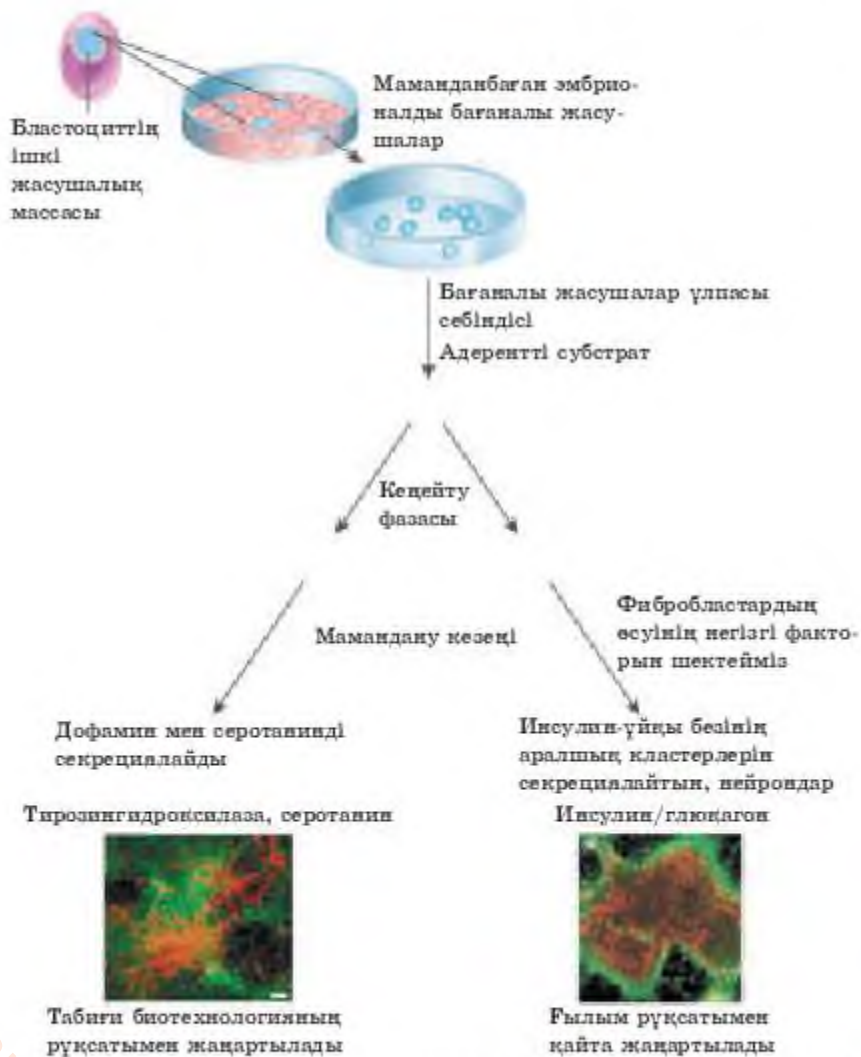
Бағаналы жасушалардың өздігінен жаңаруы. Организмдегі бағаналы жасушаларының популяциясын ұстап тұратын екі механизм бар:

1. Асимметриялық бөліну, бұл кезде жасушалардың бір ғана жұбы бөлінеді (бір бағаналы жасуша мен бір өзгерген жасуша).

2. Стохастикалық (кездейсоқ, болуы мүмкін) бөліну: бір бағаналы жасуша екі арнайыланған жасушаға бөлінеді.

Бағаналы жасушалардың өзгеруі. Бағаналы жасушаларының арасында алыну көзінен басқа да көптеген айырмашылықтар болады. Ең маңыздысы — олардың зертханада өзгермей-ақ тіршілік етуге қабілеттілігін сақтауы. *Эмбрионалды бағаналы жасушалары* бір жыл ішінде сараланбаса да, репликациялана алады, ал ересек организмдердегі бағаналы жасушалар репликациялана алмайды. Ересек организмдердің бағаналы жасушалары барлық ұлпаларда болады және ұлпалардың ауруы немесе зақымдануы кезінде белсендіріледі, олар эмбрионалдық бағаналы жасушаларға қарағанда жақсы сараланған болып келеді.

Сырттан “белгі” алған соң бағаналы жасушалар өртүрлі жасушалар мен ұлшаларға айналуға қабілетті болып келеді. Кез келген организмде бұл белгілер табиғи жолмен пайда болады, бірақ зертханалық жағдайда жасанды түрде жасалуы мүмкін. Эмбрионалды бағаналы жасушалар үш өртүрлі ұлпаларға айнала алады: Ішкі мүшелерге бастау беретін *эндодерма*, *мезодерма* (дәнекер ұлпасы, бұлшықет, қанайналымы жүйесі және сүйек ұлпасы) және *эктодерма* (тері, сезім мүшелері және жүйке жасушалары). Өртүрлі ұлпа түрлеріне өзгеру қабілетіне байланысты бұл жасушалар **мультипотенттік** деп аталады. Егер эмбрионалды бағаналы жасушаларды сұйық ортада қалдыратын болса, олар жиналып, эмбрионға ұқсас құрылымды түзеді және өздігінен өзгереді. 6.1-суретте осындай өздігінен өзгеру (саралану) көрсетілген.



6.1-сурет. Бағаналы жасушалардың өздігінен өзгеруі (саралануы)

Науқастану немесе жарақаттану жағдайында бағаналы жасушаларды зақымданған ұлпаны алмастыру немесе қалпына келтіру үшін пайдалануға болады. Зерттеушілер бұл технологияны Паркинсон ауруы, диабет, жұлынның зақымдалуы, бұлшықет дистрофиясы, Альцгеймер ауруы, күйіктер, артриттер, көрудің және естудің жоғалуы т.б. сияқты ауруларды емдеуде қолдануды іздестіруде. Бағаналы жасушаларды зерттеудің басқа да себептері бар. Біріншісі — организмнің бір жасушадан қалай дамидынын, қандай сигналдар мамандану механизмдерін “іске қосатынын” және қалай жүзеге асатынын ашу. Бұл дәрігерлерге ұрықтың даму барысындағы ақауларын толық түсінуге және мүмкін болса алдын алуға мүмкіндік береді. Екіншісі — бағаналы жасушалардың пролиферациясы (өсімдіктер немесе жануарлар организмінде ұлпаның, жасушалардың көбеюі) механизмін түсіну онкологиялық аурулардың алдын алуға мүмкіндік береді, ол өз кезегінде тиімді емдеу үшін олардың себептері мен дамуы туралы жаңа ақпарат бере алады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. “Бағаналы жасушалар” ұғымына анықтама беріңдер.
2. Жасушаның көбеюін сипаттаңдар.



1. Бағаналы жасушалардың медицинада қолдану мүмкіндігін түсіндіріңдер.
2. Бағаналы жасушалар көмегімен емделуге мысалдар келтіріңдер.



1. Бағаналы жасушалардың негізгі қасиеттерін талдаңдар.
2. Ғалымдар неліктен плюропотентті жасушаларды адам организмiнен бөліп алуға тырысады? Қалай ойлайсыңдар?



1. Тұқым қуалайтын ауруларды емдеуде бағаналы жасушалардың маңыздылығын түсіндіріңдер.
2. Бағаналы жасушаларды алу әдістерін түсіндіріңдер және қай салада қолданылатынын айтып беріңдер.



Бағаналы жасушалардан организм ұлпасының түзілу реттілігін көрсетіңдер:

Ұлпа	Ұрық жапырақшалары	
сүйек ұлпасы жүйке жасушалары қан сезім мүшелері бұлшықет ішек эпителийі өкпе эпителийі	эктодерма эндодерма мезодерма	Эбрионалды бағаналы жасушалар

§ 30. БАҒАНАЛЫ ЖАСУШАЛАРДЫҢ ТҮРЛЕРІ: ЭМБРИОНАЛДЫ ЖӘНЕ СОМАТИКАЛЫҚ

Бұл сабақта:

- бағаналы жасушаларды алу көзіне байланысты негізгі топтарын оқып-үйренесіңдер;
- адамның эмбрионалды және соматикалық бағаналы жасушаларымен танысасыңдар;
- тотипатентті жасушаларды білетін боласыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

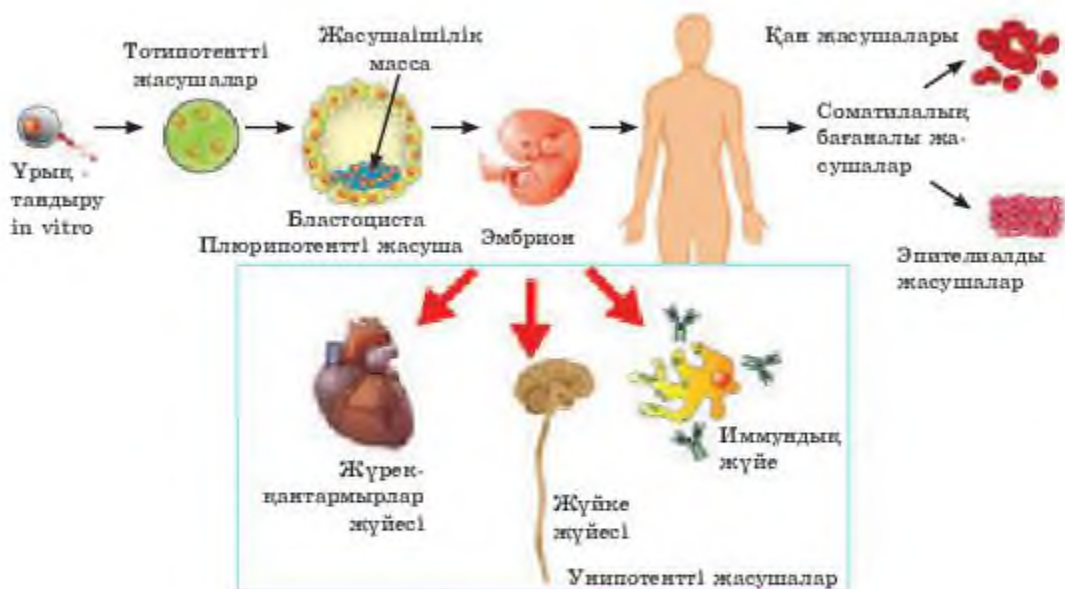
- эмбрионалдық бағаналы жасушалар туралы;
- феталдық бағаналы жасушаларды алу мүмкіндіктерін;
- соматикалық бағаналы жасушаларды алу әдістеріне мысалдарды.

Кілт түсініктер:

бағаналы жасушалар, эмбрион, соматикалық, феталдық, жасушалардың көбеюі, эмбиобласт, донор, реципиент

Бағаналы жасушаларды алу көзіне байланысты үш негізгі топқа бөлуге болады: *эмбрионалдық, феталдық және постнаталдық* (ересек адамдардың бағаналы жасушалары).

Эмбрионалдық бағаналы жасушалар. Эмбрионалдық бағаналы жасушалар (ЭБЖ) эмбрион дамуының ерте кезеңінде Ішкі жасуша массасын (ІЖМ) немесе эмбриобласты түзеді. Олар плюрипотентті болып табылады. ЭБЖ-ның маңызды жағы олар HLA (human leucocyte antigens — адамның лейкоциттік антигені) экспрессияламайды, яғни ұлпа сәйкестілігіне қарсы антигендерді бөлмейді. Әр адамда ұлпа сәйкестілігіне қарсы антигендердің ерекше жиынтығы болады және олардың донор мен реципиентте сәйкес келмеуі — трансплантацияның сәтсіз болуына алып келеді. Сәйкесінше донорлық эмбрионалдық жасушаларды реципиент организмнің қабылдамауы өте жоғары болуы мүмкін. Иммундық тапшылығы бар жануарларға ауыстырып салу кезінде эмбрионалдық бағаналы жасушалар — тератома (көпұлпалы) күрделі құрылымды ісіктерді түзуге қабілетті болады. Олардың кейбірі қатерлі болуы мүмкін. Иммунды организмде, мысалы, адам организмінде осы жасушалардың қалай тіршілік ететіні туралы нақты деректер жоқ. Эмбриондық бағаналы жасушалардың өзгерген дериваттарын (өндіруші жасушалар) қолдана отырып, клиникалық сынақтар жүргізіліп басталған. Зертханалық жағдайда ЭБЖ алу үшін, ІЖМ бөлу үшін бластоцистаны бұзу керек, яғни эмбрионды бұзу керек. Сондықтан зерттеушілер эмбриондармен тікелей емес, бұрын бөлінген дайын ЭБЖ-мен жұмыс істеуді таңдайды.



6.2-сурет. Бағаналы жасушалардың дамуы

ЭБЖ пайдаланған клиникалық зерттеулер ерекше этикалық сараптамадан өткізіледі. Көптеген елдерде ЭБЖ зерттеулері заңнамамен шектелген.

ЭБЖ-ның басты кемшіліктерінің бірі трансплантация кезінде аутогенді, яғни өзінің меншікті материалын пайдалана алмауы, себебі эмбрионнан оның одан әрі дамуымен сәйкес болмайтын ЭБЖ бөлінеді (6.2-сурет).

Эмбрионалдық бағаналы жасушаларының сипаттамалары:

1. Плюрипотенттілік — шамамен жасушаның 350 типінің кез келгенінен ересек организмді түзу қабілеті (сүтқоректілерде).

2. Хоуминг — бағаналы жасушаларды организмге енгізгенде зақымдану аймағын тауып, сол жерге бекіп, жойылған қызметін қалпына келтіруі.

3. Тотипотенттілік — тұтас организмнің саралану қабілеті (ұрықтанудан кейін 11 күн).

4. Бағаналы жасушалардың ерекшелігін анықтайтын факторлар ядрода емес, цитоплазмада орналасады. Бұл ұрықтың ерте дамуына жауап беретін барлық 3 мың генинің мРНҚ-да болуы (634 күннің көзі көрсетілмеген).

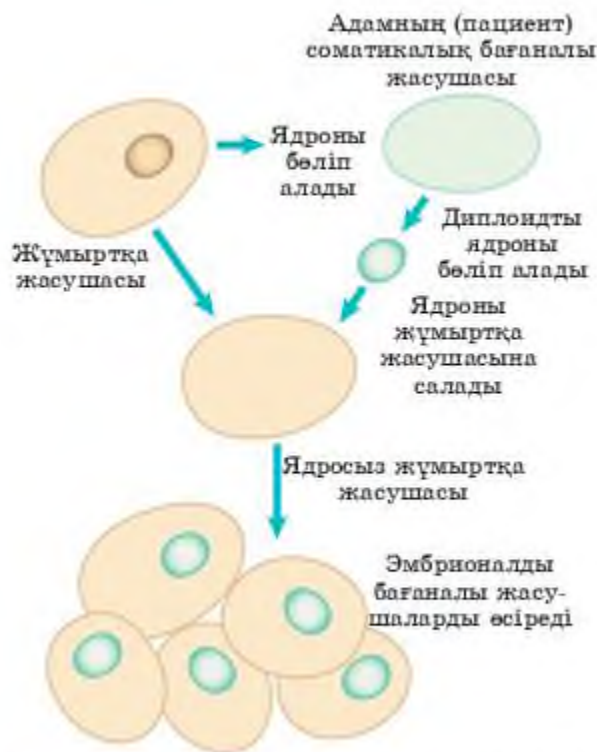
5. Теломераздық белсенділік. Әр репликацияда теломердің бір бөлігі жойылады (Хейфлик шегі). Бағаналы, жыныс, ісік жасушаларында теломераздық белсенділік болады, олардың хромосомасының ұштары қатарласа алады, яғни бұл жасушалар салыстырмалы түрде сансыз көп жасуша бөлінуін жүзеге асыруға қабілетті, олар мәңгі өлмейтіндер.

Феталдық бағаналы жасушалар. Феталдық бағаналы жасушаларды ұрық материалынан алады (өдетте, гестация мерзімі, яғни ұрықтың құрсақішілік дамуы 9—12 аптаны құрайды). Әрине, мұндай биоматериалды зерттеу және пайдалану да этикалық мәселелерді туындатады. Кейбір елдерде, мысалы, Украина мен Ұлыбританияда оларды зерттеу және клиникалық қолдану бойынша жұмыстар жалғасуда. Мысалы, ReNeuron британдық компаниясы инсультті емдеу үшін феталдық бағаналы жасушаларын пайдалану мүмкіндігін зерттейді.

Соматикалық (постнаталдық) бағаналы жасушалары. Жетілген организмнің бағаналы жасушаларының эмбрионалдық және феталдық бағаналы жасушаларымен салыстырғанда потенттілігі аз болады, яғни жасушалардың өртүрлі түрлерінің аздаған мөлшерін беруі мүмкін, оларды зерттеу мен қолданудың этикалық аспектісі ауыр полемика қажет етпейді. Бұдан басқа аутогендік материалды пайдалану мүмкіндігі емдеудің тиімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Полипотентті бағаналы жасушалары ересек организмнің кейбір ұлпаларында кездеседі. Олар табиғи түрде қатардан шығатын өртүрлі ұлпалар үшін жасушалар көзі болып табылады. Бұл жасушалар ұлпалардың барлық түрлерінде болмайды, бірақ бұл саладағы зерттеулер тек енді басталады. Мәселен, жақын уақытқа дейін жүйке жасушалары қалпына келмейді деп саналды, бірақ соңғы жылдары жүйке ұлпаларының бағаналы жасушалары ересек тышқандар мен егеуқұйрықтардың жүйке ұлпаларынан бөлініп алынды. Белгілі себептерге байланысты адамдағы осындай зерттеулер қиынға соғады, дегенмен мұндай жасушалар ұрықтың сәйкес ұлпасында табылған. Сонымен қатар жүйке ұлпасының бағаналы жасушаларына ұқсас жасушалар операция барысында алынған эпилепсиямен ауыратын науқастың миынан табылған (6.3-сурет).

Дамуға қабілеті жоғары эмбрионалды жасушалар ересек организмде де сақталады деген өте маңызды қорытынды жасалды. Сонымен қатар олар репаративті (қалпына келтіру) процестер тізбегіндегі маңызды буынды құрайды, ол туралы бұрын айтылмаған болатын. Мысалы, 70-жылдары ересек тышқанның бауырындағы эмбрионалды жасушалардың даму қабілеті жоғары және олар репарацияға белсенді қатысады деп еш ойламаған.

Ересек организмнің бағаналы жасушаларын үш негізгі топқа бөлуге болады: *гемопоздтік* (қан жасаушы), мультипотентті *мезенхималды* (стромалы) және арнайы ұлпаға арналған *бастаушы-жасушалар*. Кейде кіндік қанының жасушаларын жеке топқа жатқызады, өйткені олар жетілген организмнің барлық жасушаларының ішіндегі ең аз өзгергендері (сараланғандары) болып табылады, яғни ең көп потенттілікке ие. Кіндік қанында, негізінен, гемопоздтік бағаналы



6.3-сурет. Эмбрионалды бағаналы жасушаларды алу

жасушалары, сондай-ақ мультипотентті мезенхималды жасушалары болады, бірақ онда белгілі бір жағдайларда өртүрлі организмдер мен ұлпалардың жасушаларына өзгеруге қабілетті бағаналы жасушалардың басқа да ерекше түрлері болады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Эмбрионалдық бағаналы жасушаларға сипаттама беріңдер.
2. Феталдық бағаналы жасушаларды алу мүмкіндігінің әдістерін сипаттаңдар.



1. Донор мен реципиенттің медицинада бағаналы жасушаларды қолдану мүмкіндігін түсіндіріңдер.
2. Бағаналы жасушаларды қолданып, емдік шараларды жүргізуге мысал келтіріңдер.



1. Эмбрионалдық бағаналы жасушалардың негізгі қасиеттерін талдаңдар.
2. Неліктен ғалымдар феталдық бағаналы жасушаларды қолдануға тырысатынын түсіндіріңдер.



1. Тұқым қуалайтын ауруларды емдеуде соматикалық бағаналы жасушалардың қолданудағы мәнін түсіндіріңдер.
2. Гемопозтикалық бағаналы жасушаларды алу әдістерін дәлелдендер.



1. Интернет көздеріндегі материалдарды пайдалана отырып, медицинада бағаналы жасушаларды қолдану туралы презентация дайындаңдар.

§ 31. ПРАКТИКАДА ҚОЛДАНЫЛУЫ. ЭТИКАЛЫҚ АСПЕКТІСІ

Бұл сабақта:

- бағаналы жасушалардың медицинада практикалық қолданылуын оқып-үйренесіңдер;
- бағаналы жасушаларды зерттеудің этикалық аспектілерімен танысасыңдар;
- бағаналы жасушалар көмегімен емделетін ауруларды білесіңдер.

Сендер білесіңдер ме:

- бағаналы жасушалардың медицинадағы қажеттілігін;
- эмбрионда жүргізілетін ғылыми зерттеулердің этикалық мүмкіндігін;
- емдеу барысында бағаналы жасушалардың қай уақытта қажеттілігін.

Кілт түсініктер:

жедел лейкоздар, лимфобласт, миелоидті өскін, фагоцитарлық дисфункция, лимфопрролиферативті бұзылыстар.

Бағаналы жасушалардың потенциалын енді ғана ғылымда пайдалана бастады. Ғалымдар жақын арада донорлық мүшелердің орнына трансплантациялау үшін науқастарға қажетті ұлпаларды және тұтас организмді жасап шығаруға тырысуда. Олардың артықшылығы — оларды сол науқастың жасушаларынан өсіре алады және оларды организм қабылдайтын болады. Медицинаға мұндай материалдың қажеттілігі шексіз болмақ. Адамдардың тек 10—20% -і мүшені сәтті ауыстыру арқасында емделеді. Пациенттердің 70—80% -і отаны күту парағында емделмей-ақ қайтыс болып кетеді. Осылайша бағаналы жасушалар қандай да бір мағынада біздің организміміз үшін “қосалқы заттар” бола алады. Бірақ бұл үшін жасанды эмбриондарды өсіру міндетті емес — бағаналы жасушалар кез келген ересек адамның организмінде кездеседі. Бұл жағдайда плюрипотентті жасушаларды алу үшін адам эмбриондарын пайдалану қажеттілігі болмайды, эмбрионалды бағаналы жасушаларын іс жүзінде қолданумен байланысты көптеген мәселелерді шешуге болады.

Емдеуде бағаналы жасушаларын табысты қолданып жүрген аурулар тізімі:

- Жедел лейкоздар (жедел лимфобласты лейкоз, жедел миелобласты лейкоз, жедел сараланбаған лейкоз).
- Миелоидті өскіннің пролиферациясының патологиясымен байланысты аурулар (жедел миелофиброз, идиопатиялық миелофиброз, шынайы полицитемия, эссенциалды тромбоцитемия).
- Фагоцитарлық дисфункция (Чедиак-Хигаши ауруы, ретикулярлық дисгенезия).

- Зат алмасудың бұзылуынан тұқым қуалайтын аурулар (мукополисахаридоз, Гарлер ауруы, Гюнтер ауруы, Моркуи ауруы, адренолейкодистрофия, Крабе ауруы, метахромды лейкодистрофия, Вольман ауруы).
- Иммундық жүйенің бұзылуынан тұқым қуалайтын аурулар (атаксия-телеангиоэктазия, Костманн ауруы, лимфоцит адгезиясының тапшылығы, Диджордж ауруы).
- Созылмалы лейкоздар (созылмалы миелоидті лейкоз, созылмалы лимфоцитарлық лейкоз, ювенилді миеломоноцитарлық лейкоз).
- Бағаналы жасушалардың патологиясымен байланысты аурулар (апластикалық анемияның ауыр түрі, Фанкони анемиясы, пароксизмалды түнгі гемоглобинурия (Маркиафава-Микеле ауруы), парциалды қызыл жасушалы аплазия).
- Лимфопрлиферативті аурулар (Ходжкиндік емес лимфома), Ходжкин лимфомасы (лимфогрануломатоз).
- Гистиоцитарлық дисфункциялар (отбасылық эритрофагоцитарлы лимфогистиоцитоз, гистиоцитоз Х, гемофагоцитоз).
- Эритроциттердің тұқым қуалайтын аномалиялары (ауыр бета-таласемия, орақ тәрізді жасушалы анемия).
- Басқа да тұқым қуалайтын аурулар (Леш-Нихан ауруы, Гланцман-тромбастениясы, амегакариоцитоз, көптеген миелома, Вальденстром макроглобулинемиясы).

Бүгінде бағаналы жасушалар ауыр тұқым қуалайтын және жүре пайда болған ауруларды жүрек ауруларын, эндокриндік жүйе ауруларын, неврологиялық ауруларды, бауыр ауруларын, асқазан-ішек жолдары мен өкпенің, несеп-жыныс және тірек-қимыл жүйесі ауруларын, тері ауруларын емдеуде табысты қолданылады.

Этикалық аспект. Қазіргі уақытта қоғамымызда бағаналы жасушаларын, әсіресе адамның эмбрионалды бағаналы жасушаларын биомедицинада қолдану мәселесі кеңінен талқылануда.

Бүгінгі күні қоғамда адамның эмбриондарында ғылыми зерттеулер жүргізудің заңдық және этикалық мүмкіндіктеріне қатысты пікірталастар өткізіледі. Бұл ретте ешкім “абсолютті қорғалмаған адам абсолютті қорғауды қажет етеді” деген белгілі тұжырымға дау айтпайды. Дегенмен пікірталастар жалғасуда және өлі күнге дейін мынадай мәселелер талқылаудан қалмайды: адамның ЭБЖ-ға зерттеулер жүргізгені дәлелденген бе және қажет пе; медицина прогресі мақсатында адам өмірін бұзу адамгершілікке жата ма; эмбриондарды пайдалану, оларды өрі қарай терапияда пайдалану үшін, ЭБЖ алу үшін бұзу адамшылық па; адамның ЭБЖ-да зерттеулер жүргізу қолданыстағы халықаралық және ұлттық заңнамаға сәйкес келе ме?

Бүкіләлемдік медицина ассоциациясының Хельсинки декларациясында былай делінген: “Жекетүлғаның игілігі мен мүдделері ғылым мен қоғамның мүддесінен басым болуы тиіс”. Алайда мұны эмбрион мәртебесі анықталмаған жағдайда, адамның эмбриондарындағы зерттеулерге қалай қолдануға болады? “Адам құқықтары және биомедицина” туралы Конвенцияның 18-бабында мұндай зерттеулер туралы былай айтылған:

1. Эмбриондарда зерттеулер жүргізуге заң рұқсат берген жағдайда, заңмен олардың қорғалуы да қарастырылуы тиіс.

2. Зерттеу мақсатында адам эмбрионын жасауға тыйым салынады.

Дегенмен Англияда парламент эмбрионалдық бағаналы жасушаларын алу мақсатында адам эмбриондарын клондау бойынша жұмыстарды жүргізу туралы шешім қабылдады. Ядросын алып тастаған аналық жасушаға қандай да бір жасуша түрін қажет ететін пациенттің сомалық жасушасының ядросын енгізуді жоспарлап отыр. Эмбрионның ерте даму сатысында одан қажетті бағаналы жасушаларды бөліп алып, оларды науқасқа енгізген кезде организм қабылдайтын болады деп тұжырымдайды. Бұл нұсқада екі технология қосылған: адам эмбрионын клондау, сондай-ақ адамның эмбрионалдық бағаналы жасушаларын алу.

Көптеген елдерде қазіргі уақытта адамның эмбриондарына ұқсас зерттеулерге теріс қарайды. Канадада, Ұлыбританияда және Аустралияда зерттеу мақсатында эмбриондар жасауға тыйым салынбаған, алайда мұндай зерттеулерді реттейтін және бақылайтын заңнамалық құжаттар жүйесі жұмыс істейді. Францияда эмбрионға пайда болған уақытынан бастап құрметпен қарау ұсынылады. АҚШ-та зерттеулер тек жеке фирмаларда жүргізіледі, өйткені бұл мақсат үшін федералдық құралдарды пайдалануға тыйым салынады.

Қазіргі уақытта адам құқықтары жөніндегі Еуропалық сот бағаналы жасушаларды медициналық мақсатта пайдалануға жаңа шектеулер енгізді. Еуропалық сот адамның эмбрионалдық бағаналы жасушалар (ЭБЖ) линиясын пайдаланумен байланысты емдеу әдістерін патенттеуге тыйым салды. Нәтижесінде осы жасушаларды қолданатын медициналық технологияларды құруға бағытталған жобаларға жаңа инвестициялар салынуы тоқтатылуы мүмкін. Еуропалық соттың шешімі Еуропалық Одаққа мүше 27 елдің аумағында орындалуы міндетті. Ол түпкілікті болып табылады және шағымдануға жатпайды. Осы шешімге сәйкес, егер қандай да бір кезеңде адам эмбрионы жойылса, бағаналы жасушаларын алу әдістерін патенттеуге тыйым салынады. Бұл ЭБЖ жасушалық линиясын алу тәсілдерін патенттеуге ғана тыйым салу емес, сонымен қатар бағаналы жасушалар қолданылатын емдеу әдістерін патенттеуге тыйым салуды білдіреді.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Бағаналы жасушаларының практикада қолданудағы маңызын айтыңдар.
2. Бағаналы жасушаларды зерттеуде этикалық аспектілерді сипаттаңдар.



1. Бағаналы жасушалардың медицинада қолданылу мүмкіндігін түсіндіріңдер.
2. Бағаналы жасушалар көмегімен емделетін ауру түрлерін мысалға келтіріңдер.



1. Бағаналы жасушаларды зерттеудің этикалық аспектілерін талдаңдар.
2. Неліктен ғалымдар адам организмінен плюрипотентті жасушалар бөліп алуға тырысатынын түсіндіріңдер.



1. Бағаналы жасушалардың алу әдістерін патенттеуге рұқсат етпейтін Еуропалық соттың үкімін айтып, дәлелдендер.
2. Эмбрионда жүргізілетін ғылыми зерттеулердің этикалық мүмкіндігін түсіндіріңдер.



Бағаналы жасушаларды практикалық қолданудың артықшылығы ғылыми дәлелденсе де, оларды медициналық мақсатта пайдалануға шектеулер қойылған. Неліктен деп ойлайсыңдар? Пікірталас ұйымдастырыңдар.



ТАРАУ БОЙЫНША БІЛІМДІ ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. Бағаналы жасушалар туралы түсінікке анықтама беріңдер.
2. Бағаналы жасушалары сүйек кемігінде қай уақытта анықталды?
3. Бағаналы жасушаларының қасиеттері қандай?
4. Организмдегі бағаналы жасушалар қандай процестерге қатысады?
5. Эмбрионалды бағаналы жасушаларға сипаттама беріңдер.
6. Соматикалық бағаналы жасушаларға сипаттама беріңдер.
7. «Мультипотентті жасушалар» терминін түсіндіріңдер. Мысалдар келтіріңдер.
8. Тотипотентті түсінігіне сипаттама беріңдер.
9. Теломеразалық белсенділік туралы түсінік беріңдер.
10. Ересектер денесінің бағаналы жасушаларына сипаттама беріңдер.
11. «Плюропотент» ұғымына анықтама беріңдер.
12. Бағаналы жасушаларымен сәтті емделген ауруларға мысалдар келтіріңдер.
13. Бағаналы жасушаны қолданудың этикалық аспектісін түсіндіріңдер.
14. Адам құқықтары туралы конвенцияның 18-бабында не айтылғанын сипаттаңдар.
15. Неліктен бағаналы жасушаларды алу әдістерін патенттеу мүмкін емес?
16. Хоуминг дегеніміз не және оны қайдан бақылауға болады?
17. Медицинада бағаналы жасушаларды не үшін пайдаланады?
18. Сендердің ойларыңша, адамның эмбриондарымен зерттеу мақсатында жұмыс жасау мүмкін бе?
19. Қай уақытта адам жасушасының трансплантациясын жүргізеді?
20. Адам денесінің қандай ұлпалары ұлпаларға тән жасушалардан дамиды?

§ 32. ДЕЗОКСИРИБОНУКЛЕИН ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ КЕЗДЕЙСОҚ МУТАЦИЯСЫ. РЕПЛИКАЦИЯНЫҢ, РЕПАРАЦИЯНЫҢ, РЕКОМБИНАЦИЯНЫҢ, ГЕНЕТИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҚАТЕЛІКТЕРІ

Бұл сабақта:

- мутациялардың ДНҚ репарациясы, рекомбинациясы, репликациясы арасындағы байланысты білетін боласыңдар;
- мутация мен оның себептерін оқып-үйренесіңдер;
- кездейсоқ мутацияның пайда болу себептерімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- биологиядағы “мутация” ұғымын;
- мутацияның пайда болу себептері мен механизмдерін;
- кездейсоқ мутацияға мысал келтіріңдер.

Кілт түсініктер:

экзогендік және эндогендік мутация, геном, спонтанды мутагенез, мутация, гетерозигота

Кездейсоқ мутагенез — мутагендердің әсерінсіз организмде мутацияның пайда болу процесі. Организмнің тіршілік ету процесінде генетикалық құрылымдардың зақымдануына әкелетін әртүрлі факторлардың жиынтық әсерінің соңғы нәтижесі болып табылады.

Кездейсоқ мутациялардың пайда болу себептері екіге бөлінеді:

- экзогендік (табиғи радиация, экстремалды температуралар және т.б.);
- эндогендік (организмде мутагендік әсер туғызатын, кездейсоқ пайда болатын химиялық қосылыстар — метаболиттер; репликация, репарация, рекомбинация қателіктері; мутатор-гендердің және антимутатор әсерлері; мобильді генетикалық элементтердің транспозициясы т.б.).

Кездейсоқ мутациялардың негізгі көзі қалыпты жасушалық метаболизм процесінде гендер мен хромосомалардың зақымдануына әкелетін эндогенді факторлар болып табылады. Олардың әрекетінің нәтижесі — репликация, репарация және рекомбинацияның генетикалық процестерінің қателіктері. Кездейсоқ мутагенездің эндогенді факторларына геномның арнайы элементтерінің мутагендік белсенділігі де жатады: мутатор-гендер және эндогенді метаболиттер. Көптеген гендердің генетикалық тұрақтылығы олардың құрылысының ерекшеліктерімен ғана емес, сонымен қатар ДНҚ-ның репликациясы,

репарациясы және рекомбинациясы процестеріне қатысатын мутагендер және антимутаторлармен бақыланатын жасушаның жалпы мутабилдік деңгейімен де анықталады. Эндогенді метаболиттер класына мутагендік әсер тудыратын кездейсоқ пайда болатын химиялық қосылыстар жатады. Мысалы, өсімдіктерде физикалық зақымданулар жазылғанда қалыпты жағдайда болмауы тиіс каллус (шорлану) жасушалары түзіледі, бұл ретте зақымданған жердің жазылуына қажетті қосымша ферменттер мен метаболиттердің синтезі индукцияланады. Егер каллус ұлпасында бүршік пайда болса, онда бұл бүршіктердің бір бөлігі полиплоидті болып табылады, яғни каллус ұлпаларының метаболиттері геномдық мутацияны тудыруы мүмкін. Жасушалық мембраналар липидтерінің асқын тотығуы кезінде пайда болатын еркін радикалдардың да мутагендік әсері болады.

Мутагенездің эндогендік механизмдерін анықтайтын құрылымдық факторлардың арасында төмендегілерді көрсетуге болады:

- қайта құрылатын орындардың жанында тікелей және кері қайталаулардың болуы;
- CpG^{*}-динуклеотидтің жоғарғы концентрациясы;
- құрылымдық геннің бөліктеріне гомологті ДНҚ-ның геннен тыс реттілігінің болуы;
- геномның мобильді элементтері.

Алғашқы екі фактор хромосомалардың ДНҚ репликациясы процесінде іске асырылады, ал үшіншісі — рекомбинация процесінде.

ДНҚ молекуласы құрылымының өзгеруіне байланысты пайда болған мутациялар *гендік мутациялар* деп аталады. Гендердің мутациялық өзгерістері бір нүктеде (бірсайттық мутациялар) немесе бірнеше нүктеде (көпсайттық мутациялар) болуы мүмкін. *Генетикада сайт термині ДНҚ молекуласы тізбегінде белгілі бір орын ("нүкте") дегенді білдіреді.* Молекулалық генетиканың қазіргі заманғы әдістері гендік мутациялардың қалыптасуының екі негізгі процесін анықтауға мүмкіндік берді, бұл *нуклеотидтерді ауыстыру және оқу қатарының жылжуы*. Олардың әрқайсысының өз нұсқалары бар (7.1-сурет).



7.1-сурет. Гендік мутациялар

* CpG — ДНҚ-да екі нуклеотидпен байланыстыратын фосфатпен бөлінген гуанин мен цитозиннің қысқартылуы

Гендік мутацияларды зерттеу кезінде негізгі назар ДНҚ-да нуклеотидтер жұбының кезектесуінің өзгеруіне және нүктелік мутациялар класын құрайтын нуклеотидтердің жекелеген жұптарымен байланысты өзгерістерге аударылады.

Нүктелік мутациялар ДНҚ нуклеотидтерінің (немесе РНҚ нуклеотидтерінің) жұбының өзгерістерін көрсетеді. Әрі қарай бұл класс келесі топтарға бөлінеді:

а) транзициялар — пурин-пиримидин бағытын өзгертпейтін нуклеотидтер (АТ СG) жұбының алмасулары;

ә) трансверсиялар — бағытын өзгертетін нуклеотидтер (АТ СG, АТ А, GС СG) жұбының алмасулары (пурин және пиримидин нуклеотидтері орындарымен ауысады);

б) нуклеотидтердің артық жұбын қою (инсерция);

в) нуклеотидтердің жұбының түсіп қалуы (делеция) (7.2-сурет).



7.2-сурет. Делеция және дупликация

Инсерция оқу қатарын бір бағытта жылжытады, ал делеция қарама-қарсы бағытта жылжытады.

Мутациялық процестің физиологиялық теориясына сәйкес мутацияларды жасушалық физиологияның қалыпты процестерінің жанама өнімдері ретінде қарастыру керек. Соңғы уақытта американдық генетик Р.Фон Борстельдің тұжырымдамасы кеңінен таралды. Оған сәйкес мутациялар “үш Р қателігі”: репликация, репарация және рекомбинация нәтижесінде пайда болады. Мұндай қателіктер кездейсоқ және мутагендердің әсерінен болады. Осыған байланысты мутагенез механизмдерін түсінуде репликация, репарация, рекомбинация энзимологиясы және оларды генетикалық бақылау мен зерттеу шешуші рөл атқарғаны түсінікті. Бұл процестерді бақылайтын көптеген гендер бір мезгілде кездейсоқ және индукцияланған мутациялық процестің жиілігін де бақылайды.

Репликация мен мутациялық процесс. Репликация процесінде комплементарлық принциптің нақты болмауы салдарынан нуклеотидтердің алмасу мүмкіндігінің болуы. ДНҚ нуклеотидтерінің азотты негіздері бірнеше таутомерлік түрде бола алады.

Таутомерлену:

— молекулада сутек жағдайының өзгеруіне байланысты химиялық қасиеттерінің өзгеруі. Егер аденин әдеттегі амин түрінде болса, ол ти-

минмен жұптасады. Сирек амин түрінде бола тұрып, аденин цитозинмен жұп түзеді. Адениннің бұл таутомерлік көшуі келесі репликация кезінде АТ → GC транзициясын қамтамасыз етуі мүмкін. Тиминнің сирек енолды таутомері гуанинмен жұп түзе алады және бұл нуклеотидтер жұбының алмасуына өкеледі.

Нуклеотидтердің кейбір таутомерлері басқа нуклеотидтермен сутекті байланысты түзу қабілетін өзгертеді. Нуклеотидтердің аналогтерінде таутомерия әдеттегі, түрлеріне қарағанда жиі жүреді, бұл олардың мутагендік әсерін түсіндіреді. Репликация процесінің мутагенезге қатысуын ДНҚ негіздерінің аналогтері: тимидин 5-бромурацил және бактериофагтер мен бактерияларда мутация тудыратын 2-аминопуриннің мутагендік әсерінің ашылуы көрсетті.

Бромурацил тиминнің орнына ДНҚ-ға қосылады және тиминмен жұп түзеді. Бұл жағдайда қосылған 5-бромурацил (репликация қатесі) ДНҚ репликациясы кезінде гуанинмен қате жұптасуы мүмкін, ал ДНҚ-ға аналогті қосу кезінде қате кетуі мүмкін (қосу қатесі).

Оқу қатарының жылжуы жүретін мутациялардың көпшілігі бірдей нуклеотидтерден тұратын ДНҚ учаскелерінде табылды. Осы учаскелердегі жіптердің диссоциациясы мен дұрыс қалпына келтірілмеуі салдарынан мутациялар пайда болады деген гипотеза бар. Бірінші жағдайда репликация қателігінің нәтижесінде *транзиция*, ал екіншісінде — қосу қателігінің нәтижесінде *трансверсия* болады. Қосу қателіктері мен репликация қателіктері және 2-аминопурин негіздерінің басқа аналогі әрекет еткендегі қателіктері ұқсас. ДНҚ репликациясына байланысты мутациялық процесті зерттеу *репликативті айырғышқа* тікелей әсер ететін кейбір жоғарғы әсерлі мутагендерді анықтауға мүмкіндік берді. Олардың қатарына репликация айырғышындағы бір тізбекті учаскелермен өзара әрекеттесетін немесе тікелей репликасома ферменттеріне әсер ететін N-метил-N-нитро-N-нитрозогуанидин (МННГ) жатады.

Репарация мен мутациялық процесс. Анықталатын мутациялар жиілігі ДНҚ-ның ықтимал зақымдануының шамасын көрсетпейді. Жасушадағы ерекше репарация жүйелерінің болуына байланысты ДНҚ зақымданулары барынша аз болады, себебі олар осы зақымдануларды біледі және оларды қалпына келтіреді. Репарация жүйелері эволюция процесінде гендердің тұрақтылығын ұстап тұру үшін туындайды. Кейбір репаративтік жүйелердің зақымданудың қандай да белгілі бір түрлеріне қатысты арнайылық қабілеті болады. Кейбірінің арнайыланған түрі болмайды — олар ДНҚ құрылымындағы өзгерістерді әрекет етуіне байланысты сигнал ретінде қабылдайды. Репаративтік жүйелер өртүрлі организмдердің жасушаларында табылған ферментативтік механизмдер болып табылады.

E. Coli, T4 бактериофагі, ашытқылар, сондай-ақ жоғары эукариот жасушаларының репарациясы үшін жауапты кейбір гендердің мутациялары репликациялық кешен үшін жауап беретін гендердің мутациялары секілді *мутаторлық* немесе *антимутаторлық* әсер көрсетеді.

Репарацияның генетикалық бақылауын зерттеу (сондай-ақ рекомбинацияны) жасушада болатын кейбір қалыпты процестердің мутацияның алдындағы ДНҚ өзгерістерінің мутацияға айналуына қатысатынын дәлелдеуге мүмкіндік берді. Атап айтқанда, мутацияның қалыптасу процесі кез келген басқа физиологиялық процесс сияқты генетикалық бұғаққа түсуі мүмкін екені анықталды. Мысалы, *lex A* немесе *гес A* гендерінің өзгеруі ультракүлгін сәулелерінің, иондаушы сәулелердің және кейбір химиялық мутагендердің әсерінен мутациялық процестің ішінара немесе толық өшуіне әкеледі.

Репарация процестерінің мутациялар туындауына қатысуы *E. Coli* бактериясында егжей-тегжейлі зерттелген. Ультракүлгін (бірақ иондамайтын) сәулеленуден кейін біржәйпшелі ажырауларды жоюды бақылайтын *uvr E* геніндегі мутация АТ — GC транзициясының кездейсоқ пайда болуын 350—400 есе, ал GC — АТ трансверсиясының кездейсоқ пайда болуын 150—200 есеге жоғарылататыны көрсетілген. Осы мутация сондай-ақ ультракүлгін жарықпен және метилметансульфонатпен индукцияланған мутация жиілігін де арттырады.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Репарация және мутациялық процесс ұғымдарына анықтама беріңдер.
2. Гендік мутацияларды және олардың пайда болу жолдарын түсіндіріңдер.



1. Хромосомдық мутацияның геномдық мутациядан айырмашылығын анықтаңдар.
2. ДНҚ репарациясын сипаттаңдар.



1. Таутомерлену механизмін талдаңдар.
2. Делеция мен дупликация арасындағы айырмашылықты дәлелдеңдер.



1. Сыртқы ықпалдардың мутациялық процеске әсеріне сипаттама беріңдер.
2. Мутацияның жіктелуін негіздеңдер.



1. Тірі организмдер эволюциясы үшін мутацияның маңызы туралы пікірталас ұйымдастырыңдар. Мутациялық процестің кездейсоқтығын дәлелдеңдер.

§ 33. БЕЛГІЛЕРДІҢ ТҰҚЫМ ҚУАЛАУЫНЫҢ НАҚТЫЛЫҒЫН ТАЛДАУДЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ (χ^2 ӨЛШЕМ, t ӨЛШЕМ)

Бұл сабақта:

- белгілердің тұқым қуалауының нақтылығын талдауда статистикалық әдістерді қолдануды үйренесіңдер;
- Пирсон χ^2 өлшемімен танысасыңдар;
- t критерий өлшемімен танысасыңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- бақыланатын құбылыстардың шынайылығын талдау принциптерін сипаттауды;
- зерттелетін заңдылықтардың шынайылығын анықтауға мысал келтіруді;
- қалыпты бөлінуінің сипаттамаларын.

Кілт түсініктер:

кездейсоқ шама, ықтималдық, қателік (χ^2 өлшем, t өлшем).



Карл Пирсон

Эксперименттің нақтылығын талдауда көптеген статистикалық әдістер қолданылады.

Пирсон χ^2 өлшемі — бұл зерттеу нәтижесінің нақты мөлшері немесе әрбір критерийге кіретін іріктеудің сапалы сипаттамасы мен зерттелетін топтардағы нәлдік гипотезаның шынайы теориялық мөлшері арасындағы айырмашылықтың маңыздылығын бағалауға мүмкіндік беретін параметрикалық емес әдіс. Басқаша айтқанда, әдіс екі немесе бірнеше салыстырмалы көрсеткіштердің (жиілігі, бөліктері) айырмашылығының статистикалық маңыздылығын бағалауға мүмкіндік береді.

1. χ^2 өлшемін ойлап табу тарихы.

Байланысу кестесін талдауға арналған хи-квадрат өлшемін 1900 жылы ағылшын математигі, статистигі, биологі, философы, математикалық статистика мен биометриканың негізін салушы Карл Пирсон (1857—1936 жж.) ойлап тауып, ұсынған болатын.

2. Пирсонның χ^2 өлшемі не үшін қолданылады?

Хи-квадрат өлшемі қауіп ықпалының болуына байланысты нәтижелер жиілігі туралы мәліметтері бар *байланысу кестесін* талдауда қолданылуы мүмкін. Мысалы, *төртмәнді байланысу кестесі* төмендегіше болады:

	Нәтиже бар (1)	Нәтиже жоқ (0)	Барлығы
Қауіп ықпалы бар (1)	A	B	A + B
Қауіп ықпалы жоқ (0)	C	D	C + D
Барлығы	A + C	B + D	A + B + C + D

Стьюденттің t өлшемі — Стьюдентті бөлуге негізделген гипотезаларды (статистикалық өлшемдерді) статистикалық тексеру әдістері класының жалпы атауы. t критерийді қолданудың ең жиі жағдайлары екі іріктемедегі орташа мәндердің теңдігін тексерумен байланысты.

1. t өлшемін ойлап табу тарихы.

Бұл өлшемді Гиннесс компаниясында сыраның сапасын бағалау мақсатында Уильям Госсет ойлап тапты. Коммерциялық құпияны жарияламау туралы компания алдындағы міндеттемесімен байланыс-

ты, Госсеттің мақаласы 1908 жылы “Биометрика” журналында “Student” (Студент) лақап атымен шыққан.

2. Стьюденттің t өлшемі не үшін қолданылады?

Стьюденттің t өлшемі орта шамалардың айырмашылығының статистикалық маңызын анықтау үшін қолданылады. Тәуелсіз іріктеулерді салыстыру жағдайында да (мысалы, қант диабетімен ауыратын науқастар тобы және дені сау топтар), сондай-ақ байланысқан жиынтықтарды салыстыру кезінде де (мысалы, тек бір науқаста аритмияға қарсы препаратты қабылдағанға дейін және одан кейін тамыр соғуының орташа жиілігі) қолданылуы мүмкін.



Уильям Госсет

3. Стьюденттің t өлшемін қандай жағдайларда қолдануға болады?

Стьюденттің t критерийін қолдану үшін бастапқы деректер қалыпты бөлінуі қажет. Тәуелсіз іріктемелерге арналған екі іріктемелі өлшем қолданылған жағдайда, сондай-ақ дисперсиялардың теңдігі (гомоскедастикалық) шарттарын сақтау қажет.

4. Стьюденттің t өлшемін қалай есептейді?

Стьюденттің t өлшемінің орташа шамаларын салыстыру үшін келесі формуланы пайдаланып есептейді:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}};$$

Бұл жерде M_1 — бірінші салыстыратын жиынтықтың (топтың) орташа арифметикалық шамасы, M_2 — екінші салыстыратын жиынтықтың (топтың) орташа арифметикалық шамасы, m_1 — бірінші орташа арифметикалық шаманың орташа қателігі, m_2 — екінші орташа арифметикалық шаманың орташа қателігі.

5. Стьюденттің t -өлшемінің мәнін қалай анықтайды?

Стьюденттің t -өлшемінің есептелген мәнін дұрыс анықтау керек. Ол үшін бізге әр топтағы (n_1 мен n_2) зерттелушінің санын білуіміз қажет. F еркіндік деңгейінің санын келесі формуламен табамыз:

$$f = (n_1 + n_2) - 2$$

Осыдан кейін маңыздылықтың (мысалы, $p = 0,05$) қажетті деңгейі үшін және f еркіндік деңгейінің беріліп отырған санында Стьюденттің t өлшемінің критикалық мәнін анықтаймыз (төменді қараңдар).

Өлшемнің критикалық және есептелген мәнін салыстырамыз:

Егер Стьюденттің t өлшемінің мәні кесте бойынша табылған критикалық деңгейге тең немесе артық болса, салыстырылатын

шамалардың арасындағы айырмашылықтың статистикалық маңыздылығы туралы қорытынды жасаймыз.

Егер Стьюденттің есептелген мәні кестедегі көрсеткіштен кем болса, ендеше салыстырылатын шамалардың айырмашылығы статистикалық түрде маңызды болмағаны.

6. Стьюденттің t өлшемін есептеу мысалы.

Жаңа темір препаратының тиімділігін зерттеу үшін анемиясы бар науқастардың екі тобы таңдалды. Бірінші топта пациенттер екі апта ішінде жаңа препарат алды, ал екінші топтағылар плацебо (зерттеу барысында бақылау үшін пайдаланылатын емдік қасиеті жоқ зиянсыз зат) алды. Осыдан кейін қандағы гемоглобин деңгейін өлшеу жүргізілді. Бірінші топта гемоглобиннің орташа деңгейі $115,4 \pm 1,2$ г/л, ал екінші топта — $103,7 \pm 2,3$ г/л (деректер $M \pm m$ форматында берілген) құрады, салыстырылатын жиынтықтарда қалыпты бөлу бар. Бұл кезде бірінші топтың саны — 34, ал екіншісі 40 працентті құрады. Алынған айырмашылықтардың статистикалық маңыздылығы мен жаңа темір препаратының тиімділігі туралы қорытынды жасау қажет.

Шешуі: айырмашылықтардың маңыздылығын бағалау үшін орташа шамалардың айырмасын қателіктердің квадратының қосындысына бөлу арқылы есептелетін Стьюденттің t өлшемін пайдаланамыз:

$$t = \frac{115,4 - 103,7}{\sqrt{1,2^2 + 2,3^2}}$$

Есептеулерді орындағаннан кейін, t өлшемнің мәні 4,51-ге тең болды. Еркіндік дәрежелерінің санын табамыз $(34 + 40) - 2 = 72$. Алынған Стьюденттің t өлшемінің 4,51 мәнін $p = 0,05$ болғанда кестеде көрсетілген критикалық мәнмен 1,993 мәнімен салыстырамыз. Өлшемнің есептелген мәні критикалықтан артық болса, байқалатын айырмашылықтардың статистикалық тұрғыда маңызды (маңыздылық деңгейі $p < 0,05$) деп қорытынды жасаймыз.

Білімдеріңді тексеріңдер:



Тәжірибелік биологиялық мәліметтердің статистикалық өңдеу принциптерін анықтаңдар және сипаттаңдар.



1. Пирсон χ^2 өлшемі критерийлерін сипаттаңдар.
2. Стьюденттің t -өлшемінің критерийлерін түсіндіріңдер.



1. Пирсонның χ^2 өлшемі не үшін қолданылады. Сызба түрінде бейнелеңдер.
2. Стьюденттің t өлшемін қандай жағдайда қолдануға болады?



1. Стьюденттің t -өлшемінің мағынасын түсіндіріңдер.
2. Зерттелетін үлгірің сенімділігін анықтайтын мысалдар келтіріңдер.



Карл Пирсон мен Уильям Госсет туралы хабарлама жазыңдар.

Студенттің t өлшемдерінің қауіпті мәндерінің кестесі

Еркіндік деңгейлерінің мөні, f	$p = 0.05$ болғанда Студенттің t -өлшемдерінің мөні
1	2
1	12.706
2	4.303
3	3.182
4	2.776
5	2.571
6	2.447
7	2.365
8	2.306
9	2.262
10	2.228
11	2.201
12	2.179
13	2.160
14	2.145
15	2.131
16	2.120
17	2.110
18	2.101
19	2.093
20	2.086
21	2.080
22	2.074
23	2.069
24	2.064
25	2.060
26	2.056
27	2.052
28	2.048
29	2.045
30	2.042
31	2.040
32	2.037

1	2
33	2.035
34	2.032
35	2.030
36	2.028
37	2.026
38	2.024
40-41	2.021
42-43	2.018
44-45	2.015
46-47	2.013
48-49	2.011
50-51	2.009
52-53	2.007
54-55	2.005
56-57	2.003
58-59	2.002
60-61	2.000
62-63	1.999
64-65	1.998
66-67	1.997
68-69	1.995
70-71	1.994
72-73	1.993
74-75	1.993
76-77	1.992
78-79	1.991
80-89	1.990
90-99	1.987
100-119	1.984
120-139	1.980
140-159	1.977
160-179	1.975
180-199	1.973
200	1.972
∞	1.960

Белгілердің тұқым қуалауының нақтылығын талдау

Моногибридті дегеніміз — гендердің бір жұбымен детерминацияланатын альтернативтік (контрасты, өзара болдырмаушы) белгілердің бір жұбының тұқым қуалауын қарастыратын будандастыру.

Моногибридті будандастыруда Мендельдің бірінші заңы (біркелкілік заңы) сақталады, оған сәйкес гомозиготалы организмдерді будандастырғанда F_1 ұрпағында тек бір альтернативті белгі (доминантты) көрінеді, ал екінші жасырын (рецессивті) жағдайда болады. F_1 ұрпағы фенотипі мен генотипі бойынша біркелкі. Мендельдің екінші заңы (ажырау заңы) бойынша гетерозиготаларды будандастырғанда олардың F_2 ұрпағында генотипі бойынша 1:2:1 қатынасы бойынша ажырау жүреді, фенотипі бойынша 3:1 пропорциясында жүреді.

Моногибридті будандастыруға арналған есептерді қиындықсыз шешу үшін, сонымен қатар "гаметалар тазалығы" ережесін білу қажет, бұл ережеге сәйкес әр гаметаға әр жұптан белгінің дамуын анықтайтын тек бір ғана ген кетеді.

1. Мендельдің бірінші және екінші заңдарының көрінісі.

1-есеп

Ірі қара малының қара түсінің гені қызыл түске қарағанда доминантты. Асылтұқымды қара өгіз бен қызыл түсті сиырларды будандастырса қандай F_1 ұрпағы пайда болады? Гибридтерді бірін-бірі будандастырса қандай F_2 ұрпақ алынады?

Шешімі

A — қара түстің гені;

a — қызыл түстің гені.

1. Қызыл түсті сиырлар рецессивті белгіні алып жүреді, демек, рецессивті ген бойынша олар гомозиготалы, ал генотипі — **aa**.

2. Өгіз доминантты қара түс белгісін алып жүреді және асылтұқымды, яғни гомозиготалы. Демек, оның генотипі — **AA**.

3. Гомозиготалы даралар гаметаның бір түрін түзеді, сондықтан қара өгіз тек **A** доминантты гені бар гаметалар шығарады, ал қызыл сиырлар тек **a** рецессивті генін алып жүреді.

4. Олар тек бір әдіспен үйлесе алады, нәтижесінде **Aa** генотипі бар біркелкі F_1 ұрпағы пайда болады.

5. Гетерозиготалар тең мүмкіндікпен **A** және **a** гендері бар гаметалар түзеді. Олардың бірігуі кездейсоқ сипатта болады, сондықтан F_2 ұрпағында **AA** (25%), **Aa** (50%) мен **aa** (25%) генотиптері бар жануарлар кездесетін болады, яғни доминантты белгісі бар даралар шамамен 75%-ті құрайды.

Будандасу кескіні

P	♀ aa қызыл	×	♂ AA қара
гаметалар	○ a		○ A
F_1	Aa 100% қара		
F_1	♀ Aa қара	×	♂ Aa қара
гаметалар	○ A	○ a	○ A ○ a
F_2	AA	Aa	Aa aa
	75% қара		25% қызыл

Жауап:

Асылтұқымды қара өгізді қызыл сиырмен будандастырғанда барлық ұрпағы қара түсті болады. F_1 гибридтерін өзара будандастырса, олардың ұрпағында (F_2) ажырау жүреді: 3/4 дарақ қара түсті, 1/4 — қызыл.

2-есеп. Қарбыздың тегіс түсі рецессивті белгі ретінде жүреді. Егер ала түсті жемісі бар екі гетерозиготалы өсімдікті будандастырса қандай ұрпақ алуға болады?

Бастапқы фенотипі мен генотипі бар даралардың көріну мүмкіндігін бағалау үшін көпгибридті будандастыру кезіндегі формуланы қолдануға болады.

3-есеп. Кереңдік (құлағы естімеушілік) пен Вильсон ауруы (мыс алмасуының бұзылысы) — рецессивті белгілер. Керең ер адам мен Вильсон ауруы бар әйелдің некесінен екі аномалия-сы да бар бала туылды. Бұл отбасында дені сау баланың туылу мүмкіндігі қандай болады?

Шешімі:

A — естуі қалыпты, **a** — кереңдік, **B** — қалыпты мыс алмасуымен, **b** — Вильсон ауруы.

1. Бала керең және мылқау әрі Вильсон ауруымен ауырса, демек, оның генотипі — **aabb**.

2. Ер адам керең, демек, ол кереңдіктің рецессивті белгісі бойынша гомозиготалы (**aa**). Ол Вильсон ауруымен ауырмайды, демек, **B** доминантты гені бар. Ер адамның сондай-ақ **b** рецессивті гені болуы керек, себебі оның осы аурумен ауыратын баласы бар. Демек, ер адамның генотипі — **aaBb**.

3. Әйел Вильсон ауруымен ауырады, демек, ол **b** рецессивті гені бойынша гомозиготалы. Оның есту қабілеті жақсы (**A** гені), бірақ оның керең және мылқау (**a** рецессивті гені бойынша гомозиготалы) баласы бар. Сондықтан әйелдің генотипі — **Aabb**.

4. Өзара байланысқан оқиғалардың іске асу мүмкіндігі әр оқиғаның мүмкіндігінің көбейтіндісіне тең.

Белгілі генотипті даралардың көріну мүмкіндігін келесі формуламен анықтауға болады:

Мүмкіндік =	Күтілетін оқиға саны	(1)
	Барлық мүмкін оқиға саны	

Неке кескіні

P	♀ Aabb қалыпты есту, Вильсон ауруы	×	♂ aaBb кереңдік қалыпты алмасу
гаметалар	○ Ab	○ ab	○ aB ○ ab
F_1	AaBb дені сау 25%	Aabb Вильсон ауруы 25%	aaBb кереңдік 25% aabb кереңдік Вильсон ауруы 25%

Дені сау баланың туылу мүмкіндігі формула (1) бойынша анықталады және күтілетін оқиға саны (дені сау баланың туылуы — 1) барлық мүмкін оқиға санына (4) қатынасына тең, бұл жағдайда ол 1/4 тең (25%).

Жауап:

Дені сау баланың туылу мүмкіндігі — 1/4 (25%).

Сомалық және жыныстық хромосомаларда орналасқан белгілердің бір мезгілде тұқым қуалауы.

Бұл есептердің ди және полигибридті будандастыруға арналған есептерден айырмашылығы оларды шешу кезінде, сонымен қатар жыныспен тіркелген белгілердің тұқым қуалау ерекшеліктерін ескеру қажет. Жыныстық хромосомаларда орналасқан гендер **X** және **Y** символдарының жанында тиісті индекстермен, ал сомалық хромосомалардың гендері — латынның кіші және бас әріптерімен белгіленеді.

4-есеп. Алтысаусақтық доминантты белгісінің гені (**A**) аутосомада орналасқан. Дальтонизм рецессивті белгісінің гені (**d**) **X**—хромосомада орналасады. Алты саусақты ер адам — дальтоник пен дені сау әйелдің некесінен алты саусақты ұл — дальтоник пен дені сау қыз туылды. Ата-аналары мен балаларының генотиптері қандай?

Шешімі:

1. Әйелдің қол басы қалыпты, демек, оның алты саусақ белгісі бойынша генотипі — **aa**. Оның көруі қалыпты (**X⁰**), бірақ та ұлы — дальтоник (**X** хромосоманы ол мамасынан алған). Сондықтан әйелдің генотипі — **aaX⁰X^d**.

2. Ер адамда алты саусақты қол, демек, ол **A** генін алып жүреді, бірақ қызы дені сау (**aa**), сондықтан ер адамның генотипі алтысаусақтық белгі бойынша — **Aa**. Ер адамның дальтонизм бар, яғни өзінің жалғыз **X**—хромосомасында **d** рецессивті гені бар. Ер адамның генотипі — **AaX^dY**.

3. Осылайша ата-анасының генотипі бойынша қыздарының генотипін анықтауға болады: қызы — **aaX⁰X^d**, ұлы — **AaX^dY**.

Некенің кескіні:

A — алтысаусақтық, **a** — қолы қалыпты, **D** — көруі қалыпты, **d** — дальтонизм,

P	♀ aaX⁰X^d қолы қалыпты, тасушы				×	♂ AaX^dY алтысаусақтық, дальтоник			
Гаметалар	○ aX⁰ ○ aX^d					○ AX^d ○ aX^d ○ AY ○ aY			
F₁	AaX⁰X^d алты-саусақтық, тасы-малдаушы	aaX⁰X^d қолы қалыпты, тасы-малдаушы	AaX^dX^d алты-саусақтық, дальтоник	aaX^dX^d қолы қалыпты, дальтоник		AaX⁰Y алты-саусақтық, дені сау	aaX⁰Y қолы қалыпты, дені сау	AaX^dY алты-саусақтық, дальтоник	aaX^dY қолы қалыпты, дальтоник

Жауабы:

Анасының генотипі — **aaX⁰X^d**, әкесінің — **AaX^dY**, қызының — **aaX⁰X^d**, ұлының — **AaX^dY**.

5-есеп

Қоңыр көзді көруі қалыпты оңқай әйел көк көзді дальтоник ер адам оңқайға тұрмысқа шығады. Олардан көк көзді дальтоник және солақай қыз туылады. Егер көздің қоңыр түсі мен оң қолды жақсы игеру — гендері әртүрлі аутосомаларда орналасқан доминантты белгілер, ал дальтонизм рецессивті, **X** хромосомамен тіркелген генімен кодталатын болса, келесі баланың осындай дәл осындай белгілерге ие болу мүмкіндігі қандай?

Шешімі:

A — қоңыр көздер, **a** — көк көздер;

B — оңқайлық, **b** — солақайлық

D — қалыпты көру, **d** — дальтонизм.

1. Қызының генотипі — **aabbX^dX^d**, себебі оның үш рецессивті белгісі бар.

2. Еркектің генотипі көз түсінің белгісі бойынша — **aa**, себебі ол рецессивті белгі алып жүреді. Ол дальтоник, демек, оның **X**—хромосомасында **d** гені бар. Ер — оңқай (**B** доминантты гені), бірақ оның қызы солақай болып табылады (**bb**), демек, ер адам сонымен қатар **b** рецессивті генін алады. Ер адамның генотипі — **aaBbX^dY**.

3. Әйел оңқай, қоңыр көзді, дальтонизммен ауырмайды, демек, оның доминантты **A**, **B** және **D** гендері бар. Оның қызы рецессивті белгілер алып жүреді, демек, әйелдің генотипінде сондай-ақ **a**, **b**, және **d** гендері бар. Әйелдің генотипі — **AaBbX⁰X^d**.

Жауабы:

Пеннет (8×6) торын құрып, үш рецессивті белгілері бар баланың туылу мүмкіндігі 1/24 тең екеніне көз жеткізуге болады.

§ 34. “АДАМ ГЕНОМЫ” ЖОБАСЫ. АДАМНЫҢ ГЕНОМДЫҚ ДНҚ-СЫН СЕКВЕНИРЛЕУ. ЖОБА АЯСЫНДА ЖҮРГІЗІЛГЕН ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ МАҢЫЗЫ

Бұл сабақта:

- ДНҚ-ның химиялық секвенирлеу әдісін және ферменттік секвенирлеу әдісін оқып-үйренесіңдер;
- “Адам геномы” жобасының маңызын талқылаңдар.

Сендер білесіңдер ме:

- “Адам геномы” халықаралық жобасының нәтижелері мен мақсаттарын;
- ДНҚ секвенирлеу әдісін;
- салыстырмалы геномиканың міндеттерін.

Кілт түсініктер:

ДНҚ, геном, секвенирлеу, геномика.

“Адам геномы” халықаралық жобасы — ғылым тарихындағы аса маңызды, қымбат тұратын жобалардың бірі. Жобаны орындаудағы жетістіктер өте маңызды болып табылады. 1998 жылдың қазанында адам ДНҚ-сындағы нуклеотидтердің толық реттілігінің бірінші жобалау нұсқасы 2001 жылға қарай алынатыны жарияланды. Бұл адам организмнің даму принциптерін, көптеген тұқым қуалайтын аурулардың генетикалық себептерін және қартаю механизмдерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді.

Адамның геномдық дезоксирибонуклеин қышқылын секвенирлеу. Секвенирлеу (ағылш. *sequence* — *реттілік*) — ДНҚ молекуласында нуклеотидтердің реттілігін анықтауға мүмкіндік беретін әдістердің жалпы атауы.

ДНҚ-ны секвенирлеудің екі негізгі әдісі бар: химиялық және ферменттік.

Химиялық әдіс немесе Максам-Гилберт бойынша *химиялық деградация* әдісі. 1976 жылы Аллан Максам және Уолтер Гилберт ойлап тапқан. Әдістің негізіне ДНҚ-ның белгіленген аймақтарын химиялық әсермен ыдырату жатады. Белгілеу тек бір ұшында жүреді (3' немесе 5'). Реагенттің концентрациясы мен әсер ету ұзақтығы тек бір түрдегі (Ц; Ц+Т; Г; Г+А) нуклеотидтерді модификацияланатындай етіп таңдайды. Белгіленген аймақтар бойынша бөлу агарлы геледе электрофорез көмегімен жүргізіледі.

Ферменттік әдісін (сондай-ақ тізбекті үзу немесе дидезоксисеквенирлеу әдісі) 1977 жылы Фредерик Сэнгер ойлап шығарды. Оның мәні ДНҚ тізбегін синтездеуде дидезоксинуклеотидті қосу жолымен берілген негізде синтезді тоқтату.

Бірнеше кезеңде жүреді:

1. ДНҚ аймағын праймермен, яғни бастапқы ДНҚ-ның кейбір аймағына комплементарлы жасанды құрылған реттілікпен гидридациялау.

2. ДНҚ-ның ферментті синтезі.

3. Денатурация нәтижесінде праймері бар ұзындығы әртүрлі олигонуклеотидті реттілік түзіледі.

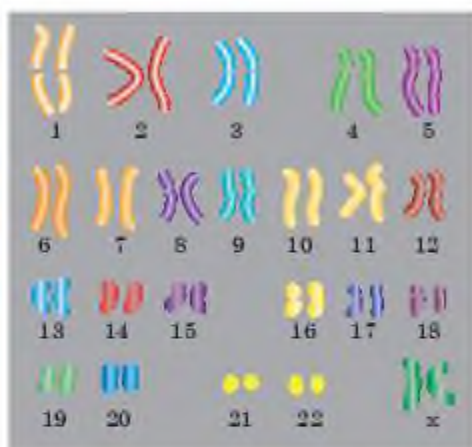
3. Полиакриламидті геледегі электрофорез.

Соңғы 20 жылда Сэнгер әдісі бойынша автоматтандырылған секвенирлеу басым орын алып отыр. Медицинада секвенирлеуді дамыту емделушінің жеке айырмашылықтарын ескеретін және медициналық көмектің сапасын жақсартуға мүмкіндік беретін дербес медицина дәуіріне бастама болады.

Қазіргі уақытта ДНҚ-ны секвенирлеудің жаңа әдістері де бар. Барлық осы секілді технологиялар интерактивті циклдік ферментті реакциялар кезінде ДНҚ-чиптерін секвенирлеуге негізделеді, одан өрі алынған ақпаратты көрініс түрінде жинақтайды. Алынған деректердің көмегімен ДНҚ реттілігі қалпына келтіріледі. Бұл әдістердің артықшылығы — олар бір мезгілде бірнеше ДНҚ аймақтарын оқи алады.

Ғалымдар мен қоғамымыз генетикалық ауруларды емдеу үшін адам геномын секвенирлеудің нәтижелерін қолдануға үлкен үміт артып отыр. Қазіргі уақытта әлемде көптеген адам ауруларына, соның ішінде Альцгеймер ауруы, муковисцидоз, Дюшеннің бұлшықет дистрофиясы, Гентингтон хорейасы, сүт безі мен аналық бездің тұқым қуалайтын қатерлі ісігі сияқты ауруларға жауапты көптеген гендер анықталды. Бұл гендердің құрылымы толығымен анықталып, клондалған. 1999 жылы 22-хромосоманың құрылымы табылды және оның гендерінің жартысының қызметі анықталды. Оларда болатын ақаулар 27 түрлі аурудың, соның ішінде шизофрения, миелолойкоз және өздігінен болатын түсіктердің себептерінің жиілігі бойынша екінші орында себебі 22 трисомия бар. Мұндай науқастарды емдеудің ең тиімді тәсілі ақаулы генді тауып, қалыпты генге ауыстыру еді. Бұл саладағы зерттеулер бүкіл әлем бойынша жүргізіледі. Мүмкін, адам геномының секвенирленуін тапқан сияқты болжаған уақыттан бұрын табысқа қол жеткізетін шығармыз. Секвенирлеу нәтижелерін тағы бір қолданудың маңызды жағы — жаңа гендерді анықтап және олардың арасында қандай да бір ауруларға бейімділікті туындататынын табу болып саналады (7.3-сурет).

Жоба аясында жүрізілген зерттеулердің биологиялық маңызы. Адам геномын зерттеу соңынан әлдеқайда қарапайым басқа организмдердің орасан үлкен санының геномдарын секвенирлеуді “лестірді”; геномдық жобасыз бұл деректер кейінірек және әлдеқайда аз көлемде алынар еді. Олардың анықталуы күн өткен сайын қарқынды жүргізілуде. Алғашқы



7.3-сурет. Адамның қалыпты кариотипі

ірі жетістік 1995 жылы *Haemophilus influenzae* бактерияларының геномын толық картаға түсіру болды, кейін 20-дан астам бактерияның геномдары толығымен анықталды, олардың арасында туберкулез, бөртпе сүзек, мерез т.б. қоздырғыштары бар. 1996 жылы бірінші эукариоттық жасушаның (құрамында қалыптасқан ядросы бар жасушалар) — ашытқының геномы картаға түсірілді, ал 1998 жылы алғаш рет көпжасушалы организм — *Caenorhabditis elegans* жұмырқұртының (нематодтар) геномын секвенирледі. Бірінші жәндіктің — дрозофила шіркейінің және бірінші өсімдік — арабидопсидтің геномының анықталуы аяқталды. Адамда ең кішкентай екі хромосоманың — 21 және 22-хромосоманың құрылысы ашылды. Осының барлығы биологияда салыстырмалы геномика сияқты жаңа бағытты құруға негіз болды.

Бактериялардың, ашытқылардың және жұмырқұрттардың геномдарын білу эволюционист-биологтерге жеке гендерді немесе олардың ансамбльдерін емес, тұтас геномдарды салыстыруға айрықша мүмкіндік береді. Бұл орасан үлкен ақпарат көлемі тек қана ойластырыла бастады және биологиялық эволюцияда жаңа тұжырымдамалардың пайда болуын күтетінімізге күмән жоқ. Мысалы, ашытқылар гендерімен салыстырғанда жұмырқұрттардың көптеген “жеке” гендері көп жасушалы организмдерге тән жасушааралық өзара әрекеттесумен байланысты. Жұмырқұрттарға қарағанда адамның гені тек 4-5 есеге көп, демек, оның гендерінің бір бөлігінің ашытқылар мен жұмырқұрттардың белгілі гендерінің арасында “туыстары” болуы керек, бұл адамның жаңа гендерін іздеуді жеңілдетеді. Жұмырқұрттардың беймәлім гендерінің қызметтерін зерттеу адамның ұқсас гендерін зерттеуге қарағанда әлдеқайда оңай: оларға өзгерістер (мутациялар) енгізу немесе организмнің қасиеттерінің өзгеруін бір мезгілде қадағалай отырып, оларды істен шығару оңай. Құрттың гендік өнімдерінің биологиялық рөлін анықтай отырып, бұл деректерді адамда пайдалануға бола-

ды. Басқа тәсіл — гендердің белсенділігін ерекше ингибиторлардың көмегімен басу және организмнің тіршілігіндегі өзгерістерді қадағалау. Жалпыбиологиялық (және тәжірибелік) маңызы бар тағы бір назар аударатын зерттеу нәтижесі геномның варибельділігі (өзгергіштігі). Жалпы айтқанда, адамның гені жоғары консервативті. Ондағы мутациялар оны зақымдауы мүмкін, сонда олар қандай да бір ақауға немесе организмнің тіршілігін жоюына әкеп соқтырады немесе бейтарап болуы мүмкін. Соңғылары фенотиптік көріністері жоқ болғандықтан іріктеуге ұшырамайды. Алайда олар популяцияда таралуы мүмкін, егер олардың үлесі 1%-тен асса, онда геномның полиморфизмі (алуантүрлілігі) туралы айтуға болады. Адам геномында тек бір-екі нуклеотидпен ерекшеленетін, бірақ ұрпақтан-ұрпаққа берілетін аймақтар өте көп. Бір жағынан, бұл феномен зерттеушіге кедергі келтіреді, өйткені ол ажырата алуы керек: шынайы полиморфизм орын алды ма немесе бұл жай ғана секвенирлеудің қатесі ме; ал, екінші жағынан, жеке организмді молекулалық деңгейде анықтап алу үшін ерекше мүмкіндік жасайды. Теориялық тұрғыдан алғанда, геномның варибельділігі бұрын таза генетикалық және статистикалық мәліметтерге негізделген популяциялар генетикасының негізін құрайды.

Білімдеріңді тексеріңдер:



1. Секвенирлеуге анықтама беріңдер.
2. Химиялық секвенирлеу әдістерін түсіндіріңдер және сипаттаңдар.



1. "Адам геномы" халықаралық жобасының биология ғылымы үшін маңызын сипаттаңдар.
2. Әртүрлі тірі нысандардың геномдарын секвенирлеуге мысал келтіріңдер.



1. "Адам геномы" жобасының медицина үшін маңызын талдаңдар.
2. ДНҚ нуклеотидтерін талдаудың химиялық деградация негіздерін сипаттаңдар.



1. Жеке организмді молекулалық анықтау мүмкіндігін түсіндіріңдер.
2. Геномды зерттеу әдістерін негіздеңдер.



1. "Адам геномын зерттеудегі перспективалар" тақырыбындағы талқылауға дайындалыңдар.
2. Адам геномын зерттейтін және зақымдалған гендерді түзетуге тырысатын зерттеушілерге қойылатын этикалық талаптарды әзірлеу.



ТАРАУ БОЙЫНША БІЛІМДІ ЖҮЙЕЛЕНДІРУ ЖӘНЕ ҚОРЫТЫНДЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ МЕН ТАПСЫРМАЛАРЫ

1. "Тұқым қуалау" ұғымына анықтама беріңдер.
2. "Өзгергіштік" ұғымын сипаттаңдар. Неге біз оны бақылап отырамыз?
3. "Мутация" ұғымын сипаттаңдар. Мысалдар келтіріңдер.
4. Спонтанды мутацияның себептерін салыстырыңдар.
5. Мутацияның эндогендік механизмдерін сипаттаңдар.

6. Мутацияның геномдағы өзгерістер сипаты бойынша жіктелуін сипаттаңдар.
7. Доминантты және рецессивті мутациялар арасындағы айырмашылықты салыстырыңдар. Мысалдар келтіріңдер.
8. Гендік мутацияға сипаттама беріңдер және мысалдар келтіріңдер.
9. Репликация кезінде мутация қалай жүреді.
10. ДНҚ репарация механизмін сипаттаңдар.
11. Статистикалық зерттеу әдістері нені білдіреді? Қай уақыттан бастап қолданылды?
12. Стюдент t өлшемі есептеу формуласын жазыңдар.
13. Статистикалық есептеулерде маңызды айырмашылықтар нені білдіреді?
14. Пирсон өлшемі не үшін қолданылады? Мысалдар келтіріңдер.
15. "Кездейсоқ шама" терминін сипаттаңдар.
16. Кездейсоқ шамалардың қалыпты таралуын сипаттаңдар.
17. Стюденттік t өлшемінің қандай мәні бойынша айырмашылықтар статистикалық маңызды болып есептеледі?
18. Неліктен мәліметтерге статистикалық өңдеуді жүргізу қажет?
19. Мәліметтердегі статистикалық өңдеуді автоматтандыруға болады ма?
20. "Арифметикалық орташа мән" термині нені білдіреді?

ГЛОССАРИЙ

Агглютинация (лат. *agglutinatio* — жабысу) — арнайы антиденелердің (агглютининдер) өсерімен антигендердің (бактериялар, қан жасушалары, басқа жасушалар) бір-біріне жабысуы және тұнба тұауы. Қанның қызыл және ақ түйіршіктері бір-бірімен кейбір жұқпалы ауру қоздырғыштарының өсерінен де жабысады. Сондықтан бактерия және вирустар туғызатын ауруларды анықтау үшін кеңінен қолданылады.

Аденлатциклаза — лиза класының ферменті.

АИТВ — адамның иммун тапшылық вирусы.

Акропеталды өсу — (грек. *akron* — жоғарғы, лат. *peto* — талпыну) өсімдік бұтақтарының, жапырақтары мен басқа бөліктерінің жоғарыға бағытқа қарай өсуі.

Амплитуда (лат. *amplitudo* — шама) — белгілі бір заңдылықпен ауытқитын шаманың өзінің орташа мәнінен не шартты түрде алынған “нөддік мәнінен” ең үлкен ауытқуы.

Анафилактикалық шок — ең ауыр аллергиялық реакциядан туатын талма ауруының бір түрі.

Å — Ангстрем жүйеден тыс ұзындықты өлшеу бірлігі ($1 \text{ Å} = 0,1 \text{ нм} = 100 \text{ пм}$; $10\,000 \text{ Å} = 1 \text{ мкм}$).

Апертура — микроскоптың негізгі көрсеткіші; көп болған сайын, объектив жарық сәулелерін күштірек сындырып, осы сәулелерді көбірек жинайды.

АТФ (Аденозинүшфосфорқышқылы) — энергетикалық нуклеотид, тірі жасушадағы негізгі энергия көзі.

Ауксиндер (грек. *aux* — ұлғаюда, өсуде) — өсімдік жемістерінің (өскіндерінің) өсуін стимульдайды, апикальды үстемдік, фототропизм (жарыққа қарай) бойынша өсуін, тамырдың оң геотропизм (төмен өсу) бойынша өсуін стимульдайтын, жоғары физиологиялық белсенділікке ие.

Бактериоскопиялық зерттеу — микроорганизмдердің формасы мен құрылысын микроскоптың көмегімен зерттеу.

Биоинформатика — биологиялық деректерді сақтау, жинау, ұйымдастыру және талдау үшін әдістерді дамытып, толықтыратын пәнаралық сала.

Биологиялық мембрана — жасушаның және жасушаішілік бөлшектердің бетінде орналасқан молекулалық мөлшердегі (қалыңдығы 5 — 10 нм), нөруызды-липидтік құрылымды жұқа қабықша.

Вирус (лат. *virus* — «у») — тірі организмдердің ішіндегі жасушасыз тіршілік есі.

Вирусология (лат. *virus* — у; грек. *logos* — ілім) — вирустар туралы ғылым.

Гамета (грек. *gametos* — жыныс жасушалары, грек. *gamete* — әйел, *gametes* — еркек) — аталық (сперматозоид) және аналық (овоцит) жыныс жасушалары.

Гаметогенез (грек. *gametos* — жыныс, жыныс жасушасы; *genesis* — шығу тегі) — жыныс жасушаларының жыныс бездеріндегі (ен, жұмыртқалық) даму процесі.

Гемолимфа (грек. *haima* — қан, лат. *lymphaticus* — лимфа) — көптеген омыртқасыз жануарлардың (буынаяқтылар, былқылдақ денелілер — моллюскалар) тұйықталмаған қанайналым жүйесі тамырлары мен жасушааралық саңлауларында үздіксіз ағып жататын сұйық.

Гемопоз — қан жасушаларының түзілуі.

Генотип (грек. *typos* — пішін, үлгі) — тірі организмдердің көбеюі кезінде ата-анадан берілетін жасушадағы барлық гендердің жиынтығы.

Гиббереллин — өсімдіктерде тамыр мойнының ұзаруын, тұқымның өсуін, гүлденуін және т. б. бақылаумен байланысты әртүрлі функцияларды орындайтын дитерпендік табиғат фитогормондарының тобы.

Гипервентиляция — қажетті мөлшерден артық ауа алмасу; организмнің оттекке қажеттілігін арттыратын қарқынды тыныс алу.

Гистондар — жасуша ядросының құрамына кіретін сілтілік қасиеті бар протеиндер (негіздік протеиндер).

Глюконеогенез — адам мен жануарлар организмдерінде, негізінен, бауыр гепатоциттерінде глюкозаның протеиндерден, майдан және басқа заттардан түзілу процесі.

Гольджи аппараты — жасуша биосинтезінің өнімдерін тасымалдау қызметін атқарады.

Гомеостаз — организмнің өзіндік ішкі ортасының динамикалық тұрақтылығы.

Гонадалар — жыныстық жасушалар.

Гормондар (грек. *hormao* — қоздырамын, қозғаймын) — эндокринді бездер немесе эндокриндік қызметке қабілетті жекеленген жасушалар бөлетін тым белсенді органикалық биологиялық заттар.

Горьев камерасы — сұйықтың белгілі бір көлемдегі жасушалар санын санауға арналған құрал. Өдетте ол қан үлгісінде элементтер санын анықтау үшін қолданылады.

Градиент — кез келген көрсеткіштің сандық өзгеруін бейнелейтін шама.

Делеция — жоғалу, жойылу, нуклеотидтердің жұбының түсіп қалуы.

Деполяризация — жасушаның физиологиялық тыныштық күйіндегі, оның цитоплазмасы мен жасушаның сыртқы сұйықтығы арасындағы потенциалдар айырымының төмендеуі, яғни тыныштық потенциалының төмендеуі.

Детектор (лат. *detector* — ашқыш) Модуляцияланған жоғары жиілікті тербелістен төмен жиілікті тербелісті бөліп алуға арналған құрылғы. Тасымалдаушы жиіліктегі тербелістің модуляциялану (амплитудалық, жиіліктік, фазалық) түріне қарай детекторлар да амплитудалық, жиіліктік және фазалық детекторлар болып бөлінеді. Қабылданатын сигналдарды белгілеуге арналған сызықты емес сұлба. Белгілі бір алгоритммен жұмыс істейтін тосқауылдар аясынан пайдалы сигналды бөліп алатын құрылғы.

Диабет (лат. *diabetes mellitus*) — бұл қанда қант мөлшерінің көбейіп кетуінен пайда болатын дерт.

Диполь — (Ди-екі және грек. *Polos* — полюс) электрлік, бір-бірінен бірнеше қашықтықта орналасқан екіге тең нүктелік зарядтардың жиынтығы.

Дисфункция — ұлпаның немесе организмнің бүтін, бір жүйенің қызметінің бұзылуы.

Диффузия (лат. *diffusio* — таралу, жайылу) — кірігу, таралу, нақтылы дене бөлшектерінің жылулық қозғалыстарға ұшырай отырып, сол дене концентрациясының селдір аудандарына қарай жылжуы.

ДНК (Дезоксирибонуклеин қышқылы) — тірі организмдердегі генетикалық ақпараттың ұрпақтан-ұрпаққа берілуін, сақталуын, дамуы мен қызметін қамтамасыз етуіне жауапты нуклеин қышқылының екі түрінің бірі.

ДНҚ репликациясы (лат. *replicatio* — қайталау) — организмдер жасушалардың бөлінуі нәтижесінде өсіп, жетіледі. Микроспекирометрия әдісімен зерттегенде жасуша бөлігіндегі ДНҚ молекуласында екі есе көбейетіндігі дәлелденеді. ДНҚ молекуласының екі еселеніп өсуі ДНҚ репликациясы деп аталады.

Жарық (немесе оптикалық) микроскоп — зерттелетін заттың кері бейнесін ұлғайтып көрсететін құрал.

Жасуша — тірі организмдердің (вирустардан басқа) құрылымының ең қарапайым бөлігі, құрылысы мен тіршілігінің негізі; жеке тіршілік ете алатын қарапайым тірі жүйе.

Идентификация — теңестіру, ұқсастыру, сөйкестендіру.

Иммерсиялық май — сыну кезіндегі жарықты жоғалту арқылы апертураның сандық көрсеткіштерін ұлғайтатын кедрлі май.

Иммуногенез — иммунитеттің даму процесі.

Имунофлюоресценция — флюорохроммен таңбаланған антиденелерді микроскоппен іздеу әдісі.

Импринтинг (ағылш. *imprint* — есте сақтау) — туған сәттен бастап қандайда бір стимулдың ықпалымен тікелей іске асырылатын немесе генетикалық бағдарламада жетіліп кодталған дайын күйінде берілген мінез-құлықтың қандай да бір формасының арнайы үйретулерсіз-ақ қысметін атқаруы; жоғары сатыдағы омыртқалылардағы үйренудің айырықша түрі.

Индукция — жүйке орталықтарының өзара әрекеттесуі.

Индукция (латын тілінен *Inductio* — ынталандыру) — жасушааралық өзара әрекеттесу формасы, онда жасушалар шығаратын зат индукторы басқа жасушалардың дамуына немесе физиологияға, жүйке процестерінің динамикалық әрекеттесуіне, қозу мен тежелуге әсер етеді.

Инициальды — бастапқы, алғашқы, ілкі.

Инерция — нуклеотидтердің артық жұбын қою.

Инсулин (лат. *insulinum insula* — арал) — эндокринді эпителиоциттерден құралған ұйқы безі аралшықтарының бета-жасушалары (В- инсулоциттері) бөліп, қанға шығаратын гормон.

Интерфаза — жасушаның екіге бөлінуі аралығындағы дайындық кезеңі. Бұл кезеңде боялып бекітілген ядроның боялған жіңішке жіпшелерден тұратын торлы құрылымын байқауға болады. Интерфаза G_1, S, G_2 кезеңдерінен тұрады.

Интерференция — тоғысу, біртекті құбылыстардың тоғысуынан олардың қосынды нәтижесі күшеюі немесе әлсіреуі.

Капсула — полисахаридтерден, полипептидтерден немесе протеидтерден тұратын қопсыған үстіңгі беті.

Катод (грек. *kathodos* — төмен түсу, қайту) — теріс зарядты электрод.

Кездейсоқ мутагенез — мутагендердің әдейілеп әсер етпеуінен организмде мутацияның пайда болу процесі. Организмнің тіршілік ету процесінде генетикалық құрылымдардың зақымдануына әкелетін әртүрлі факторлардың жиынтық әсерінің соңғы нәтижесі болып табылады.

Кетонурия — бұл ересек адамның немесе баланың зәрінде ацетон деңгейінің артуы. Сондай-ақ ацетонурия деп аталады.

Кибернетика — қоғамдығы және тірі жүйелердегі басқарылудың жалпы принциптері.

Комплементарлық — молекулалардың не олардың бөлшектерінің бір-бірімен сәйкестілігі.

Коррекция — қателікті табу, оны түзеу.

Кранц-мезофилдді жасушалар қалыңдатылған жасуша қабырғаларына не, көптеген хлоропласттар мен митохондрияларды құрайды, тамырлы түйіндердің айналасында 1 немесе 2-қабатта орналасқан. Көрсетілген анатомиялық құрылымның белгілерінің жиынтығы кранц анатомиясы немесе кранц синдромы деп аталды.

Лейкоз — лейкомия (грек. *leukos* — ақ) — қан түзетін мүшелер жүйесінің қатерлі ісіктері. Ісік жілік майындағы жасушалардың тоқтаусыз өсуімен және сол жердегі қалыпты қан жасалу процесінің бұзылуымен сипатталады.

Лизосома — жануарлар мен саңырауқұлақ жасушасының органелласы, жасуша ішінде асқорыту қызметін атқаратын және гидролиттік ферменттердің қор ретінде жиналатын орны.

Лимфобласт — антигенмен белсендірілгенде пайда болатын лимфоцит.

Люминесценция — кейбір заттардың сәуле шашуы.

Мезофилддің дорсовентральды түрі — бір не көп қатарлы борпылдақ паренхима жапырақтың беткі қабатында, ал кеуекті паренхима астыңғы қабатында орналасады.

Мейоз (грек. *meiosis* — кішірею, азаю) — жетіліп келе жатқан жыныс жасушаларының (гаметалардың) бөлінуінен хромосомалар санының азаюы (редукциясы).

Микрометр — бұрама гайка арқылы бұрыштық өзгерістерді сызықтық шамаларға өзгертуге арналған өлшеуіш аспап.

Микроорганизмдер — тек қана микроскоппен көруге болатын өте ұсақ организмдер.

Микроскоп (грек. *mikros* — ұсақ және грек. *skopeo* — көремін) — жай көзге көрінбейтін объектілердің (немесе олардың құрылымдық бөліктерінің) бірнеше есе үлкейтілген кескінін алатын оптикалық құрал.

Митоз — соматикалық жасушалардың бөлінуі. Митоз жасуша көбеюінің көбірек кездесетін әдісі. Осы әдіс генетикалық материалдың жас жасушаларға тең бөлінуін және жасуша ұрпақтарындағы хромосоманың ұқсастығын қамтамасыз етеді.

Модулятор (лат. *modulon* — өлшеймін, ретін сақтаймын) — сигналдарды түрлендіруді жүзеге асыратын құрылғы. Модулятор, негізінен, жоғары жиілікті электр тербелістерін түрлендіреді (модуляциялайды). Оның құрылысы әрі жұмыс принципі модуляция түріне (амплитудалық, жиіліктік, фазалық, импульстік т.б.) байланысты.

Мутагенез — физикалық және химиялық мутагендердің көмегімен мутацияларды жасанды жолмен алу әдісі. Бұл әдіс экспериментті генетикада жиі қолданылады. Селекцияда мутагенез жануарлардың, өсімдіктердің және микроорганизмдердің болашақтағы мутанттарын алуда пайдаланылады.

Мутация (лат. *mutatio* — өзгеру) — табиғи жағдайда кенеттен болатын немесе қолдан жасалатын генетикалық материалдың өзгеруі.

Некроз — өліеттену, тіршілігін жоғалту.

Нитроглицерин — 7,8 м/сек. жылдамдықпен тұтанатын маңызды жарылғыш заттардың бірі.

Объектив (лат. *objectus* — нәрсе) — объектің төңкерілген шынайы кескінін қалыптастыратын дербес оптикалық жүйе.

Овогенез (лат. *ovum* — жұмыртқа, *genesis* — шығу тегі) — жұмыртқа жасушасының даму процесі. Овогенез көбею, өсу және жетілу кезеңдерінен тұрады.

Окуляр (лат. *ocularis* — көз) — оптикалық жүйенің (көру түтігінің, микроскоптың, телескоптың, дүрбінің т.б.) объектив беретін оптикалық шынайы кескінін үлкейтіп көрсетуге арналған бөлігі.

Окулярдың көру аймағы — окулярдан көрінетін бейненің бұрыштық өлшемі.

Окуляр-микрометрлер — бұл тор немесе шкала түрінде өлшемдер берілген дөңгелек шыны бөлшектер.

Оогоний — жетілмеген жыныс жасушасы.

Органоидтер (грек. *organon* — құрал, *eidos* — түр) — адам мен жануарлар организмдері жасушалары цитоплазмасындағы белгілі қызмет атқаратын тұрақты құрылымдар.

Өзгергіштік — организм мен сыртқы ортаның қарым-қатынасын көрсететін күрделі процесс; тірі организмдердің өсіп-дамуы барысында өзін қоршаған орта өсеріне байланысты жаңа белгі-қасиеттер түзуі немесе өзінде бұрыннан бар белгі-қасиеттерін жоғалтуы.

Парфокальдық арақашықтық — микроскоптағы препарат пен объективтің қондырылатын орны арасындағы арақашықтық

Пассивті деполяризация — мембрана арқылы әлсіз шыға беріс бағыттағы, (анод — ішінде, катод — сыртында) электр тогының өту кезінде пайда болады.

Преципитация — ерітілген антигеннің антиденемен әрекеттескен кезіндегі тұнбаға түсу феномені.

Пиноцитоз (*pinocytosis*; лат. *pinos* — жұту, ішу, сіміру; *kytos* — жасуша) — жасушаның плазмолемма арқылы қоршаған ортадан сұйық затты немесе ерітіндіні нәзік — микроскопиялық мөлшердегі көпіршіктер түрінде жұту процесі.

Плазмодесма — өсімдіктердің көршілес жасушаларын қосатын цитоплазмалық көпірше.

Плазмолемма — жасуша протоплазмасын қоршаған ортадан бөліп, зат алмасу, тасымалдау, рецепторлық қызметтер атқаратын жасуша қабықшасы.

Пластидтер (грек. *plastides* — жасайтын, түзейтін) — эукариотты өсімдік жасушасының органOIDтері.

Плюрипотенттілік — ересек адамның бағаналы жасушаларының шамамен 350 түрінің кез келгенінен түзу қабілеті (сүтқоректілерде) .

Позитрондық-эмиссиялық томография — бұл адамның немесе жануарлардың ішкі мүшелерін зерттеуге арналған радионуклидтік томографиялық әдіс.

Полидипсия — сусамыр, суды көп ішу, сусақ, сусақтық.

Полиурия — зәр түзілуінің көбеюі.

Полиэмбриония — бір тұқымда бірнеше ұрықтардың түзілуі.

Поляризация (фран. *polarisation* — алғашқы негізі, грек. *polos* — ось, полюс) — биологиялық құрылым бөліктерінің арасындағы электрлік потенциалдардың айырмашылығы және оның пайда болуы.

Преципитация реакциясы (лат. *praecipitatio* тез тұнбаға түсу) — антиденемен молекулалық антигеннің кешені қалыптасып тұнбаға түсу реакциясы. Жұқпалы аурулардың серологиялық диагностикасында қолданылады.

Пролиферация (лат. *proles* — ұрпақ, *fero* — өкелу) — қабынуға қатысатын, әсіресе макрофагтар мен лимфоциттердің, жергілікті ұлпа жасушаларының өсіп-өнуі.

Промотор — бұл ДНҚ нуклеотидінің реттілігі, РНҚ полимераза арқылы транскрипцияны бастауға арналған тіреуіш ретінде танылады.

Простагландиндер — белсенді дәрі-дәрмектілік қасиеті бар простан қышқылының туындысы.

Протейкиназа — бұл екі түрде бола алатын жасушаішілік фермент. цАМФ жоқта протейкиназа екі катализдік (2С) және екі реттеуші (2R) суббірліктен (беленсіз фермент) тұратын тетрамер болып табылады.

Процессинг — бұл алғашқы транскриптерден белсенді РНҚ молекулаларының қалыптасу кезеңі. Процессинг эукариоттарға тән РНҚ-ның транскрипциядан кейінгі модификациясы ретінде қарастырылады.

Регулятор — репрессор, нәруыздың құрылымы жазылған арнайы ген. Ол нәруыз опероның (генет. материал) транскрипциясын бақылайды. Ревертазадағы репрессорды бұзатын мутациялар, опероның негіздеуші транскрипциясына, яғни оперонмен байланысты ферменттердің нақтылы түзілуіне өкеледі. Мұндай мутациялар, оператор мутацияларындай емес, рецессивті болады.

Рентгендік компьютерлік томография — организм ұлпалары мен жасушаларының ішкі жағдайын рентген арқылы зерттеу.

Репарация (лат. *reparatio* — қалпына келтіру) регенерация, жараның өң бітіп қалпына келуі.

Репрессия (лат. *repressio* — басып-жаншу) — бүтіндей жою, басып-жаншу.

Рецептор — қабылдауыш.

РНҚ — жоғары молекулалық байланыс; нуклеин қышқылдарының типі.

Серология — қан сарысуын зерттейтін ғылым.

Седиментация (түну) — түйіршіктердің массалары үлкейген сайын, олардың түнуы немесе қатты фаза бөлшектерінің іріленіп, түну процесі.

Сперматозонд — аталық жыныс жасушасы.

Сперматогенез (грек. *sperma* — шөует, *genesis* — шығу тек) — аталық жыныс безінде жүреді. Бұл процесс кезегімен өтетін төрт кезеңнен: көбею, өсу, пісіп жетілу және қалыптасу кезеңдерінен тұрады.

Сплайсинг — гетерогенді идролық ақпарат, РНҚ транскрипциясынан кейінгі модификация; интрондарды кесіп, нәруыз синтезі үшін бағдарлама жеткізіп, сондай-ақ жетілген *a*-РНҚ молекуласында экзондарды біріктіруді қамтамасыз ететін процесс.

ТАТА-бокс — эукариоттарда, әдетте, 7 немесе 8 нуклеотидтен тұратын А-Т (ТАТА (А / Т) А (А / Т)) жұптарына бай ДНҚ тізбегі болады. ТАТА-бокс транскрипцияның басталу орнын қатаң түрде анықтайды.

Таутомерлену — сутек жағдайының өзгеруіне байланысты химиялық қасиеттерінің өзгеруі.

Толқын ұзындығы — толқын тербелісінің толық циклінің (периодының) ұзындығы.

Тотипотенттілік — тұтас организмнің саралану қабілеті (ұрықтанудан кейін 11 күн);

Транзициялар — пурин-пиримидин бағытын өзгертпейтін нуклеотидтер (АТ CG) жұбының алмасулары.

Трансверсиялар — бағытын өзгертетін нуклеотидтер (АТ CG, АТ ТА, GC CG) жұптарының алмасулары (пурин және пиримидин нуклеотидтері орындарымен ауысады).

Трансляция — полипептид тізбегінің гендегі аРНҚ негізінде ақпаратқа сай түзілуі.

Ультракүлгін сәуле шығару — жарық сәулелері спектрінің күлгін бөлігіне іргелес, күлгін және радиосәулелер аралығында орналасқан, толқын ұзындығы 400—10 нанометр (нм) аралығына сәйкес келетін электромагниттік сәулелер.

Ультракүлгінді микроскопия — зерттеу толқын ұзындығы 0,2 мкм болатын қысқа ультракүлгін сәулелерді пайдалануға негізделген.

Фагоцитоз (фаг және грек. *kytos* — жасуша) — біржасушалы организмдердің немесе кейбір көпжасушалы жануарлар жасушасының микроскопиялық бөтен тірі нысандар (бактериялар т.б.) мен қатты бөлшектерді жұтып алып, қорытып жіберуі.

Фазалық контрастты микроскопия — боялмаған мөлдір гистологиялық кесіктерді зерттеуде пайдаланады.

Флуоресцентті микроскопия — флуоресценция құбылысына негізделген, яғни зерттелетін гистологиялық объектінің сәулелі энергия әсерінен қозуына негізделген.

Хоуминг — бағаналы жасушалардың организмге енгізенде зақымдану аймағын тауып, сол жерге бекіп, жоғалған қызметін орындауы.

Хроматофор — жасыл түсті жалпақ білезік тәрізді балдырларда кездесетін пигмент.

Электронды микроскопия — жарық сәулелері толқындарына қарағанда 100 000 есе қысқа электромагнит толқындарын пайдаланып, объектілерді миллиондаған есе үлкейтетін жаңа микроскоп.

Эмбрион (грек. *embryon* — ұрық) аталық және аналық жыныс жасушаларының қосылуы нәтижесінде пайда болады. Ұрықтану — жануарлар мен адам организмінде жатыр түтігінің жоғарғы бөлігінде, ал суда тіршілік ететін жануарларда — сулы ортада жүреді.

Эмбрионалдық бағаналы жасушалар (ЭБЖ) эмбрион дамуының ерте кезеңінде ішкі жасуша салмағын (ІЖС) немес эмбриобластты түзеді.

Эндоплазмалық тор (*reticulum endoplasmaticum*, лат. *reticulum* — тор, лат. *endoplasmaticum* — эндоплазмалық) — ұзынша келген қуысты түтікшелер мен өзекшелерден тұратын, қабырғасы биологиялық мембраналармен шектелген жасуша цитоплазмасының органелласы.

Энзимология — ферменттерді және олар катализдейтін реакцияларды зерттейтін биохимияның бір саласы.

Эпигенетика — ДНҚ және РНҚ-ның бірінші реттік құрылымдарын өзгертпейтін тұқымқуалаушылық пен өзгергіштік процесін зерттейтін генетиканың саласы.

Эстрогендер (лат. *castrus* — ағын) — аналық безінің фолликуласында, ұрық жолдасында түзіледі. Шағын мөлшерде бүйрекүсті безінің қабығында және ұрық безінде синтезделеді. Эстрогеннің үш түрі белгілі. Олар: эстрадиол, эстрон және эстриол. Эстрогендер көбінесе нәруызбен байланысқан түрінде қан арқылы таралады.

Эукариоттар (грек. *eu* — жақсы, толығымен және *karyon* — ядро) — құрамында ядросы бар организмдер.

Эффе́ктор — молекулалық биология мен биохимияда эффе́ктор немесе эффе́кторлық молекула, әдетте, нәруыздармен селективті байланысатын және олардың биологиялық белсенділігін реттейтін кішкене нәруыздық емес молекула деп түсіндіріледі.

Ядро — жануарлар мен өсімдіктер жасушаларының ең маңызды құрамбөлігі және тұқымқуалаушылық (генетика) ақпараттың сақталуы және осыған байланысты жасуша цитоплазмасындағы нәруыздар мен ферменттердің түзілуін қамтамасыз етеді.

Кіріспе	4
---------------	---

Молекулярлық биология және биохимия

§1. Антиденелердің құрылысы мен құрылымы. Антиденелердің (белсенді орталығының) арнайылығы. Антиген мен антидененің әрекеттесуі....	5
§2. Фермент пен субстраттың өзара әрекеттесуі. Ферментативті катализде белсенді орталықтың ролі. Фишердің теориясы. Ферменттер иммобилизациясы	10
1.1-зертханалық жұмыс. Иммобилизациялаудың ферменттердің белсенділігіне әсерін зерттеу	16
§3. Ферменттердің бөсекелес және бөсекелес емес ингибируленуі. Ферменттердің белсенділігін реттеу. Дәрілік препараттар мен ауыр металдар иондарының ферменттердің белсенділігіне әсері.....	17
1.2-зертханалық жұмыс. Активаторлар мен ингибиторлардың ферменттік реакцияның жылдамдығына әсерін зерттеу	21
§4. Транскрипция. Пре-м рибонуклеин қышқылының посттранскрипциялық модификациясы. Трансляцияның кезеңдері.....	22
§5. Генетикалық кодтың қасиеттері: үшәрімділігі, көптігі, әмбебаптығы, бірін-бірі жаппайтындығы	28
Тарау бойынша жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары ...	33

Қоректену

§6. Хлоропластың құрылымдық компоненттері және олардың қызметтері	34
§7. Фотосинтездің пигменттері. R ₁ мөні	40
2.1-зертханалық жұмыс. Өртүрлі өсімдік жасушаларында фотосинтездеуші пигменттердің болуын зерттеу	46
§8. Фотосинтездің жарық кезеңі. Фотофосфорлану	47
§9. Фотосинтездің қараңғы кезеңі. Кальвин циклі.....	52
§10. C ₃ және C ₄ өсімдік жапырақтарының анатомиясы.....	56
§11. Мезофилл жасушаларында көмірқышқыл газын фиксациялаудың ерекшеліктері көмірқышқыл газының акцепторлары	59
2.2-зертханалық жұмыс. C ₃ және C ₄ өсімдіктер жапырақтарының мезофилл микропрепараттар арқылы зерттеу.....	63
§12. Фотосинтез жылдамдығына әсер ететін факторлар. Фотосинтездің шектеуші факторлары: жарық толқынының ұзындығы мен жарық интенсивтілігі, көмірқышқыл газының концентрациясы, температура	65
2.3-зертханалық жұмыс. Шектеуші факторлардың фотосинтездің интенсивтілігіне әсерін зерттеу.....	71
§13. Хемосинтез. Хемосинтез бен фотосинтез процестерін салыстыру	72
Тарау бойынша жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары ...	76

Заттардың тасымалдануы

§14. Өсімдіктердегі заттар транслокациясының механизмі.....	77
§15. Заттар тасымалдануының симпластық, апопластық, вакуолярлық жолдары және олардың маңызы	81
§16. Жасуша мембранасы арқылы заттар тасымалдануының типтері	84
§17. Натрий-калий сорғысы белсенді тасымалының механизмінің мысалы ретінде	90

§18. Мембраналық потенциалды сақтаудағы белсенді тасымалдың рөлі	94
§19. Су потенциалы	98
3.1-зертханалық жұмыс. Түрлі концентрациялы тұз ерітінділеріндегі жасушалардың су потенциалын анықтау	101
Тарау бойынша жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары	103

КООРДИНАЦИЯ ЖӘНЕ РЕТТЕЛУ

§20. Биологиядағы басқару жүйесі. “Басқару жүйесі” ұғымы	104
§21. Басқару жүйесінің негізгі компоненттері	107
§22. Температураның, көмірқышқыл газының, оттегі газының деңгейлерінің реттелуі мысалында кері байланыс принципі	110
§23. Мембраналық рецепторлар арқылы гормондық сигналдардың берілуі	115
§24. Инсулин мен эстроген мысалдарында гормондардың нысана-жасушаларға әсер ету механизмі	119
§25. Өсіргіш заттар	123
§26. Өсіргіш заттардың өсімдіктерге әсер ету механизмі. Ауксин мен гиббериллиннің әсері	127
4.1-зертханалық жұмыс. Ауксиннің тамырдың өсуіне ықпал етуі	134
Тарау бойынша білімді жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары	135

КӨБЕЮ

§27. Гаметогенез. Адам гаметогенезінің сатылары	136
§28. Сперматогенез бен оогенездің айырмашылықтары. Сперматогенез бен оогенезді салыстыру	139
Тарау бойынша білімді жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары	142

ӨСУ ЖӘНЕ ДАМУ

§29. “Бағаналы жасушалар” ұғымы және олардың қасиеттері (қайта жаңаруы, жіктелуі)	143
§30. Бағаналы жасушалардың түрлері: эмбрионалды және соматикалық	146
§31. Практикада қолданылуы. Этикалық аспектісі	149
Тарау бойынша білімді жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары	153

ТҰҚЫМҚУ АЛАУШЫЛЫҚ ПЕН ӨЗГЕРГІШТІК ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ

§32. Дезоксирибонуклеин қышқылының кездейсоқ мутациясы. Репликацияның, репарацияның, рекомбинацияның генетикалық процестердің қателіктері	154
§33. Белгілердің тұқым қуалауының нақтылығын талдаудың статистикалық әдістері (χ^2 өлшем, t өлшем)	159
8.1-зертханалық жұмыс. Белгілердің тұқым қуалауының нақтылығын талдау ...	163
§34. “Адам геномы” жобасы. Адамның геномдық ДНҚ-сын секвенірлеу. Жоба аясында жүргізілген зерттеулердің маңызы	166
Тарау бойынша білімді жүйелендіру және қорытындылау сұрақтары мен тапсырмалары	170
Глоссарий	171

