

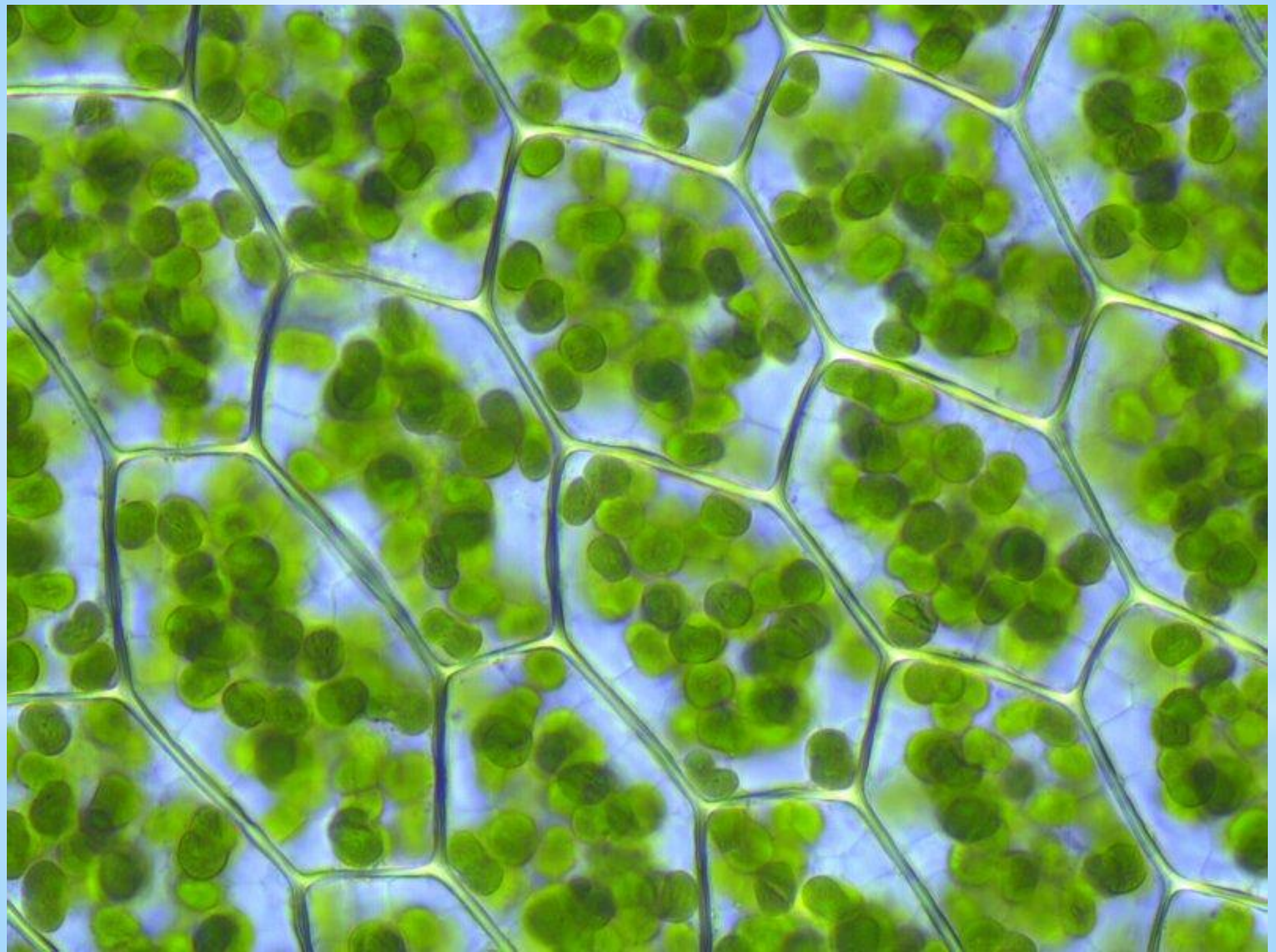


Фотосинтездік аппарат. Жапырақтың анатомиялық құрылысы. Хлоропласт пигменттері.

* (*Фото... және синтез*) – жоғары сатыдағы жасыл өсімдіктердің, балдырлардың, фотосинтездеуші хлорофилл және басқа да фотосинтездік пигменттер арқылы күн сәулесі энергиясын сіңіруі нәтижесінде қарапайым қосылыстардан (көмірқышқыл газы, су) өздерінің және басқа организмдердің тіршілігіне қажетті күрделі органикалық заттар түзуі. Фотосинтез нәтижесінде жер жүзіндегі өсімдіктер жыл сайын 100 млрд *t*-дан астам органикалық заттар түзеді (мұның жартысынан көбін теңіз, мұхит өсімдіктері түзеді) және бұл кезде олар 200 млрд-тай CO_2 сіңіреді, оттегін бөледі.

* Фотосинтезді алғаш зерттеушілер Швейцария ғалымдары Ж.Сенебье, Н.Соссюр және неміс химигі Ю.Майер болды. 19 ғ-ң 2-жартысында К.А.Тимирязев күн сәулесі энергиясы фотосинтез процесінде *хлорофилл* арқылы сіңірілетінін анықтады. 20 ғ-ң басында фотосинтездің физиологиясы мен экологиясына арналған маңызды зерттеулер жүргізіледі (В.В.Сапожников, С.П.Костычев, В.Н.Любименко, А.А.Ничипорович т.б.). 20 ғ-ң орта кезінен бастап фотосинтезді зерттеуде жаңа әдістер (газ анализі, радиоизотопты әдіс спектроскопия. Электрондық микроскоп т.б.) дамыды.

* Жоғары сатыдағы жасыл өсімдіктер, балдырлар (көп клеткалы жасыл, қоңыр, қызыл, сондай-ақ бір клеткалы эвглена, динофлагеллят, диатом балдырлар) фотосинтезінде сутек доноры және шығарылатын оттектен көзі су, ал сутек атомның негізгі акцепторы және көміртектен көзі – көмірқышқыл газ. Фотосинтезге тек CO_2 мен H_2O пайдаланылса углевод түзіледі. Фотосинтез процесіне өсімдік углевод түзумен қатар құрамында азот және күкіртті бар аминқышқылдарын, белок, молекуласы құрамында азот болатын хлорофилл де түзеді. Бұл жағдайда көмірқышқыл газбен қатар сутек атомының акцепторы және азот, күкірт көзі нитрат және сульфат болады. Фотосинтездеуші бактериялар молекула оттекті пайдаланбайды, оны бөліп шығармайды (бұлардың көбі анаэробтар). Бұл бактериялар су орнына донор ретінде электрондарды не органикалық емес қосылыстарды (күкіртті сутек, тиосульфат, газ тәрізді сутекті) немесе органикалық заттарды (сүт қышқылы, изопропил спирті) пайдаланады.



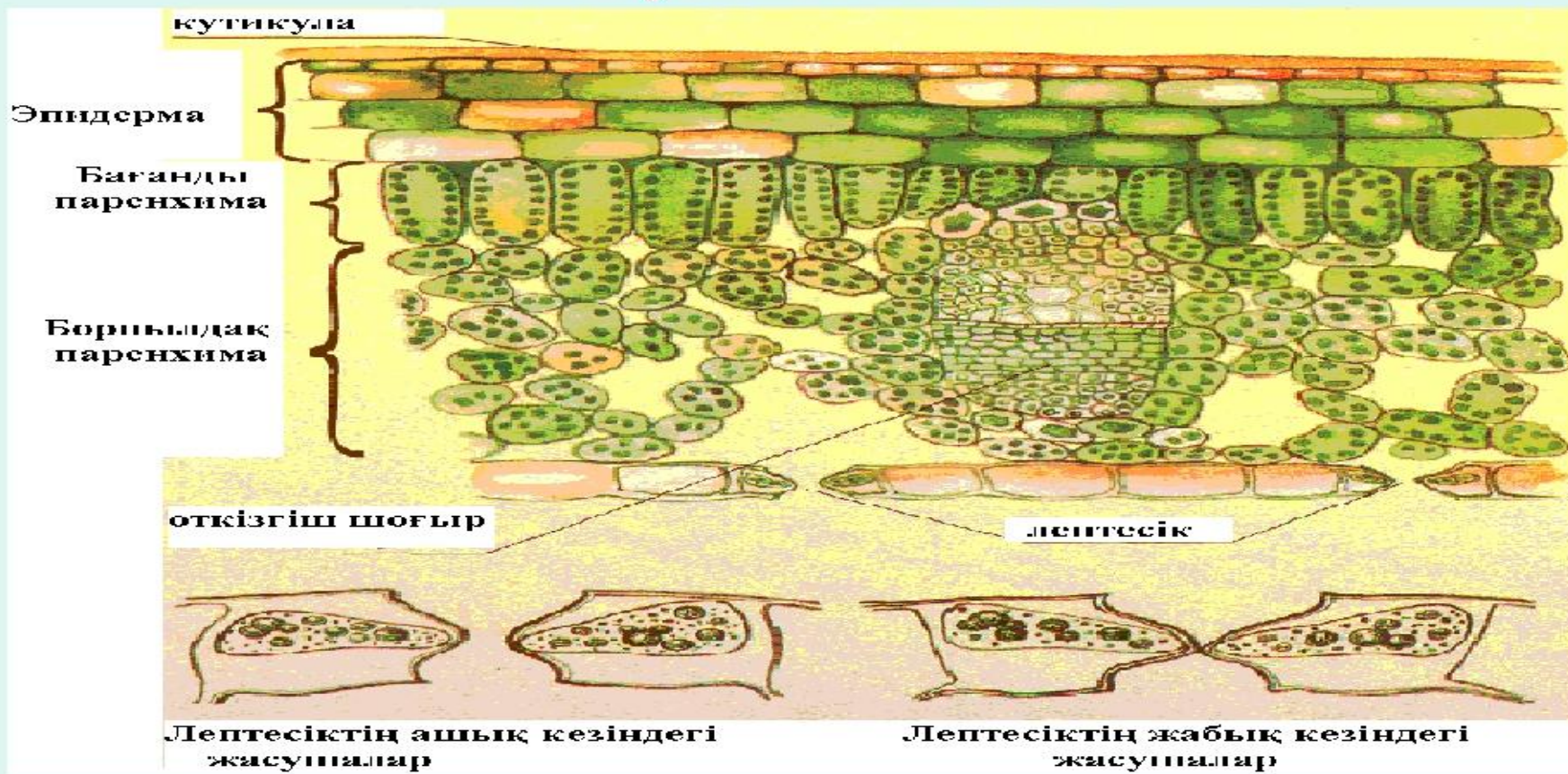
* Фотосинтез аппаратының негізі – клетка ішіндегі органелла-хлоропластар (көк жапырақ клеткасында 20-100 болады). Балдырлардың көпшілігінде фотосинтездік аппарат – клетка ішіндегі арнайы органелла-хроматофорлар, ал фотосинтездеуші бактериялар мен көк-жасыл балдырларда тилакоидтер. өсімдік фотосинтез процесінің негізі – тотығу-тотықсыздану. Мұнда квант энергиясы әсерінен 4 электрон мен протон су дәрежесінен углевод дәрежесіне дейін көтеріледі. (CO_2 -ның тотықсыздануы). *ккал/моль* яғни CO_2 -ның бір молекуласының углевод дәрежесіне дейін тотықсыздануының бос энергиясы *120 ккал/моль* болады. Демек, өсімдік фотосинтезі кезінде кем дегенде 3 квант сіңірілуі қажет. әр түрлі жағдайда жасалған тәжірибе CO_2 -ның әр молекуласының тотықсыздануына 8–10 квант қажет екенін көрсетті. Көмірқышқыл газ да, су да, жарықты тікелей сіңірмейді, бұл қосылыстардың квантпен байланысқа түсуін хлоропласт не хроматофор структурасындағы хлорофилл *a* қамтамасыз етеді. Фотосинтездің биосферадағы маңызы да үлкен. Жер жүзіндеге, мысалы, көміртек, суттек, оттег, сондай-ақ N, S, P, Mg, Ca т.б. элементтер айналымы процесіне қатысы бар. Жер қалыптасқаннан бері фотосинтез нәтижесінде маңызды элементтер мен заттар бірнеше мың рет толық цикл айналымынан өткен. өсімдік өнімін арттырудың бір жолы - өсімдіктің фотосинтездік әрекетін үдету. Бұл үшін жапырақ көлемін үлкейту, жапырақ тіршілігін ұзарту, егістіктегі өсімдік жиілігін реттеу керек. CO_2 , ауа, су, топырақтағы қоректік элементтер жеткілікті болуы қажет. Фотосинтез аппаратының активтілігі жапырақтың анатомиялық құрылысына, фермент жүйесі активтілігіне, көміртек метаболизмі типіне байланысты болады. өсімдік селекциясының, яғни CO_2 ассимиляциясы тез жүретін өсімдік сорттарын шығарудыңда үлкен маңызы бар.

* Жапырақтың анатомиялық құрылысы

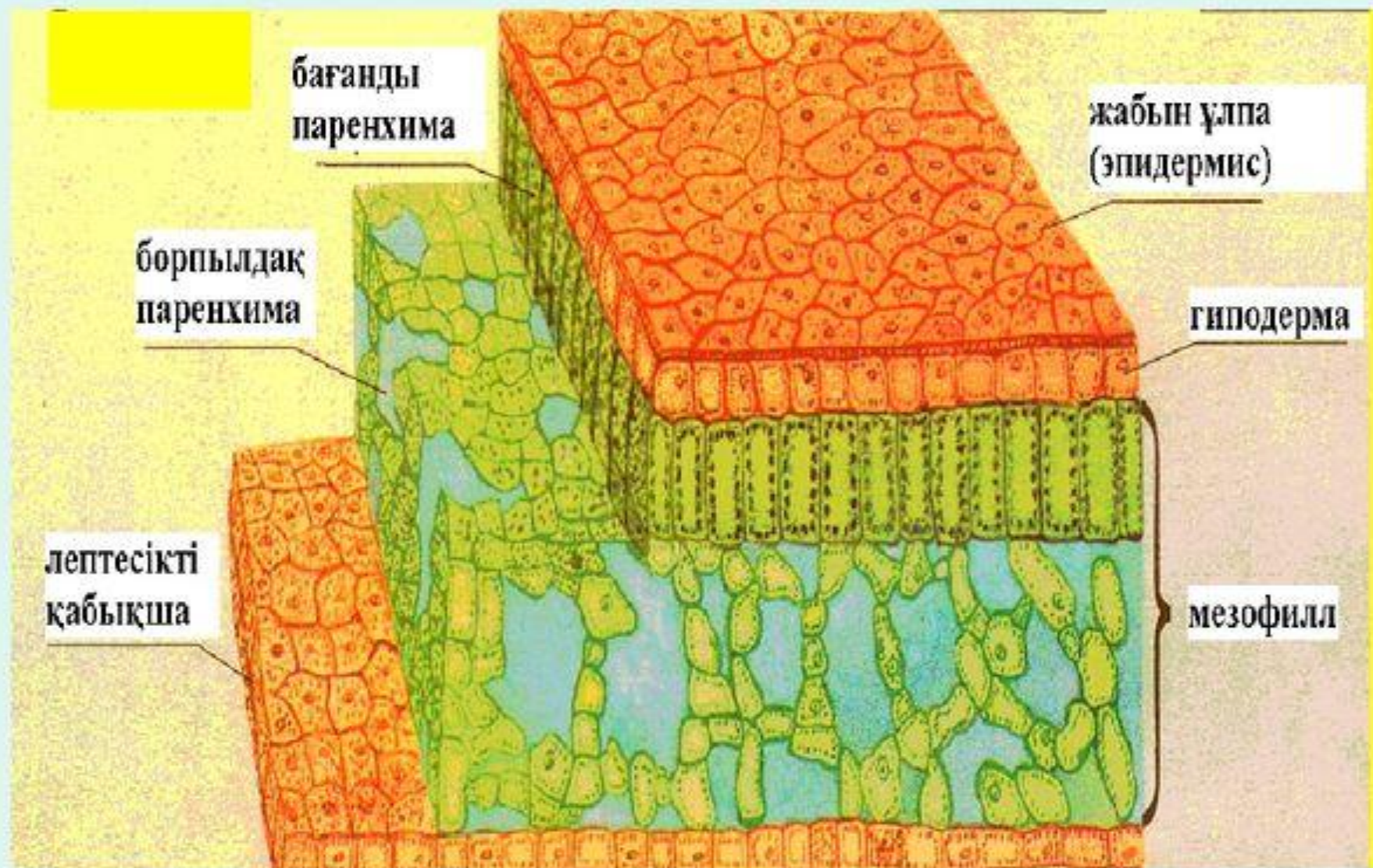


* Жапырақтың негізгі атқаратын қызметіне-фотосинтез, судың булануын (транспирация), газдың алмасуын реттеу жатады. Жапырақ тақтасы эпидермадан , мезофиллден, өткізгіш шоқтарынан (жүйкеленген) тұрады

Жапырақтың анатомиялық құрылысы



ЖАПЫРАҚ ТЫҒЫНДЫҒЫ



* Жоғары сатыдағы өсімдіктер жапырағының анатомиялық құрылысы негізгі үш бөліктен тұрады. Олар:

1) жапырақ тақтасын үстіңгі және астыңғы бет жағынан жауып тұратын жабындық ұлпа - эпидерма;

2) ассимиляциялаушы қоректік ұлпадан тұратын негізгі бөлігі - мезофилл;

3) мезофилл бөлігінде орналасқан өткізгіш шоқтар.

Жапырақтың бұл анатомиялық құрылысында жапырақ формацияларына, өсімдіктердің жүйелілік топтарына және өсіп тұрған орта жағдайларының әсеріне байланысты азды-көпті өзгерістер болады.



Пластиды

- По окраске и выполняемой функции выделяют **три основных типа** пластид:
 - лейкопласты,
 - хромопласты,
 - хлоропласты.
- Содержат ДНК и РНК.

* Биологиядағы барлық органоидтар сияқты, хлоропластың құрамы оның қызметіне сай күрделі болады. Хлорофилдер көк және қызыл түсті сәулелерді жұтып, жасылды шағылыстырады. Ол сәуле хлоропласт жасушасын жасыл етіп көрсетеді.

Хлоропластарда хлорофилдерден басқа сары, қоңыр, қызғылт сары түсті каротиноидтар болады. Ол пигменттер ұзындығы басқа толқындағы сәулелерді шағылыстырып, өз энергиясын хлорофильдерге беріп, фотосинтездің жүрісін тездетеді. Каротиноидтар жасыл хлорофилдермен бүркеніп, көрінбейді, бірақ күзде, хлорофилдер бұзылғаннан кейін, оның жарқыраған түсі көрінеді. Сондықтан да күзде жапырақтардың түсі сары және қызғылт көрініс береді.

* Хлоропластағы хлорофилл пигменті граналарда орналасқан. Граналар бірінін үстіне бірін жинап қойған күміс ақша сияқты тақташалардан тұрады. Тақташалар өзара шұрықтармен байланысады да, ал фотосинтез әрекеті бүкіл хлоропласт жасушасында емес осы граналарда жүреді. Кейбір фотосинтезге қатысатын молекулалар мен пигменттер хлоропластағы фотосинтетикалық қабықшаны құрастыруға қатысады. Фотосинтетикалық қабықшалардың строма немесе хлоропластың негізгі заты қоршайды. Строманың өзі хлоропласт және жасушаның цитоплазмасын бөлетін қабықшадан тұрады. Фотосинтез әрекеті кезінде, АДФ-тің ағзаларда атқаратын рөлі зор. АДФ — ағзалар деп отырғанымыз АТФ синтезіне Н — қоймасындағы энергияны пайдаланатын ферменттер.



Фотосинтез аппараттың негізгі бөлігіне хлоропластағы пигменттер жүйесі жатады. Олар күн сәулелерін өзіне сіңіріп, оны химиялық энергияға айналдыру қызметін атқарады.

Фотосинтезге қажетті энергияның қайнар көзіне көрінетін және жақын инфрақызыл, сондай-ақ көк-күлгін, яғни толқын ұзындығы 350 ден 700 нм дейінгі сәулелер тобы жатады. Бактериялық фотосинтезге пайдаланатын сәулелердің толқын ұзындығы 350-ден 900 нм аралығында болады. Инфрақызыл сәулелердің фотондар энергиясы өте аз -0,101-0,1 эВ шамасында ғана болады. Бұл энергия молекулаларда химиялық өзгерістер туғызуға жеткіліксіз; тек қана айналмалы және тербелмелі энергияның деңгейін өзгерте алады; инфрақызыл сәулелердің біраз бөлігі суға жақсы сіңеді. Сондықтан, сәулелердің бұл тобы фотосинтез процесінде энергияның тиімді көзі бола алмайды. Ультракүлгін сәулелер фотондарының энергиясы өте жоғары. Көптеген химиялық байланыстарды ионизациялап, нуклеин қышқылдарын, белоктарды және т.б. қосындыларды ыдыратып жібереді.

*Хлорофилдер:

- *Хлорофилл жапырағындағы ең басты және ең күрделі пигмент. Хлорофил (грекше «хлорос» - жасыл, жапырақ түсі жасыл) деген мағына береді. Ғалымдар хлорофилдің химиялық құрамымен физикалық қасиеттерін көп жылдардан бері жан-жақты зерттеп келеді.
- *Хлорофилдің химиялық құрамын зерттеу жұмыстары ХХ ғасырдан басталды. 1818 жылы француз ғалымдары Пельтис пен Кванту өсімдік жапырағынан бірнеше рет жасыл пигмент бөліп алды. Оны олар хлорофил деп атады. К.А. Тимирязев хлорофилдің өсімдік организмінде үнемі өзгеріп отыратынын байқады.
- *Температура жоғары болса оның мөлшері азаяды, өйткені ол энергияны көп сіңіре алмайды. Ал, температура төмен болса, хлорофилдің саны көбейеді. Сөйтіп күн сәулесінің хлорофилге қатысы бар екенін анықтады. Күн сәулесі көп түсетін жерде өсетін өсімдік жапырақтарында хлорофилл аз болса, күн сәулесі түспейтін жердегі өсімдік жапырақтарында хлорофил көп болатыны тәжірбие арқылы белгілі болды.

*Хлорофилл дегеніміз – дикарбон қышқылының күрделі эфирі. Өсімдіктің жасыл жапырақтарында хлорофилл түйіршіктері, таяқша және таспа түрінде кездеседі. Фотосинтез процесіне тікелей қатысатын пигменттер хлорофилдер жатады. Бұл топтың қазіргі кезде оншақты түрі болатындығы анықталды. Фотосинтездік қабілеті бар организмдердің (бактериялар, балдырлар, жоғары сатыдағы өсімдіктер) хлоропластарында міндетті түрде а-хлорофилл болады. Жоғары сатыдағы өсімдіктерде тағы да b-хлорофилл, қоңыр, диатом балдырларда қосымша c-хлорофилл, қызыл балдырларда d-хлорофилл кездеседі. Фотосинтездеуші бактериялардың барлығына бактериохлорофилл пигменті бар. Қара-қоқшыл балдырларда оның а және b түрлері, жасыл балдырларда қосымша c және d түрлері бар.

Пигменттердің спектрлік қасиеттері

Фотосинтезге қатысатын пигменттердің әрқайсысы спектрдің әр түрлі аймағындағы сәулелерді сіңіреді. Хлорофилдер көк және қызыл аймақтағы бөліктерін (450 және 650 – 700 нм), каротиноидтар толқын ұзындығы 400-500 нм, фикобилиндер 500 – 650 нм сәулелерді сіңіреді. Пигменттердің спектр сәулелерін сіңіру қабілеті олардың молекуласының қозған күйін сипаттайды. Органикалық молекулалардың, соның ішінде хлорофилдің электрондық күйлері олардың құрамына енетін көміртегі, сутегі, азот, оттегі және басқа да сиректеу кездесетін элементтер атомдарының электрон алаңымен (орбиталь) анықталады. Ауысуы спектрдің көрінетін аймақтағы сәулелерді сіңіруге байланысты.

Пигменттердің хлоропластағы күйі:

Пигменттердің фотосинтез процесіне қатысу тетіктерін (механизмдерін) түсіну үшін олардың клеткадағы, хлоропластағы күйлерін білу қажет. Тірі клеткадағы пигменттердің физикалық күйі ерітіндідегіге қарағанда өзгеше болады. Мысалы, жапырақтағы хлорофилл а спектрдің қызыл аймағындағы 680 нм-лік сәулені өте жоғары сіңіреді де, этиль эфиріндегі ерітіндісі 660 нм, ал ацетондағы ерітіндісі 663 нм-лік сәулені сіңіреді. Бұндай өзгешелікті 1921 жылы В.Н.Любименко клеткадағы хлорофилл молекулаларының белок молекулаларымен ерекше байланысқан күйде болатындығында деп түсіндірді. Осы ұйғарым кейінірек, 1957-1962 жылдар аралығында көптеген ғалымдардың зерттеулерінде де дәлелденді. Кейбір тәжірибелерде хлорофилл а-нің хлоропласта бірнеше түрде болатындығы анықталды.

Каротиноидтар

Өсімдік жапырақтарында сары пигменті бар оларды каротиноидтар (лат. Carotio – қызғылт және сарғыш деген мағына береді). Мұны алғаш осылай атаған ғалым Цвет.

Каротиноидтар екі топқа бөлінеді: 1. Оттексіз каротиноидтар. 2. Оттекті каротиноидтар немесе ксантофилдер. 3. Оттексіз каротиноидтардың ең басты өкілі В каротин. Ксантофилдердің ең басты өкілі – лютеин мен зеаксантин. Бұл каротиннің тұрақты серігі болып есептелетін лютеин күн сәулесінің 450 және 481 нм толқындағы спектрін сіңіреді. Ауада лютеин тез ағарып тотығады. Бірақ тотыққанмен А витаминін құрамайды. Тотыққан каротиннің бірнеше изомері болады. Олардың ең бастысы зеаксантин, виолаксантин. Сондай ақ томат және бұрыш жемістерінде кездесетін лютеин. Жүгерінің жапырақтарында тотыққан лютеин изомері зеаксантин, ал сояда пловоксантин болады. Қоңыр балдырларда фукоксантин жатады.

Фикобилиндер

Фикобилин дегеніміз (грекше «фикос»-балдыр, «билиис» - сөл) балдыр сөлі деген мағына береді. Бұл суда өсетін балдырларда кездеседі. Фикобилиндер тобындағы фикоэритрин кездеседі. Фикоэритрин (грекше «фикос» - балдыр, «эритрос» - қызыл) немесе қызыл пигментті балдырлар, бұдан басқа жасыл пигменттері де кездеседі. Көк-жасыл балдырлардың негізгі пигменті – фикоциан. Ол суда өсетін жасыл балдырларда көп кездеседі. Өзі үнемі хлорофилл пигменттерімен қатар кездеседі. Фикоэритрин мен фикоциандар спирт, ацтон сияқты басқада органикалық ерітінділерде ериді, бірақ жылы немесе ыстық суда тез ериді. Фикоэритрин мен фикоцианин екі белоктық бөліктен құралады. Фикобилиндер спектрдің жасыл және сары бөліктерін сіңіреді.

Фикобилиндердің химиялық құрамы

Хлорофилдің химиялық құрамына ұқсас. Фикобилиндердің хлорофилден айырмашылығы, ол тұрақты берік қосылыс жасайды. Ол өте берік болады. Оны белоктардан өте жоғары температура қайнатып немесе фикобилиндерге күшті қышқылдар құйып ажыратуға болады. Фикобилин адам өтіндегі билирубин пигментіне ұқсас. Балдырлардың фотосинтездеуші құрлымындағы фикобилиндер ерекше түзілімдерде – фикобилисомаларда орналасқан. Фикобилиндердің жарық сіңіру ерекшеліктерінің балдырлар тіршілігіндегі маңызы үлкен. Жалпы айтқанда, фикобилиндер, хлорофилл b орнына жарық жинаушы пигменттер жиынтығындағы қосымша пигменттер болып есептеледі. Фикобилиндер арқылы сіңірген энергияның 90% шамасы хлорофилл a-ға тасымалданады.

Антоциандар

Антоциан (грекше «антоциан» - гүл, «цианос» - бояу) деген мағына береді. Антоциандар өсімдіктің клеткасында шырынынан бөліп алып, оның химиялық құрамын зертегенде, оның құрамы өте күрделі екенін анықтады. Антоциан пигменті флагоннан (лат. «флагос»-ашық - сары) құралады. Флагон В2 витаминнің қосындысында пайда болды. Ол өте тотыққан зат. Антоциандар бастапқы қалпына қайтып келмейтіндей реакцияласады. Мұндай қосылыс антоциандардың өсімдік клеткасында өтетін физиологиялық және биохимиялық реакциялануға қатынасуына өте қолайлы. Сондықтанда олар клеткадағы тотығу – тотықсыздану реакциясын реттеп отырады. Таулы жерлерде өсімдік гүлдерінде антоциандар көп болатынын әрі әсем, әрі үлкен болуы осы пигментке байланысты.

* Флавоноидар мен флавоноиддар

- * Флавоноидар антоциандар сияқты тек клеткалардың вакуольдерде ғана кездеседі. Олар эпидермиялыды клеткаларда синтезделеді. Флавоноидар мен флавоноиддар тропикалық және биік тауларда өсетін өсімдіктердің жапырақтарында, сабағында, гүлінде, тамырында мол жиналады. Олар күн сәулесінің ультракүлгін спектрін өздеріне қабылдап өсімдік организмінің оның зиянды әрекетінен сақтап тұрады. Әсіресе хлорофилді және цитоплазманы қорғайды.
- * Флавоноид қосындылары оның сақиналарының қосылуы арқылы синтезделетін бұл қосылыс оттегі арқылы өтеді де сутегі босап шығады. Флавоноиддар үш топқа бөлінеді. Бұл қосылыстар өсімдік жапырағында және гүлінде антоциандармен бірге кездеседі. Флавоноиддар пигменттердің өсімдіктің тотығу – тотықсыздану процесіне қатысады. Антоцианы бар жапырақтар жасыл жапырақтарға қарағанда күн сәулесінің жасыл спектріндегі энергияны мол сіңіріп аз шашыратады. Антоциандардың қабылдаған күн сәулесінің энергиясын өсімдікте әртүрлі метаболиттерді реттеуге пайдаланады.
- * Флавоноиддар өсімдіктің жемісін, гүлдерін әртүрлі түске бояп рең береді. Флавоноиддар мен антоциандар ауылшаруашылық дақылдардың зиянкестерін уландырады. Өсімдіктердегі флавоноидды пигменттер және глюкозидтер сыртқы ортаның қолайсыз жағдайынан сақтайды.