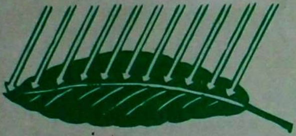
Д 36

М. ДЕРБИШЕВА



ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ФИЗИОЛОГИЯСЫ

УДК 58
ББК 28.57
Д 36

Рецензенттер:
Субанова М.С. пед. илим. кандидаты, доцент
Мамбеткулов Ш.М. биол. илим. кандидаты, доцент

Дербишева Мийнакан.

Д 36 Өсүмдүктөрдүн физиологиясы. Жогорку окуу жайларынын биология адистиги үчүн окуу китеби. — Б.: Бийиктик, 2009. – 348 б.

ISBN 978-9967-13-550-5

Окуу китеп Кыргыз Республикасында кесиптик билим берүүнүн мамлекеттик стандартына ылайык жогорку окуу жайларында окутулуучу өсүмдүктөрдүн физиологиясынын программасынын негизинде жазылды.

Биология жана агрономия адистиктеринин студенттери, магистранттар, мектептердин мугалимдери жана окуучулар пайдалана алышат.

Д 1906000000–09

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
КИТЕПКАНА
ИНВ №

УДК 58
ББК 28.57

ISBN 978-9967-13-550-5

© Дербишева М., 2009.

КИРИШ СӨЗ

Өсүмдүктөрдүн физиологиясы – өсүмдүктөрдүн органдарынын функциясы жөнүндөгү илим. Өсүмдүктөрдүн физиологиясы өсүмдүктөрдүн тиричилик процесстерин жана ал процесстердин жүрүшүн практикалык максатка ылайыкташтырып башкарууну изилдейт. Биология илимдеринин бул тармагы өсүмдүктөрдүн өсүү, гүлдөө, мөмө байлоо, запастык заттарды топтоо процесстерин, б.а., өсүмдүктөрдүн жашоосунун негизин түзгөн бардык шарттарды жана ал шарттардын өзгөрүүсүнүн себептерин изилдейт.

Өсүү, өөрчүү, көбөйүү – бул тирүү организмдерге мүнөздүү белгилер. Ал эми жашоо, тиричилик – организмде жүрүүчү физиологиялык процесстердин жыйындысы жана алардын натыйжасы.

Физиологиялык процесстерди айрым-айрым аткаруучу өсүмдүктөрдүн атайын органдары бар: тамыры – сууну кабыл алуучу жана топурак аркылуу азыктануу органы, жалбырагы – сууну буулантуучу жана аба аркылуу азыктануу (фотосинтез жүрүүчү) органы ж. б.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын изилдөө объектиси – тирүү өсүмдүктөрдүн, алардын органдарынын, ткандарынын, клеткаларынын, клетка компоненттеринин функциялары жана ошону менен бирге тиричилик процесстериндеги өзгөрүүлөрдүн себептери болуп саналат.

Тирүү организмде физиканын жана химиянын закондору өз маанилерин жоготушпайт. Бирок, жандуу жаратылыш жансыз жаратылыштан айырмаланып, жогорку деңгээлдеги иреттүүлүгү жана башкаруучулугу менен мүнөздөлөт. Иреттүүлүк организмдин структурасынан тартып анын тиричилик аракеттеринин майда структуралык компоненттерде жүрүүчү айрым реакцияларга чейин сакталат. Организм органдардан, органдар ткандардан, ткандар клеткалардан, клет-

калар цитоплазмада жайгашкан клетка компоненттеринен, алар белоктордон ж. б. татаал органикалык заттардан, булар мономерлерден, а мономерлер атомдордон турат.

Ушундай иреттүүлүк процесстердин жүрүшүндө да сакталат. Мисалы, дем алуу процесси аны түзүүчү көп сандаган реакциялардын биринин артынан бири ирети менен өткөндө гана иш жүзүнө ашырылат.

Организмдердеги процесстердин жүрүшү органдык, клеткалык (ядронун) жана молекулалык деңгээлде башкарылат. Бир орган экинчи органга таасирин тийгизет; клеткада жүрүүчү процесстер клетканын ядросу аркылуу башкарылат, бир химиялык зат экинчи химиялык заттын пайда болушуна же жок болуп кетишине таасирин тийгизет.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясындагы изилдөөлөр жашыл өсүмдүктөрдүн өзгөчөлүктөрү менен тыгыз байланышкан. Жашыл өсүмдүктөрдүн күндүн электромагниттик энергиясын жутуп алып, аны ар түрдүү органикалык заттардын химиялык энергиясына айландыруу жөндөмдүүлүгү аларды башка организмдерден айырмалоочу башкы өзгөчөлүктөрүнүн бири болуп саналат. Жашыл өсүмдүктөр органикалык эмес заттардан органикалык заттарды синтездеп, аларды энергия менен байытып, биздин планетада жашаган бардык тирүү организмдердин жашашы үчүн материалдык жана энергетикалык база түзүшөт. Бул жагынан жашыл өсүмдүктөр даяр органикалык азыктык заттар менен азыктанып гана жашай алуучу жаныбарлардан жана хлорофиллсиз өсүмдүктөрдөн, козу карындардан, бактериялардан айырмаланышат.

Жаныбарлардан айырмаланып, өсүмдүктөр үчүн жер алдындагы жана жер үстүндөгү органдарынын өтө бутактануусу мүнөздүү. Бутактануунун эсебинен өсүмдүктүн абадагы жана топурактагы азыктык заттарды соруп алуу бетинин аянты чоңоёт. Өсүмдүктүн бутактануусу анын жашоосунун башталышынан баштап акырына чейин такай жүрүп турат. Ошондуктан өсүмдүктүн организминде физиологиялык жактан активдүү жаш ткандар (меристема, өсүү точкасы) дайыма болот. Ал эми жаныбарлардын организминде өсүү процесс-

тери жаш кезинде гана жүрүп, өмүрүнүн белгилүү бир мезгилинен кийин токтолот.

Жашыл өсүмдүктөрдүн жаратылышта төмөнкүдөй мааниси бар.

1. Жашыл өсүмдүктөрдө жүрүүчү фотосинтез процессинде жыл сайын кургакта 100–170 млрд., океандарда 160 млрд. тоннага жакын биомасса түзүлөт. Бул органикалык заттардын 80% ке жакынын балырлар пайда кылат. Сууларда, океандарда жашаган микроскоптук жандыктардан тартып гиганттык жаныбарларга чейинки организмдердин бардыгы жашыл өсүмдүктөр түзгөн органикалык заттар менен азыктанып жашашат.

Кургакта өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын органикалык калдыктарынын топтолушунан гумус, чым көң жана таш көмүрлөр түзүлгөн. Океандардын, деңиздердин түбүндөгү органикалык калдыктардан гиганттык басымда, белгилүү температурада, микроорганизмдердин таасири менен газ, нефть пайда болгон.

2. Жашыл өсүмдүктөр жыл сайын фотосинтезде миллиарддаган тонна көмүр кычкыл газын жутуп алып жатса да анын атмосферадагы саны болжол менен өзгөрүүсүз (0,03%) калат. Анткени ал бардык тирүү организмдер дем алганда бөлүнүп чыккан, күйүүдө пайда болгон көмүр кычкыл газынын эсебинен толукталып турат. Күйүүдө жана организмдердин дем алуусунда атмосферадагы кычкылтек сарп кылынат. Анын ордун фотосинтезде бөлүнүп чыккан кычкылтек толуктайт. Ошентип, жашыл өсүмдүктөр атмосферада көмүр кычкыл газы менен кычкылтектин санынын тең салмактуулугун сактайт. Бирок, акыркы жылдарда күйүүнүн көбөйүшүнө, токойлордун көбүрөөк кыркылуусуна байланыштуу көмүр кычкыл газынын атмосферадагы саны жыл сайын 0,23% ке өсүп жатат. Бул жер шарынын температурасынын көтөрүлүшүнө алып келет.

3. Жердин бетине келип түшкөн күндүн жылуулугунун бир бөлүгү көмүр кычкыл газы аркылуу жутулуп алынып, температуранын жогорулашына алып келет. Бирок, фотосинтезде көмүр кычкыл газынын жутулуп алынышы бул коркунучтан сактайт.

4. Фотосинтезде бардык жандуу организмдердин дем алуусу үчүн зарыл болгон кычкылтек атмосферага бөлүнүп чыгат жана топтолот. Бир гектар токой жаз – жай айларында бир саатта 200 киши дем ала тургандай кычкылтек бөлүп чыгарат.

5. Фотосинтезде бөлүнүп чыккан кычкылтек 25 км бийиктиктеги атмосферада күндүн радиациясынын таасири астында озонго (O_3) айланып, озондук калканчты пайда кылат. Озон катмары тирүү организмдерди өлтүрүүчү ультрафиолеттик нурлардын көпчүлүк бөлүгүн жерге жеткирбей кармап калат. Атмосферанын булганышынан озондук калканчтын бузулушу – биосфераны коргоонун олуттуу проблемасы болуп саналат.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясын изилдөөнүн кыскача тарыхы

Ботаниканын өнүгүшүндө өсүмдүктөрдүн организминде жүрүүчү процесстер жөнүндө маалыматтардын топтолушу XVII–XVIII кылымдарда өсүмдүктөрдүн физиологиясынын өз алдынча биологиялык илим катары бөлүнүп чыгышына алып келген. Италиялык биолог жана врач М.Мальпиги «Өсүмдүктөрдүн анатомиясы» (1675–1679), англиялык ботаник С.Гейлс «Өсүмдүктөрдүн статикасы» (1727) деген эмгектеринде өсүмдүктөрдүн органдарынын жана ткандарынын түзүлүшүн сүрөттөп жазышып, өсүмдүктөрдө суунун жана азыктык заттардын төмөнтөн жогору карай жана жогорудан төмөн карай агышы жөнүндөгү, өсүмдүктөрдүн абадан азыктанышы жөнүндөгү ойлорду айтышкан.

1772–1782-жылдарда Д.Пристли, Я.Ингенхауз жана Ж.Сенебье жашыл өсүмдүктөрдүн жарыктын жардамы менен көмүртектик азыктануусун – фотосинтезди ачышкан. Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын өнүгүшүндө 1800-жыл өзгөчө мааниге ээ. Ушул жылы Ж.Сенебье өсүмдүктөрдүн физиологиясын өз алдынча илим деп таанып, анын негизги максаттарын, предметин жана колдонуучу методдорун аныктаган.

XIX кылымда фотосинтез (Ж.Б.Буссенго, Ю.Сакс, А.С.Фаминцын, К.А.Тимирязев, М.С. Цвет, М.Ненцкий,

А.Н.Бах), дем алуу (А.С.Фаминцын, И.П.Бородин, Л.Пастер, А.Н.Бах, Г.Э.Бертран), суу алмашуу (Г.Дютроше, Г.Де Фриз, Ю.Сакс), минералдык заттар менен азыктануу (Ю.Либих, Ж.Б.Буссенго, Г. Гельригель, И.Кноп, С.Н.Виноградский, М.В.Бейерник, Д.Н.Прянишников), заттардын ташылышы (В.Пфеффер, Е.Ф.Вотчал), өсүү жана өөрчүү (Ю.Сакс, А.С.Фаминцын, О.В.Баранецкий, А.Ф.Баталин, Н.Ф.Леваковский), өсүмдүктөрдүн туруктуулугу (Д.И.Ивановский, К.А.Тимирязев, Г.Момин), кыймылы (Т.Найт, Ю.Сакс, Ч.Дарвин, Ю.Визнер, В.А. Ротерт, В.Пфеффер) өсүмдүктөрдүн физиологиясынын негизги бөлүктөрү болуп аныкталган. Ч.Дарвиндин эмгектеринин негизинде эволюциялык физиология келип чыккан. Анын негизги максаты өсүмдүктөрдүн функциялык өзгөчөлүктөрүн чөйрөнүн шарттарына ыңгайланышуу жөндөмдүүлүгү менен айкалыштыруу жана дүйнөнүн биримдүүлүгүн далилдөө болгон.

Өнүгүшүнүн баштапкы этабында өсүмдүктөрдүн физиологиясы өсүмдүктөрдүн азыктанышы жөнүндөгү илим катары каралган. Өсүмдүктөрдүн азыктануусу жана тышкы чөйрөдөн кабыл алынган заттардын өсүмдүктүн денесин түзгөн кошулмаларга айлануу проблемалары физиологияда борбордук орунду ээлейт.

Минералдык жер семирткичтерди чачуунун жолдорун иштеп чыгуу дыйканчылыктын өөрчүшүнө чоң салым киргизген.

Башында өсүмдүктөрдүн топурак аркылуу азыктанышы жөнүндөгү илим болуп эсептелген өсүмдүктөрдүн физиологиясы кийин фотосинтез, материянын жана энергиянын сакталуу закондору ачылгандан кийин аба аркылуу азыктанууну, жашыл өсүмдүктөрдө энергиянын айлануусун, күндүн жарыгынын маанисин изилдөөнү максат кылып койгон.

XX кылымдын биринчи жарымында физиологиянын башкы максаты дем алуунун (В.И.Палладин, Г.Виланд, С.П.Костычев, О.Варбург, Д.Кейлин, Г.Кребс ж.б.), фотосинтездин (Р.Вильштеттер, К.Хилл, М.Кальвин, Д.И.Арнон ж.б.) биохимиялык механизмин, өсүмдүк клеткасынын физиологиясын, экологиялык физиологияны изилдөө болгон. Агрохимия жана микробиология өз алдынча бөлүнүп чыккан.

Өсүмдүктөрдүн өсүүсүн жана өөрчүшүн жөнгө салуучулардын – фитогормондордун ачылышы (Д.Н.Нелюбов, Н.Г.Холодный, Ф.Вент, Ф.Скуг, Т.Ябута, И.Д.Куросава ж.б.) бул мезгилдеги чоң жетишкендиктерден болгон.

XX кылымдын экинчи жарымында тиричилик процесстерин тереңирээк изилдөө үчүн илимдин бир тармагы жетишсиз болгондуктан, илимдердин синтези жүрүп, өсүмдүктөрдүн физиологиясы биохимия, молекулалык биология, биофизика, цитология, анатомия, генетика, биологиялык моделдөө ж.б. менен бириге баштаган. Ушулардын негизинде физиологиялык процесстер субклеткалык, молекулалык деңгээлде изилденип, процесстердин жөнгө салынуу механизмине жана организмдин бир бүтүндүгүнүн сакталуу механизмдерине болгон окумуштуулардын кызыгуулары арткан. Тукум куучулук белгилердин берилүү механизмин, мембраналардын маанисин изилдөө тез өнүгө баштаган. Физиологиядагы мындай жетишкендиктерде клетканы, ткандарды жана органдарды жасалма чөйрөдө өстүрүү методун, өндүрүштүк-биотехнологияны колдонуу чоң роль ойноду. Селекцияда, клоналдык микрокөбөйүүдө, вирустук оорулардан таза өсүмдүктөрдү алууда бул методдордун практикалык мааниси чоң. Айыл чарбасында минералдык азыктануунун, суу алмашуунун теориялары, өсүмдүктүн өсүүсүн жөнгө салуучулар, гербициддер ж.б. ийгиликтүү колдонула баштады.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын мааниси жана анын проблемалары

Өсүмдүктөрдүн тиричилик процесстеринин жүрүшү айлана-чөйрөнүн шарттарына жараша боло тургандыгын ачып, өсүмдүктөрдүн физиологиясы айыл чарба өсүмдүктөрүнүн сапатын, түшүмдүүлүгүн жогорулатуу үчүн жүргүзүлүүчү иш аракеттердин теориялык негизин түзөт. Физиологиялык изилдөөлөр айыл чарба өсүмдүктөрүн зоналар боюнча жайгаштыруунун илимий базасы болуп саналат.

Организмдеги тиричилик процесстеринин жүрүшүн башкарып, аны адамдын кызыкчылыгына жараша өзгөртүү айыл

чарба илимдеринин башкы максаты болгондуктан өсүмдүктөрдүн физиологиясы агрономиялык илимдин негизи болуп саналат. Өсүмдүктөрдүн физиологиясындагы ар бир ачылыш дыйканчылыктагы жаңы жетишкендикке алып келет. Тескерисинче, дыйканчылыктагы ар бир проблеманы чечүү өсүмдүктөрдүн физиологиясынын өнүгүшүнүн стимулу болот.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясы менен агрохимия өтө тыгыз байланышта. Өсүмдүктөрдүн топурак аркылуу азыктануусун изилдөө жер семирткичтерди изилдөө менен байланышта жүргүзүлгөндүктөн көпчүлүк учурда агрохимиктер физиологиялык маселелерди, а физиологдор жер семирткичтерди колдонуу маселелерин чечүүдө катышышат.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын талаачылык үчүн да чоң мааниси бар. Талаачылыкта жүргүзүлгөн иш аракеттердин бардыгы жогорку түшүм алыш үчүн жакшы ыңгайлуу шарттарды түзүү максатында жүргүзүлөт. Мисалы, өсүмдүктүн тамыры үчүн керектүү абанын жана суунун болушу үчүн топурактын нормалдуу структурасы сакталат, отоо чөптөрдөн тазартат, саздуу жерлерди кургатат, кургак жерлерди сугарат ж.б.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясы селекция менен да тыгыз байланышта. Айыл чарба өсүмдүктөрүнүн сапаттуулугун жана продуктуулугун жогорулатыш үчүн алардын жаңы сортторун чыгарып тандап алышат. Сортторду тандап алууда алардын физиологиялык касиеттерин, кургакка, суукка, ысыкка, ооруларга туруктуулугун билүү зарыл. Ошондуктан бардык селекциялык мекемелерде физиологиялык лабораториялар бар.

Физиологиялык илим өсүмдүктөрдү адамдын кызыкчылыгына жараша өзгөртүү үчүн да колдонулат. Мисалы, өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн башталышын, гүл ачышын тездетүү же тескерисинче токтотуу, мөмөлөрдүн бышышын, калемчелердин тамырлашын тездетүү, уруксуз мөмөлөрдү алуу, яровизация жолдорун колдонуп өсүмдүктөрдүн вегетациялык мөөнөтүн кыскартуу, теримдин алдында пахтанын жалбырагын түшүрүү ж.б.

Физиологиянын жана биохимиянын мындан ары дагы өнүгүшү жана алардын айыл чарба илимдери менен байла-

нышынын чыңдалышы айыл чарба өсүмдүктөрүнүн продуктуулугунун жана дыйканчылыктын деңгээлинин көтөрүлүшүнө алып келет.

Өсүмдүктөрдүн физиологиясы өндүрүштүк биотехнологиянын да теориялык негизи болуп саналат.

Азыркы кезде өсүмдүктөрдүн физиологиясынын теориялык жана практикалык мааниси бар бир канча маселелери бар.

Организмде өтүүчү физиологиялык процесстер татаал процесстер болушуп, клеткада жана клеткалык органоиддерде жүрүүчү бир нече химиялык жана биохимиялык процесстерден жана алардын системаларынан турат. Ошондуктан өсүмдүктөрдүн физиологиясынын бирден бир маселелеринин бири – организмдердин тиричилик аракеттерин клеткалык жана субклеткалык, молекулалык деңгээлде изилдөө болуп саналат.

Организмде жүрүүчү химиялык жана биохимиялык процесстер организмдин өзүндө синтезделинип, химиялык реакцияларды тездетүүчү, салыштырмалуу жумшак (биологиялык) шартта аракеттенүүчү биологиялык катализаторлордун – ферменттердин катышуусу менен жүрөт. Клеткадагы ферменттердин ж.б. биологиялык активдүү заттардын аракеттерин молекулалык негизде аныктоо клетканын тиричилиги үчүн керектүү энергиянын биологиялык системаларда бир түрдөн экинчи түргө өтүшүнүн механизмин туура түшүнүүгө мүмкүнчүлүк берет. Бирок, физиологиялык процесстерди клеткалык, молекулалык деңгээлде изилдөө менен физиолог максатына жетпейт. Физиологиялык изилдөөлөрдүн негизги максаты организмдеги зат алмашуу процесстерин башкаруу жолдорун, өсүмдүктөрдүн өсүүсүн, өөрчүшүн жана түшүмдүүлүгүн башкаруунун методдорун табуу болуп саналат.

Физиологиялык процесстерди изилдөөдө процесстердин моделдеринин мааниси чоң. Ошондуктан өсүмдүктөрдүн физиологиясынын маселелеринин бири – бул биологиялык жаңы моделдерди табуу. Биологиялык моделдер минералдык заттардын жана суунун жутулушун жана жылышын, күндүн энергиясын пайдалануу, өсүүнү, кыймылды ж.б. организмдин көп функцияларын башкарууга мүмкүндүк берет.

Организмдин функцияларынын тирүү протоплазмадан, организмден тышкары аткарылышына жетишүү – физиологиянын негизги максаттарынын бири. Бул проблема биринчи иретте фотосинтез менен байланышкан. Фотосинтезди жашыл жалбырактан тышкары жасалма жол менен жүргүзүүгө жетишүү – коомдун материалдык өнүгүшүнүн жаңы этабы болот.

Жогорку түшүмдүү, ооруларга жана зыянкечтерге туруктуу өсүмдүктөрдүн жаңы формаларын түзүү, тамыры жана аба аркылуу азыктануунун теориялык негиздерин, акклиматизациянын теориясын иштеп чыгуу, организмде органдардын байланыштарын, ар түрдүү өсүмдүктөрдүн өз ара байланыштарын аныктоо азыркы кездеги өсүмдүктөрдүн физиологиясынын чечүүчү маселелери болуп саналат.

Азыркы кездеги өсүмдүктөрдүн физиологиясынын маселелерин жалпысынан үч топко бөлүүгө болот:

1) өсүмдүктөрдүн тиричилик аракеттеринин (азыктануу, өсүү, өрчүү, кыймылдоо механизмдери) закон ченемдүүлүктөрүн изилдөө;

2) айыл чарба өсүмдүктөрүнүн түшүмдүүлүгүн жогорулатуунун теориялык негиздерин иштеп чыгуу;

3) фотосинтезди жасалма шартта жүргүзүү үчүн куралдарды түзүү.

Биринчи группадагы маселелердин максаты физиологиялык процесстер жөнүндө, организмдин функциялары жөнүндө маалымат алуу.

Экинчи группадагы маселелердин максаты организмдин тиричилик аракеттерин тереңирээк изилдеп, өсүмдүктөрдүн жогорку түшүмүн алуунун жаңы жолдорун табуу.

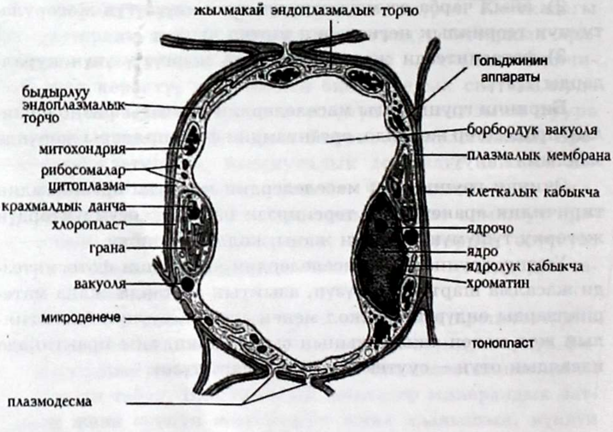
Үчүнчү группадагы маселелердин чечилиши фотосинтезди жасалма шартта жүргүзүп, азыктык заттарды жана материалдарды өндүрүштүк жол менен алууга, суунун биологиялык жол менен ажырашынын сырын таап, аны практикада идеалдык отун – суутекти алууга шарт түзөт.

1. ӨСҮМДҮКТҮН ОРГАНИЗМИНИН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ФУНКЦИЯЛАРЫ

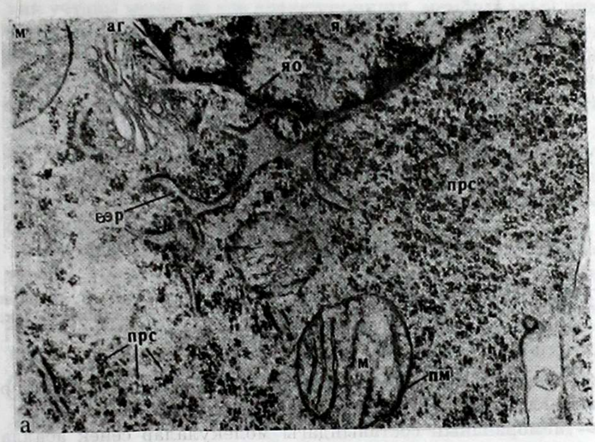
1.1. Өсүмдүктөрдүн клеткасынын түзүлүшү

Өсүмдүктүн клеткасы – эукариоттук клетка. Ал бир же бир нече ядрочолуу ядродон жана цитоплазмадан турат. Цитоплазмада эндоплазмалык торчо, Гольджинин аппараты, митохондриялар, рибосомалар, пластидалар, микротүтүкчөлөр ж.б. жайгашкан (1–2-сүрөттөр). Плазмалык мембрана жана анын сыртынан клеткалык кабыкча менен капталган.

Өсүмдүк клеткасы башка эукариоттук организмдердин клеткаларынан бир канча өзгөчөлүктөрү менен айырмаланат:



1-сүрөт. Өсүмдүктүн жалбырагынын клеткасынын түзүлүшү.



2-сүрөт. Электрондук микроскопто клетканын участогунун көрүнүшү. я – ядро; яо – ядролук кабыкча; м – митохондрия; аг – Гольджи аппараты; пм – плазмалык мембрана; прс – полирибосома; г – гликогендин бүртүкчөлөрү; БЭР – бодурлуу эндоплазмалык торчо.

1) аларда пластидалар системасы жакшы өөрчүгөн (хлоропласттары бар). Ошондуктан фототрофтук жол менен азыктанышат;

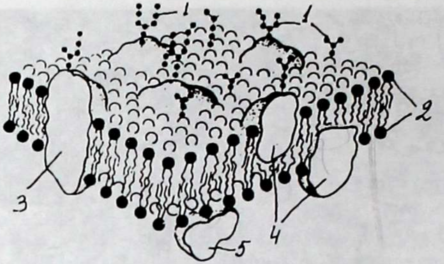
2) плазмалык мембрананын сыртынан полисахариддик калың кабыкча менен капталган;

3) өсүмдүк клеткасында вакуолдук система жакшы өөрчүгөн. Клетканын тургордук абалы вакуолдордун клеткалык ширесинде эриген заттардын концентрациясына байланыштуу болот;

4) жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн клеткаларында центриолу болбойт. Клетканын бөлүнүшү центриолдун катышуусуз жүрөт;

5) клеткалар өз ара плазмодесмалардын жардамы менен байланышат.

Плазмалык мембрананын негизин липиддердин молекулаларынын эки катмары түзөт. Мембранадагы липиддердин молекулаларынын гидрофобдук учтары бири-бирине карап

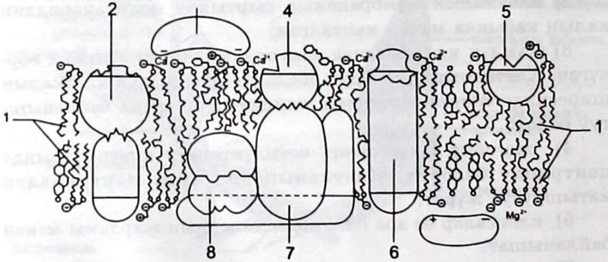


3-сүрөт. Плазмалык мембрананын көлөмдүү модели. 1- углеводдун молекулалары; 2 - липиддин молекулалары; 3 - туташ жайгашкан белок; 4 - үстүңкү жана ички катмардагы белоктор; 5 - четки белок.

жайгашкан. Плазмалемманын сырткы бетинде стериндер жана гликолипиддер көбүрөөк жайгашкан (3–4-сүрөттөр).

Мембрананын составындагы молекулалар сенек абалда эмес. Алар тынымсыз кыймылда болушуп орундарын такай өзгөртүп турушат.

Мембрананын липиддик катмарында адистештирилген протеиндик комплекстер жайгашкан. Липопротеиндер липиддик чөйрөгө матырылып, гидрофобдук байланыш аркылуу кармалып турат. Четки белоктор липиддердин гидрофил-



4-сүрөт. Плазмалык мембрананын түзүлүшү.
1-липиддик чөйрө; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8-мембраналык белоктор – тейлөөчү, ташуучу, ферменттик, структуралык, 6-иондук канал.

дик учтары менен өз ара аракеттенишип, мембрананын ички жана тышкы беттерине электростатикалык байланыштын жардамы менен кармалып турат. Мембрананы түзүүчү компоненттер бири-бири менен липид-липид, белок-белок сыяктуу байланыштардын жардамы менен байланышкан. Мембраналардын калыңдыгы 6–10 нм ден ашпайт.

Мембрананын составындагы белоктор ферменттик, соруучу, ташуучу, жөнгө салуучу ж.б. функцияларды аткарат. Ошондой эле алар иондук тешиктерди жана мембрананын структурасын түзөт (4-сүрөт).

Мембранадагы белоктордун абалы фосфолипиддердин составына, абалына, мембрананын электростатикалык зарядынын чоңдугуна байланыштуу болот. Мембрананын функциялык активдүүлүгү андагы белоктордун бирде мембрананын үстүңкү четине чыгып, бирде ички катмарына кирип кетип, активдүү кыймылда болуп турушуна байланыштуу болот.

Мембраналардын структуралык өзгөчө түзүлүшү алардын өтө ар түрдүү функцияларды аткаруусуна мүмкүнчүлүк түзөт. Мембраналар коргоо, ташуучу, соруу, электр өткөргүчтүк, бөлүп чыгаруу, тамак сиңирүү, рецептордук, жөнгө салуу ж.б. функцияларды аткарышат. Башында мембрана клетканы тышкы чөйрөнүн таасирлеринен коргоо функциясын гана аткарса, кийин эволюциянын жүрүшүндө клетканын ичинде ар бири өз алдынча атайын функция аткарган, бири-биринен мембраналар аркылуу ажыратылган көп түрдүү көңдөйчөлөр (органоиддер) пайда болуп, аткарган функциясынын саны көбөйүп, татаалдашкан.

Тирүү клетканын плазмалык мембранасы аркылуу заттар пассивдүү (электрдик, химиялык градиент боюнча) жана активдүү (энергияны сарптоо менен электрдик, химиялык градиентке каршы) жол менен ташылып өтөт. Заттардын мембрана аркылуу пассивдүү өтүшү төмөнкү жолдор менен ишке ашат:

1) липидде эрүүчү заттар фосфолипид аркылуу өтөт;

2) мембранадагы липиддердин арасындагы бош аралыктар (тешиктер) аркылуу осмостук, диффузиялык жол менен өтөт;

3) өткөргүч белоктордун жардамы менен пайда болгон каналчалар аркылуу (калийдик, натрийдик каналдар).

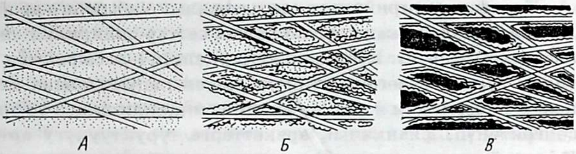
Заттардын активдүү ташылышы АТФаза ферментинин жардамы аркылуу АТФдин энергиясын жумшоо менен ишке ашат. Активдүү ташылууда K^+, Na^+ – АТФаза, H^+ – АТФаза, Ca^{2+} – АТФаза, аниондук АТФаза ферменттери катышат. Бул процессте НАДН, НАДФН ж.б. кычкылдандыруучу кошулмалардын энергиялары да катышат. АТФди же НАДФНты пайдалануу менен H^+тын ташылышы H^+ – жутулуу же протондук помпа деп аталат.

Өсүмдүктөрдүн тиричилигинде мембранадагы протондук помпа, жаныбарлардагы Na^+ – помпа сыяктуу, чоң роль ойнойт. Ал клетканын pH чөйрөсүн туруктуу кармоодо, мембрананын потенциалын түзүүдө, энергияны сактоодо, заттардын ташылып өтүшүндө, тамыр аркылуу минералдык туздардын жутулуп киргүүсүндө, өсүүдө жана кыймыл-аракеттерде катышат. H^+ помпа активдештирилгенде мембрананын H^+ иондорунун электрохимиялык потенциалы өсөт. Электрдик потенциалдын жардамы менен катиондор (K^+, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Ca^{2+} ж.б.) клеткага ташылып кирет. Аниондордун, канттын, аминокислоталардын H^+ иондорунун жардамы менен клеткага өтүшү да протондук помпага негизделген.

Заттардын активдүү ташылышы мембранадагы активдүү өткөрүүчүлөрдүн (белок, H^+ иону) жардамы менен да ишке ашат.

Энергияны топтоо жана анын айланыштарында катышуу – мембраналардын башкы функцияларынын бири. Жашыл өсүмдүктөрдүн хлоропласттарында жарыктын энергиясы НАДНтын жана АТФдин, канттын, органикалык кислоталардын, аминокислоталардын химиялык байланыштарынын энергиясына айландырылат. Бул химиялык заттар цитоплазмада, митохондрияларда кычкылданганда ал энергия бошоп чыгып, клетканын тиричилик аракеттерине жумшалат.

Мембрана рецептордук – сезүү функцияны да аткарат. Мембрананын составында физикалык жана химиялык факторлорду сезгич хемо-, фото-, механорецептордук белоктор бар. Бул белоктук рецепторлор тышкы жана ички чөйрөдөн келген сигналдарды кабыл алышып, өзгөрүлгөн шартка жооп катарында клетка ыңгайланышып өзгөрөт.



5-сүрөт. Клеткалык кабыкчанын өзгөрүшү: А - целлюлозалык жипчелер түзгөн каркастан жана алардын арасында жайгашкан матрикстен турган клеткалык кабыкча. Б - матрикске лигнин, суберин, кутин сиңирилип кабыкча катууланат, В - фенол жана минералдык заттардын сиңирилиши катуу морттук касиетти берет.

Клеткалык кабыкча өсүмдүктүн клеткасынын плазмалык мембранасынын сыртында жайгашкан полисахаридден турган катуу катмар. Клеткалык кабыкча биринчилик жана экинчилик кабыкчалардан турат. Биринчилик кабыкча клетка бөлүнүп жаңы пайда болгондо Гольджи аппаратынын жардамы менен түзүлөт. Клетканын өсүүсү токтогондон кийин биринчилик клеткалык кабыкчанын астында цитоплазмадан ташылып келген заттардан экинчилик кабыкча түзүлөт.

Клеткалык кабыкча целлюлозанын жана гемицеллюлозанын жиптеринен турат. Алардын арасында пектиндик заттар, белоктор жайгашкан (5–6-сүрөттөр).

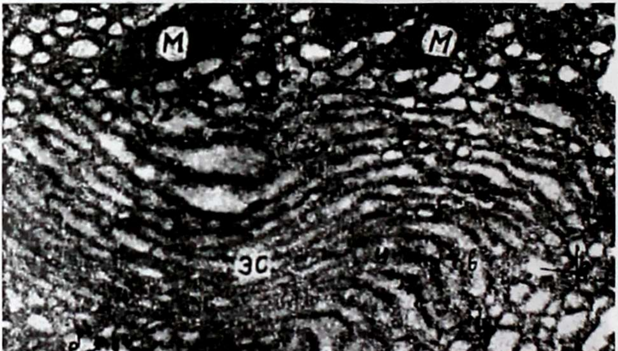
6-сүрөт. Клеткалык кабыкчанын электрондук микроскоптон алынган сүрөтү. ко – клеткалык кабыкча; пм – плазмалык мембрана; пд – плазмодесма; м – митохондрия; эр – бырдырлуу эндоплазмалык торчо; рс – рибосомалар.

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ
КИТЕПКАНА

Клетканын тиричилигинде клеткалык кабыкчага ар кандай минералдык жана органикалык заттар сиңирилип анын касиетин өзгөртөт. Кутиндин сиңирилиши жалбырактын бетинин суу өткөрбөгөн кутикула менен капталышына алып келет. Субериндин жана лигниндин сиңирилишинен өсүмдүк сөңгөктөнүп, физикалык аракеттерге туруктуулугу артат. Кремний кислотасы дан өсүмдүктөрүнүн сабагына катуу морттук касиет берет.

Клеткалык кабыкчада тешиктер бар. Алар плазмодесма деп аталат. Плазмодесмалар аркылуу коңшу клеткалардын цитоплазмалары байланышат.

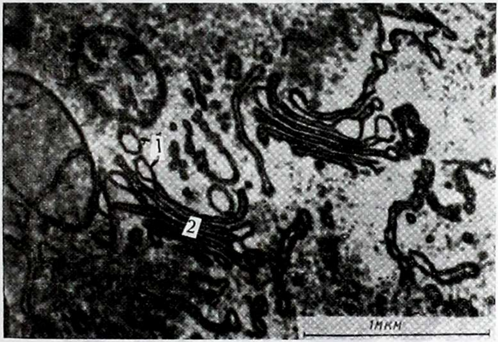
Эндоплазмалык торчо сыртынан калыңдыгы 5–6 нм мембрана менен капталган каналчалардын, көңдөйчөлөрдүн жана көбүкчөлөрдүн системасынан турат (7-сүрөт). Быдырлуу жана жылмакай эндоплазмалык торчо деген эки түрү бар. Быдырлуу эндоплазмалык торчонун мембранасынын үстүндө рибосомалар жайгашып, быдырлуу түр берет. Анда белоктор синтезделет. Жылмакай эндоплазмалык торчонун үстүндө рибосомалар жок. Анда углеводдор жана липиддер синтезделет. Синтезделген



7-сүрөт. Электрондук микроскопто клетканын участогунун көрүнүшү. (30000–35000 эсе чоңойтулган): м – митохондрия; эс – эндоплазмалык торчо; ц – цистерна; вс, в – вакуолдор; р – рибосома.

продуктулар каналчаларда жана көңдөйчөлөргө топтолот. Андан кийин клетканын башка органоиддерине ташылат.

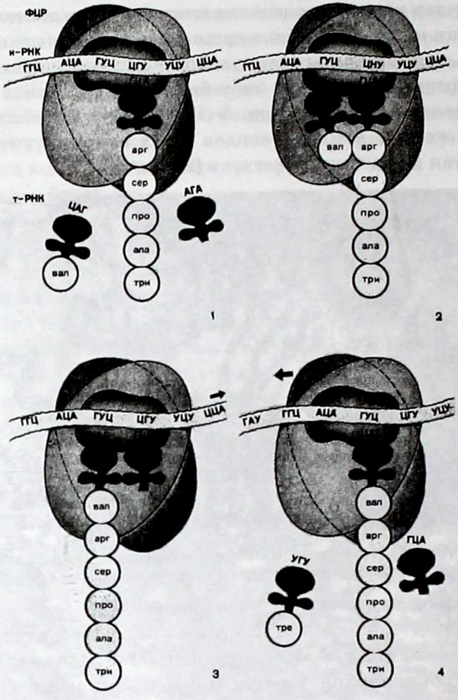
Гольджи аппараты өсүмдүктөрдүн клеткасында орок же таякча формада болот. Ал бири-биринен калыңдыгы 7–8 нм мембраналар менен бөлүнгөн, 5–10дон болуп топтошуп жайгашкан жалпак көңдөйчөлөрдөн жана алардын учтарында орун алган көбүкчөлөрдөн турат (8-сүрөт).



8-сүрөт. Гольджи аппаратынын электрондук микроскоптон алынган сүрөтү. 1-вакуолдор (ыйлаакчалар), 2-цистерна.

Гольджи аппаратынын көңдөйчөлөрүндө эндоплазмалык торчодо синтезделген жана сырткы чөйрөдөн жутулуп келген заттар сакталат. Ал заттарды кармаган көбүкчөлөр жалпак көңдөйчөлөрдөн үзүлүп чыгып клетканын керектүү бөлүктөрүнө ташыйт же клеткадан бөлүнүп чыгарылат. Бул органоид клетканын кабыкчасынын жана мембранасынын пайда болушунда жана алардын өсүүсүндө катышат. Ичинде гидролиздик ферменттер кармалган лизосомалар да Гольджи аппаратынан пайда болот.

Рибосомалар ядронун ядрочосунда рибосомалдык РНК жана белоктон пайда болуп, ядронун кабыкчасындагы тешиктер аркылуу цитоплазмага өтүп, белок синтездөөчү жайга айланат. Цитоплазмада эндоплазмалык торчонун мембранасынын үстүндө байланышкан абалда жана эркин жайгашат.

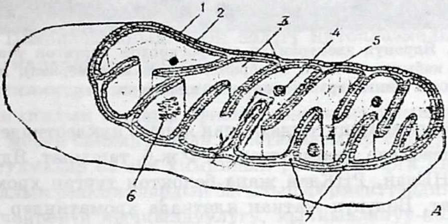


9-сүрөт. Рибосомаларда белоктун синтезделиши.

Рибосома аркылуу информациялык РНК өткөндө андагы маалымат боюнча аминокислоталардан белоктордун молекуласы синтезделет (9-сүрөт).

Митохондриялар тегерек, сүйрү формадагы, диаметри 0,4–0,5 мкм, узундугу 1–5 мкм болгон майда денечелер. Бир клеткадагы митохондриялардын саны клетканын жашына жана активдүүлүгүнө байланыштуу 10–2000ге чейин жетет. Сыртынан эки мембрана менен капталган. Тышкы мембрана жыл-

макай. Ички мембрана кристтер деп аталган ар түрдүү формадагы өсүндүлөрдү пайда кылат. Ал өсүндүлөрдөн түзүлгөн бырыштардын эсебинен митохондрияда дем алуунун ферменттик реакциялары жүрүүчү беттин аянты чоңоёт. Бырыштардын ички бетинде жайгашкан тоголок бүртүкчөлөрдө (F – бүртүкчөлөрдө) дем алуунун реакцияларын активдештирүүчү ферменттер кармалат (10-сүрөт).

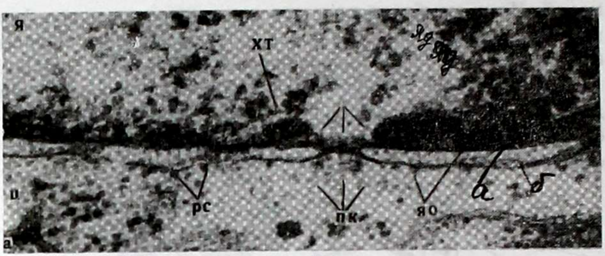


10-сүрөт. Митохондриянын структуралык түзүлүшүнүн схемасы: 1 - тышкы мембрана; 2 - ички мембрана; 3-митохондриялык матрикс; 4 - бүртүкчөлөр; 5 - кристтер; 6 - F–бөлүкчөлөр; 7 - тышкы мейкиндик.

Митохондриянын ичинде ДНК, РНК, рибосомалар кармалып, керектүү белоктордун бир бөлүгү органоиддин өзүндө синтезделет. Ошондуктан ал жарым автономдуу органоид болуп эсептелет. Бөлүнүү жолу менен көбөйөт.

Митохондрияда дем алуунун жана кычкылдык фосфорлоштуруунун реакциялары жүрүп, АТФ синтезделип, клетка энергия менен жабдылат. Ошондуктан митохондрияны клетканын энергетикалык станциясы деп аташат.

Ядро. Өсүмдүктүн ядросу диаметри орточо 10 мкм болуп тегерек, сүйрүчө формада. Сыртынан ички жана тышкы эки мембранадан турган ядролук кабыкча менен капталган. Кабыкчада диаметри 10–20 нм тешиктер бар (11-сүрөт). Ал тешиктер аркылуу ядродон цитоплазмага нуклеин кислотала-



11-сүрөт. Ядронун электрондук микроскоптон көрүнгөн участогу. яо-ядролук кабыкча (а-ички мембрана, б-тышкы мембрана); пк-ядролук кабыкчадагы тешиктер; хт-хроматин; яд-ядрочо.

ры, рибосомалар цитоплазмадан ядрого нуклеотиддер, белоктор, углеводдор, ферменттер АТФ ж.б. ташылат. Ядродо составы ДНКдан, РНКдан жана белоктон турган хроматиндер кармалат. Бөлүнүп жаткан клеткада хроматиндер хромосома болуп түзүлүшөт. Хромосомалардын саны өсүмдүктүн ар бир түрү үчүн туруктуу. Ядродо ДНК жана РНК молекулаларынын синтезделиши үчүн керектүү нуклеотиддер, ферменттер, белоктор бар.

Ядрочо ядронун ДНКсынын ядрочону түзүүчү деген бөлүгүндө түзүлөт. Ядрочодо рибосомалык РНК синтезделип, рибосома пайда болот.

Ядродо клетканын тукум куучулук маалыматы сакталып, ДНКнын эки эселениши, РНКнын түрлөрүнүн синтезделиши жүрөт. Цитоплазма менен бирдикте ядро клетканын тиричилик процесстерин жөнгө салат.

1.2. Протоплазманын физикалык, химиялык касиеттери

Клетканын ичи протоплазма менен толгон. Клетка тирүү организмдердин элементардык бирдиги болгондуктан тиричилик да клеткадан башталат. Көп жылдар бою окумуштуулар клетканын протоплазмасынан тиричиликти алып жүрүүчү атайын затты издеп келишкен. Окумуштуулардын кийинки

кездеги жүргүзгөн изилдөөлөрү тиричилик (жашоо) клеткадагы бир гана сыйкырдуу затта кармалбастан, ал жалпы клетканын жана анын протоплазмасынын составынан, структурасынан, физикалык жана химиялык касиеттеринен түзүлөрүн аныктады. Эгерде клетканын составынан бир эле зат кемисе, же структуралык бир компоненти жок болсо, анда ал клетканын жашоосу бузулуп, токтолот.

Протоплазма цитоплазмадан жана ядродон турат. Цитоплазмада клетканын органоиддери (эндоплазмалык торчо, митохондрия, Гольджинин аппараты, пластидалар ж.б.) жайгашкан. Цитоплазманын суюк бөлүгү цитоплазмалык матрикс же **гиалоплазма** деп аталат.

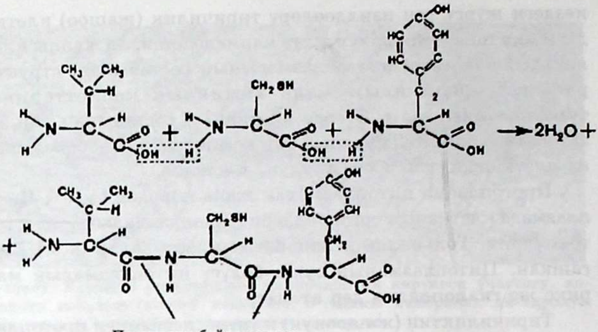
Тиричиликтин (жашоонун) жүрүшү негизинен протоплазманын химиялык составы, физикалык жана химиялык касиеттери менен байланышкан. Клеткадагы ар түрдүү химиялык кошулмалар өз ара химиялык реакцияларга киришет. Ал химиялык реакциялардын багытын ферменттердин активдүүлүгү, чөйрөнүн кычкылдуулугу, кычкылдануу-калыбына келүү потенциалынын чоңдугу, протоплазманын коллоиддик касиети, органикалык эмес туздардын составы, протоплазманын электр заряддары ж.б. аныктайт.

Өзгөчөлүктөрүнө жараша ар бир өсүмдүк химиялык составы боюнча бири-биринен айырмаланышат. Бирок, бардык өсүмдүктөрдө кездешүүчү негизги заттар да бар.

Жашыл өсүмдүктөрдүн протоплазмасында орточо 75–80% суу, кургак массасында 60–63% белок, 20–21% липиддер жана 6% ке жакын органикалык эмес заттар кармалат.

Клеткада тиричилик процесстеринин нормалдуу жүрүшү үчүн суунун чоң мааниси бар. **Суу** клетканын тургордук абалын сактайт, организмдин температурасынын тез өзгөрүүсүнөн сактайт, клеткадагы химиялык реакцияларга (фотосинтез, гидролиз) катышат, суу көпчүлүк заттар үчүн эриткич болгондуктан алардын эритме түрүндө клеткада жылышына шарт түзөт.

Белоктор клеткадагы органикалык заттардын ичинен саны менен мааниси боюнча биринчи орунда турат. Белоктор татаал түзүлүштөгү полимердик кошулмалар. Алардын моно-



Амин кислоталарынын полипептиддик тизмекке биригиши.

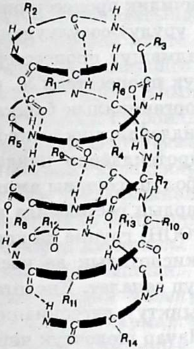
мерлери – аминокислоталар бири-бири менен пептиддик байланыштын жардамы менен байланышып полипептидди түзүшөт. Бир амин кислотасынын амин тобунан суутектин атому экинчи амин кислотасындагы карбоксилдик топтун OH^- иону кошулуп суунун молекуласы пайда болуп, бөлүнүп чыгат да бошогон валенттүүлүктүн эсебинен амин кислоталарынын калдыктары байланышат. Бул байланыш пептиддик байланыш деп аталат.

Белоктор биринчилик, экинчилик, үчүнчүлүк жана төртүнчүлүк структурада кездешет. Белоктун молекуласында амин кислоталарынын ырааттуулугу жипче формада жайгашып белоктун биринчилик структурасын түзөт. Полипептиддик тизмек спираль болуп оролуп белоктун экинчилик структурасы пайда болот. Полипептиддик спираль андан кийин да түйдөктөлүп оролуп, үчүнчүлүк структура түзүлөт. Үчүнчүлүк структурадагы бир нече полипептиддик чынжырчалар биригип төртүнчүлүк структураны – глобуладай форманы пайда кылат (12-сүрөт).

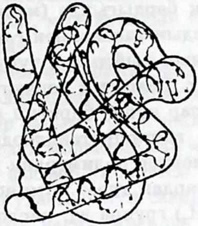
Белоктор клеткада эң маанилүү жана ар түрдүү функцияны аткарат. Алар курулуш функциясын аткарышат. Клеткалардын мембраналары, органоиддери белоктон турат.

лиз—глу—тре—ала—ала—ала—лиз—
фен—глу—арг—глн—гис—мет—асп—
сер—сер—тре—сер—ала—ала—сер—
сер—сер—асн—тир—цис—асн—глу—
мет—мет—лиз—сер—арг—асн—лей—
тре—лиз—асп—арг—цис—лиз—про—
вал—асн—тре—фен—вал—гис—глу—
сер—лей—ала—асп—вал—глн—ала—
вал—цис—сер—глн—лиз—асн—вал—
ала—цис—лиз—асн—гли—глн—тре—
асн—цис—три—глн—сер—три—сер—
тре—мет—сер—иле—тре—асп—цис—
арг—глу—тре—гли—сер—сер—лиз—
тир—про—асн—цис—ала—тир—лиз—
тре—тре—глн—ала—асн—лиз—гис—
тре—тре—глн—ала—асн—лиз—гис—
иле—иле—вал—ала—цис—глу—гли—
асн—про—тир—вал—про—вал—гис—
фен—асп—ала—сер—вал

Биринчилик структура — рибонуклеаза белогунун амин кислоталарынын ырааттуулугу (124 амин кислоталык муун)



Экинчилик структура — полипептиддик чынжырча спираль түрүндө оролгон.



Миоглобин белогунун үчүнчүлүк структурасы. Кызыл түс менен молекуланын кычкылтекти байланыштырган участогу белгиленген.

Төртүнчүлүк структура — бир нече полипептиддик чынжырчалар биригип турат.

12-сүрөт. Белоктун структуралык түзүлүшүнүн деңгээлдери.

Белоктордун катализдик функциясынын эң чоң мааниси бар. Анча чоң эмес температурада клеткада химиялык реакциялар өтө тез ылдамдыкта жүрөт. Бул болсо клеткада ферменттердин болушу менен байланыштуу, ферменттер клет-

кадагы реакцияны жүз, миллион эсе ылдамдатат. Ферменттер структурасы боюнча – белоктор.

Белокторго кыймылдатуучу функция да мүнөздүү. Белоктор ошондой эле ташуучу функцияны да аткарат. Алар ар түрдүү заттарды кошуп алып, аларды клетканын бир бөлүгүнөн экинчи жерине алып барат. Белоктор нуклеин кислоталары менен байланышта болуп тукум куучулук маалыматтын сакталышында жана ал маалыматтардын тукумга берилишинде катышат.

Белок клетканын бардык структуралык элементтеринин составына кирип, клетканын тиричилик процесстеринин дээрлик бардыгында (механикалык урулуу-согулуудан, уу заттардын таасиринен сактоо, зат алмашуу процесстери, клетканын кыймылы, тукум куучулук процесстери ж. б.) катышат. Белоктун көпчүлүк бөлүгү органикалык башка кошулмалар менен биригип липопротеиддерди, нуклеопротеиддерди, гликопротеиддерди, хромопротеиддерди пайда кылат. Белоктор полимердик кошулма болуп, составы аминокислоталардан турат. Аминокислоталардын составында негиздик (NH_2) группа да, кислоталык (-COOH) группа да кармалгандыктан белоктор негиздик да, кислоталык да касиетке ээ болгон амфотердик кошулма болуп саналат. Кислоталык начар эритмеде белок щелочтор сыяктуу диссоциацияланып, начар негиздин ролун аткарат. Начар щелочтук чөйрөдө белоктун молекуласы терс зарядга ээ болуп начар кислоталык касиетке ээ болот. Туз кислотасынын начар эритмесинде аминокислота төмөндөгүдөй диссоциацияланат:

$$R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH + HCl \rightarrow R - CH(NH_3Cl)\text{-}COOH$$
$$RCH(NH_3Cl)\text{-}COOH \rightarrow R\text{-}CH(NH_3)^{+}\text{-}COOH + Cl^{-}$$

NaOHтын начар эритмесинде:

$$R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH + NaOH \rightarrow R - CH(NH_2)\text{-}COONa + H_2O$$
$$R\text{-}CH(NH_2)\text{-}COONa \rightarrow Na^{+} + R - CH(NH_2)\text{-}COO^{-}$$

Аминокислоталардын бул касиети белоктордун жогорку активдүүлүгүнө, ар кандай реакцияга бат кирүүсүнө алып келет. Ошондуктан чөйрөнүн шарттарынын (температуранын, pHтын) таасири астында белоктордун касиетинин өзгөрүшү

бүтүндөй протоплазманын структуралык жана физиологиялык абалынын өзгөрүшүнө алып келет.

Белоктун молекуласындагы терс жана оң заряддардын сандарынын бири-бирине барабар болгон абал **изоэлектрдик** точка (ИЭТ) деп аталат. Бул абалдагы белоктун молекуласы электрдик нейтралдык абалда болот. Изоэлектрдик точкада коллоиддик белоктун туруктуулугу, кыймылдуулугу, адсорбциялык жөндөмдүүлүгү начарлайт. Изоэлектрдик точкада коллоиддик бөлүкчөлөр бири-бирине жабышып, коагуляцияланып, коллоиддик система бузулат.

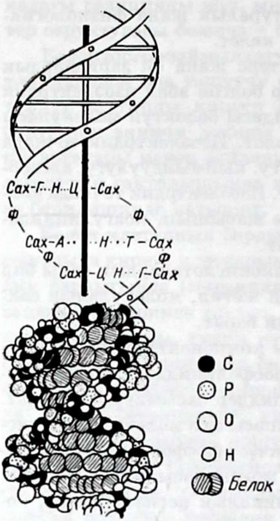
Белоктун молекуласында аминокислоталардын саны бир нече жүздөн ондогон минге чейин жетип, молекулалык салмагы 13 минден миллионго чейин барат.

Клетканын башкы химиялык компоненттеринин бири – **липиддер** (майлар, стероиддер, фосфолипиддер). Протоплазмада стероиддер менен фосфолипиддер басымдуулук кылат. Фосфолипид эки гидроксиль группасы эки молекула май кислотасы менен байланышкан, үчүнчүсү фосфор кислотасы менен байланышкан глицериндин молекуласы болуп саналат. Андагы фосфор кислотасы органикалык негиз (мисалы, холин) менен байланышкан.

Фосфолипиддин молекуласында кислоталык да, негиздик да группалар кармалгандыктан алар жогорку активдүү кошулма болуп, химиялык ар түрдүү кошулмалар менен байланыша алат.

Липиддер мембраналардын составына кирет жана клетканын запастык заты болуп саналат.

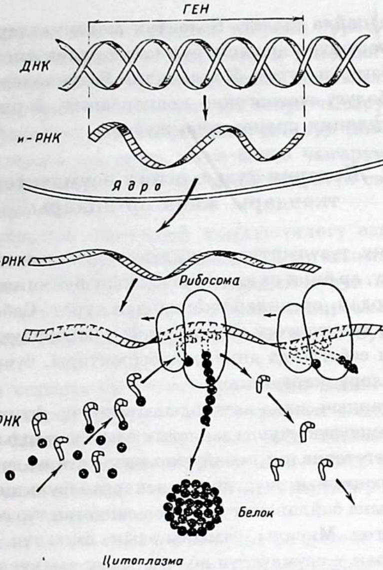
Клеткада белоктун синтезделинишин жөнгө салып башкаруучу, тукум куучулук процессин ишке ашыруучу, клетканын жашоосунда чоң мааниси бар химиялык кошулмалар – **нуклеин кислоталары** да бар. Нуклеин кислоталары нуклеотиддер деп аталган мономерлерден турган полимердик кошулма болуп саналат (13-сүрөт). Ар бир нуклеотид пентозадан, фосфор кислотасынан, пурин же пиримидин тобундагы органикалык негизден турат. Азыркы кезде нуклеин кислоталарынын эки түрү белгилүү: дезоксирибонуклеин кислотасы (ДНК) жана рибонуклеин кислотасы (РНК).



13-сүрөт. ДНКнын молекуласынын түзүлүшүнүн схемасы. Сүрөттүн төмөнкү бөлүгүндө ДНКнын эки спиралдуу молекуласынын белок менен байланышы (нуклеопротеид) көрсөтүлгөн.

Дезоксирибонуклеин кислотасында организмдин тукум куучулук маалыматы, б.а. клеткада синтезделинүүчү белоктун аминокислоталык составы жана анда аминокислоталардын жайгашуусунун ирети жөнүндөгү маалыматтар кармалат. Ал маалыматтар информациялык РНК аркылуу цитоплазмадагы рибосомаларда синтезделинип жаткан белокко берилет. Транспорттук РНК синтезделинүүчү белоктун молекуласын түзүүчү аминокислоталарды рибосомага ташыйт. Рибосомалык РНК рибосоманын составында болуп, аминокислоталарды бири-бири менен байланыштырып, белоктук чынжырчаны түзүү процессеринде катышат. Ошентип, ДНК жана РНКнын үч түрү тең белоктун синтезделишинде катышат (14-сүрөт).

Составында суу көп болгондуктан протоплазма суюктук касиетке ээ. Протоплазманын илешкектиги андагы кээ бир органоиддердин суюктуктун тамчысы сыяктуу шар формада болушу, цитоплазманын клетканын кабыкчасын бойлото жылышы анын суюктук экендигин далилдейт. Протоплазманын илешкектиги суунун илешкектигинен 12–20 эсе жогору. Илешкектик – бул суюктуктагы бөлүкчөлөрдүн, молекулалардын, иондордун бири-биринин кыймылына көрсөткөн каршылыгы. Протоплазманын илешкектигинин чоңдугу айлана-чөйрөнүн шартына, клеткадагы зат алмашуу процесстеринин жүрүшүнө байланыштуу болот.



14-сүрөт. Нуклеин кислоталарынын белоктун синтезделишинде катышышы.

Протоплазма суюктук касиет менен катар катуу заттык касиетке да ээ. Ага катуу заттар сыяктуу серпилгичтик мүнөздүү. Микроманипулятордун жардамы менен протоплазманы ичке жип формасына келгенге чейин чоюп анан коё берсе ал кайра өзүнүн мурунку абалына келет.

Тутумундагы суунун көптүгүнө карабастан протоплазма суу менен аралашпайт. Протоплазманын катуу заттык касиетке ээ болушу андагы формалуу түзүлүштөрдүн болгондугу менен түшүндүрүлөт.

Протоплазманын дагы бир өзгөчөлүгү – анын коллоиддик касиети. Анын составындагы сууда жакшы эрибеген ири молекулалуу белоктор суу менен байланышып, коллоиддик

системаны пайда кылат. Белоктун молекулаларынын зарядынын өзгөрүшүнө жараша бул коллоиддик системанын касиети да өзгөрүп турат. Коллоиддик бөлүкчөлөрдүн зарядынын бир бөлүгү жоголгондо коацервация, бардыгы жоголгондо коагуляция процесстери жүрөт.

1.3. Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн ткандары жана органдары

Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн денеси тийиштүү түзүлүштөгү, ар бири өз алдынча атайын функцияны аткаруучу органдардан, органдар ткандардан турат. Сабак жана тамыр татаал түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн борбордук огун түзөт. Өсүмдүктүн сабагында анын жалбырактары, бүчүрлөрү, гүлдөрү, мөмөлөрү жайгашкан.

Сабак таянычжана заттарды өткөрүүчү функциясын аткарат. Ал көпчүлүк учурда запастык азык заттардын сакталуучу жайы, вегетативдик көбөйүү органы катары да кызмат аткарат. Эволюциянын жүрүшүндө аткарган функциясынын татаалданышына байланыштуу ал көп сандаган түр өзгөрүүлөргө дуушар болгон. Мисалы, тамыры азык, пияз түп.

Жалбырак – өсүмдүктүн аба аркылуу азыктануу органы. Жалбыракта фотосинтез, газ алмашуу, транспирация жүрөт. Эволюциялык өнүгүү процессинде жаңы функцияларды аткаргандыгына байланыштуу жалбырактар да түрлөрүн өзгөртүшкөн: кээ бирлери мурутчага (жармашып өсүүчү өсүмдүктөрдө), айрымдары тикенекке (кургакта өскөн өсүмдүктөрдө) ж. б. айланган.

Тамыр – өсүмдүктүн топурак аркылуу азыктануу органы. Анын жардамы менен өсүмдүк топуракка бекийт жана топурактан сууну жана анда эриген минералдык заттарды алат. Тамырдын түр өзгөртүүлөрү: тамыры жемиш, аба тамырлары ж.б.

Гүл – жабык уруктуулардын жыныстык жол менен көбөйүү органы.

Өсүмдүктүн жогоруда карап өткөн ар бир органы ткандардын бир нече түрлөрүнөн турат. Ар бир ткань морфологиялык бирдей түзүлүштөгү, белгилүү бир физиологиялык функ-

цияны аткаруучу клеткалардын тобунан турат. Аткарган функцияларына жараша өсүмдүктөрдүн төмөндөгүдөй ткандары бар: пайда кылуучу (меристема), ассимиляциялоочу (хлоренхима), запастоочу, жабуучу, бөлүп чыгаруучу, механикалык, өткөрүүчү жана аэренхима (абалуу ткань).

Өсүмдүктөрдүн дем алуу жана бөлүп чыгаруу функциялары диффузиялык мүнөздө болуп, өсүмдүктүн сырткы бети аркылуу ишке ашат.

Өсүмдүктөрдүн денесинин түзүлүшүндөгү өзгөчөлүктөр алардын азыктануусуна байланыштуу. Алар азыктануусу үчүн керек болгон заттарды ордунан жылбай туруп эле айлана-чөйрөсүнөн алат. Азыктык заттарга жакыныраак болуш үчүн өсүмдүктөрдүн сырткы бетинин аянты жана узундугу жакшы өөрчүгөн.

Жашыл өсүмдүктөр автотрофтук жол менен азыктанышат. Бирок, керек болгондо гетеротрофтук азыктанууга да жөндөмдүү. Мисалы, уруктан өркүн өсүп чыкканда уруктагы запастык азыктык зат пайдаланылат. Мите өсүмдүктөр, курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөр гетеротрофтук жол менен азыктанышат.

Заттардын алмашуусунда заттардын денеде ташылышы борбордук орунду ээлейт. Ал ксилема жана флоэма деп аталган өткөрүүчү система аркылуу ишке ашат. Азык заттардын бир бөлүгү өсүп жаткан органдарга, генеративдик органдарга ташылат, бир бөлүгү запасталат, бир бөлүгү сыртка бөлүнүп чыгарылат, башка бир бөлүгү клетканын тиричилик процесстерине керектелүүчү энергияны алыш үчүн жумшалат.

Ошентип, өсүмдүк адистештирилген ткандардан жана органдардан турган биологиялык татаал система.

1.4. Өсүмдүктөрдүн башкаруу системалары

Өсүмдүктүн көп сандаган адистештирилген органоиддерден, клеткалардан, ткандардан, органдардан турган татаал түзүлүштөгү организми жогорку деңгээлдеги башкарууну талап кылат. Организмдин биримдүүлүгү башкаруу (тестөө), бириктирүү системалары аркылуу камсыз кылынат.

Эволюциянын башталышында башкаруунун клеткалык системасы келип чыккан. Башкаруунун бул системасына өз ара тыгыз байланышкан ферменттик, генетикалык жана мембраналык башкаруулар кирет.

Көп клеткалуу организмдин пайда болушу клетка аралык башкаруу системасынын келип чыгышына себеп болгон. Башкаруунун бул системасы гормондук, азыктык заттык башкаруулардан турат.

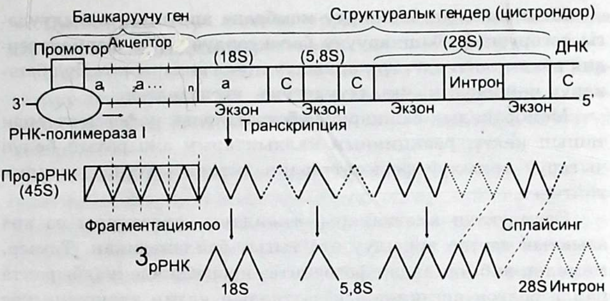
Ферменттик башкаруу (ферменттин активдүүлүгүн башкаруу) ферменттин катализдик активдүүлүгүн күчөтүүгө же басаңдатууга негизделген. Ферменттин реакцияга жөндөмдүүлүгү, аракетинин багыттуулугу субстраттын санына, коферменттин, активатордун, ингибитордун, эффектордун болушуна байланыштуу болот. Ферменттердин катализдик активдүүлүгүндө чөйрөнүн pH да чоң роль ойнойт.

Генетикалык башкаруу репликация, транскрипция, трансляция аркылуу ишке ашырылат. Башкаруу механизми мында pH, иондор, башкаруучу белоктор, белоктук молекуланын өзгөрүштөрү менен байланышкан.

Гендер генетикалык информацияны сактайт жана тукумга берет. Информация триплеттик нуклеотиддик код түрүндө хромосомалык ДНКнын молекуласында кармалат. Ал информация хромосомадагы ДНКнын матрицасында и-РНК синтезделгенде (транскрипция) и-РНКга өтөт. Цитоплазмада жайгашкан рибосомаларда и-РНКнын матрицасында т-РНКнын молекулалары ташып келген аминокислоталардан белок синтезделгенде (трансляция) информация синтезделген функциялык белокко өтөт. Пайда болгон белоктор түзүлүшүнө жараша катализдик (ферменттер), кыймылдоо (жыйрылуучу белоктор), ташуучу, башкаруучу (активдештирүүчү, ингибитордук белоктор), коргоо, рецептордук ж.б. функцияларды аткарышат.

15-сүрөттө ядрочодогу ДНКнын бөлүгүндө р-РНКнын синтези көрсөтүлгөн.

ДНК эки бөлүктөн турат. Башкы кичине бөлүгү башкаруучу ген, калган бөлүгү структуралык гендер деп аталат. Башкаруучу ген промотордон жана акцепторлордон турат.



15-сүрөт. РНКнын синтезделишинин схемасы.

Структуралык гендер бөлүгүндө ар бир РНК үчүн өзүнүн экзондору жайгашкан. Экзондор бири-биринен спейсерлер (с) аркылуу ажыратылган. Транскрипция жүргөндөн кийин спейсерлерде синтезделген РНКнын бөлүктөрү кесилип ташталат.

Транскрипция (РНКнын синтезделиши) ДНКнын 3^1 – учунан башталат. Адегенде акцепторлор эффекторлор (мисалы фитогормондор) менен активдештирилет, промотор РНК-полимераза ферменти менен байланышат. Биринчи иретте про-РНК синтезделет. Анын артык баш фрагменттери (спейсерлер) кесилип ташталгандан (процессинг) кийин РНКга айланат.

Транскрипциянын жүрүшүнө ондогон белок катышат. Трансляция (белоктун синтезделиши) андан да татаал процесс болгондуктан, анын жүрүшүндө жүздөгөн белоктор катышат. Рибосомаларда эле 70–100 ашык белок бар.

Трансляциянын жүрүшүнүн ылдамдыгы жана багыты төмөнкүлөргө байланыштуу болот:

1) информациялык матрицанын (и-РНК) концентрациясы;

2) трансляцияга катышуучу аппараттын толук болушу (рибосомалар, т-РНК, аминокислоталар, башкаруучу белоктор, ферменттер, АТФ);

3) тиешелүү физикалык-химиялык шарттар (pH, иондор, температура).

Мембраналык башкаруу мембрана аркылуу ташылуудагы өзгөрүштөр, башкаруучу белоктордун жана ферменттердин абалы, активдүүлүгү аркылуу ишке ашырылат. Бул башкаруу чөйрөнүн кычкылдуулугуна негизделген.

Мембраналык башкаруу субстраттарды, коферменттерди ташып келүү, реакциянын калдыктарын ажыратып бөлүп чыгаруу аркылуу ферменттердин активдүүлүгүнө таасирин тийгизет.

Өсүмдүктүн клеткалары, ткандары, органдары өз ара азыктык заттар аркылуу өтө тыгыз байланышкан. Тамыр, мөмөлөр ж.б. органдар фотосинтез процессинде жалбыракта пайда болгон органикалык заттардын келип турушуна көз каранды. Ал эми жер үстүндөгү органдарды минералдык заттар жана суу менен тамыр камсыз кылып турат. Тигил же бул минералдык заттардын жетишсиздиги өсүмдүктөгү чоң өзгөрүүлөргө алып келип, ар кандай ооруларга дуушар кылат.

Башкарууда жалаң гана азыктык заттар катышпастан биологиялык активдүү заттар – гормондор да катышат. Клеткаларды, ткандарды, органдарды өз ара байланыштыруучу, өсүмдүктөрдүн физиологиялык, морфогенетикалык өөрчүшүн башкаруучу, өсүмдүктүн өзүндө синтезделинген биологиялык активдүү кошулмалар **фитогормондор** деп аталышат. Башкарууну аткарыш үчүн фитогормондордун эң эле аз саны жетиштүү болот.

XX кылымдын 60-жылдарында гормондор өсүү заттары деп аталып, алардын көп түрлөрү (индолилуксус кислотасы – ауксин, цитокинин, гиббереллиндер, абсцизиндер) ачылып, алардын өсүмдүктүн өсүүсүндө гана эмес, өсүмдүктөрдүн картайышында, бышып жетилишинде, заттардын ташылышында ж.б. процесстеринде да катышары белгилүү болду.

Ауксин (индолилуксус кислотасы) триптофандан синтезделинет. Ал бүчүрлөрдө, камбийде,чаңчада, өнүп жаткан урукта көп болот. Ауксин көбүнчө сабактын учунда көп синтезделет.

Ауксин клетканын бөлүнүшүн жана өсүүсүн ылдамдатат. Ал өсүмдүктүн кыймылдарында, мембраналар аркылуу заттардын ташылышында чоң роль ойнойт.

Цитокинин өнүп жаткан урукта, мөмөдө, меристемада кармалат. Тамырдын меристемасында синтезделет.

Цитокинин клетканын бөлүнүшүнө, жалбырактын нормалдуу өсүшүнө, K^+, H^+, Ca^{2+} иондорунун ташылышына таасирин тийгизет, РНК полимераза ферментинин активдүүлүгүн жогорулатат.

Гиббереллин сабактын узунунан өсүшүн тездетет. Ал негизинен жалбыракта жана тамырдын учунда синтезделет. Интеркалярдык жана уч меристемаларга таасир кылат. Уруктардын, картошканын тынығуудан чыгып өсүүсүн тездетет.

Абсцизин жалбыракта, тамырда синтезделинип, өсүмдүктүн өсүүсүн акырындатып, ИУКка каршы аракеттенет, жалбырактардын, кутучалардын түшүшүн, нуклеин кислоталарынын, белоктун, хлорофиллдин ажырап бузулушун тездетет.

Этилен карыган жалбырактарда, бышып жетилген мөмөлөрдө синтезделет. Жалбырактын өсүшүн, өркүндөрдүн узарып өсүшүн токтотот. Бышып жетилүүнү тездетет, ауксиндин синтезделинишине тоскоол кылат.

Клеткалардын, ткандардын, органдардын өз ара байланышында электрофизиологиялык башкаруунун ролу чоң. Өсүмдүктүн органдарынын, бөлүктөрүнүн ортосунда жай өзгөрүүчү потенциалдардын айырмасы (электр талаасы, ток) пайда болот.

Ички жана тышкы чөйрөнүн таасири менен клеткаларда, ткандарда жана органдарда иондордун агымынын өзгөрүшү мембрананын потенциалынын өзгөрүшүнө алып келет. Потенциалдын өзгөрүшү, клетка, ткань аркылуу начар токтун өтүшү өркүндүн ийилишине, узарышына ж.б. алып келет. Ткандарда, клеткада электр талаасынын өзгөрүшүнөн мембранадагы белоктук компоненттердин орду өзгөрөт. Анын натыйжасында клеткада жаңы физиологиялык абал пайда болот.

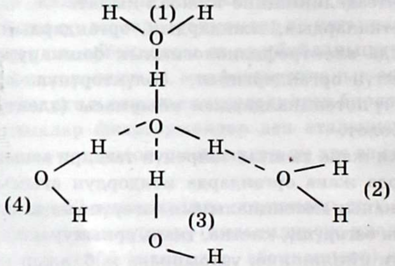
Клетка аралык башкаруунун бардык системасы бири-бири менен тыгыз байланышкан. Мисалы ИУК электр потенциалын өзгөртөт. Анын натыйжасында заттардын ташылышы өзгөрөт. Ферменттердин, мембраналардын активдүүлүгүнүн өзгөрүшү нуклеин кислоталарынын, белоктун синтезделинишинин ылдамдыгына жана багытына таасирин тийгизет.

2. ӨСҮМДҮКТӨРДӨ СУУНУН АЛМАШУУСУ

2.1. Клеткада суунун кармалышы жана анын мааниси

Өсүмдүктөрдүн ткандарынын жалпы массасынын 70–95% тин суу түзөт. Башка химиялык заттардан айырмаланып, өзгөчө касиеттерге ээ болуп, суу тиричилик процесстеринин жүрүшүндө чоң роль ойнойт.

Суунун молекуласы диполдук касиетке ээ. Суунун диполдук ар бир молекуласы суунун төрт коңшу молекулалары менен суутектик байланыш аркылуу байланышып структуралык түзүлүштү пайда кылат:



Суунун структуралык түзүлүшү.

Суунун структуралык абалы туруктуу эмес. Ал температурага, суутектик байланыштын абалына жараша өзгөрүп турат.

Суунун биологиялык мааниси өтө чоң. Ал организмде төмөнкүдөй функцияларды аткарат.

1. Суунун молекуласы өзүнүн оң жана терс заряддалган уюлдары менен протоплазманын коллиоддик бөлүкчөлөрү, заряддалган группалары, иондору менен байланышып, аларды гидратациялап, протоплазманын структуралык бөлүкчөлөрүнүн иреттүүлүгүн аныктайт.

2. Суу өсүмдүктүн бардык бөлүктөрүн, органдарын бир бүтүнгө бириктирет.

3. Суу көпчүлүк заттар үчүн эриткич жана биохимиялык реакциялар жүрүүчү чөйрө.

4. Суу көпчүлүк биохимиялык реакцияларга түздөн-түз катышат. Мисалы, фотосинтез, дем алуунун кычкылдануу реакциялары, гидролиздик жана көп синтездик реакциялар суунун катышуусу менен жүрөт.

5. Өсүмдүктүн өткөрүүчү түтүктөрү аркылуу заттар суудагы эритме түрүндө гана жылат.

6. Суууга каныкканда клеткалар жана ткандар тургордук абалда болушат. Өсүмдүктө жана анын органдарында жүрүүчү физиологиялык процесстер алар тургордук абалда болгондо гана нормалдуу өтөт.

7. Суунун жылуулук сыйымдуулугу башка заттардын жылуулук сыйымдуулугунан 5–30 эсе чоң. Суунун мындай чоң жылуулук сыйымдуулугу өсүмдүктүн температурасынын бир калыпта кармалышын камсыз кылат. Ал эми тез бууланууучу касиети ысык күндөрдө өсүмдүктүн температурасынын жогорулап кетишинен сактайт.

8. Суунун беттик тартылуу күчү чоң. Суунун бул касиети адсорбциялык процесстерде чоң роль ойнойт.

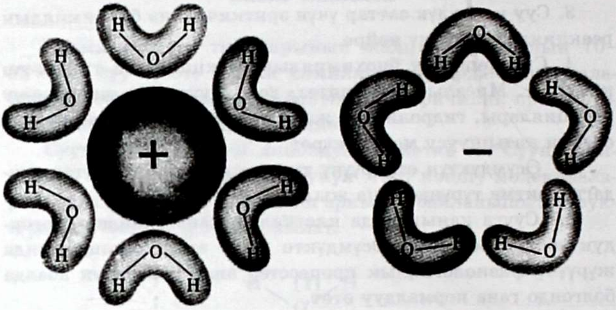
9. Суу өсүмдүктү топурак, атмосфера менен байланыштырат.

Клеткадагы суунун абалы, фракциялык составы

Түрдүү өсүмдүктөрдө суунун саны бирдей эмес. Бир эле өсүмдүктүн ар кандай органдарында суунун саны ар башка. Вегетативдик органдарда (жалбыракта, сабакта, тамырда) суу көбүрөөк болот. Ал эми уруктарда, кургак мөмөлөрдө, козу карындардын спораларында суу өтө аз.

Кээ бир төмөнкү түзүлүштөгү организмдерде (эңгилчектерде) суунун саны кескин өзгөрүлүп турат. Жылдын жаанчачындуу мезгилдеринде көп, кургакта өтө аз.

Бир эле органдагы суунун саны анын жашына жараша өзгөрөт. Жаш жалбырактарда суу көп болуп, картайган сайын азаят.



16-сүрөт. Катиондун жана аниондун тегерегинде суунун молекуласынын жайгашышы.

Клеткадагы бардык суунун $\frac{1}{3}$ вакуольдо, калганы протоплазмада жана клеткалык кабыкчада кармалат.

Молекулаларынын диполдук касиетинин негизинде клеткадагы суу протоплазманын заряддалган иондору, белоктору, коллоиддик бөлүкчөлөрү менен байланышта болот (16-сүрөт).

Концентрациясы чоң эмес эритменин заряддалган иондорунун таасири астында суунун структурасы бузулат. Иондун тегерегине суунун молекулалары иондун зарядына карама-каршы заряддалган учу менен ирээттүү тыгыз жайланышып, биринчи гидраттык катмарды түзөт. Бул катмардагы суунун молекулалары ион менен чоң электростатикалык күч аркылуу байланышып өзүнүн кыймылдуулугун жоготот (17-сүрөт).

17-сүрөт. Иондун тегерегинде жайгашкан суунун молекулаларынын гидраттык катмарлары.

Биринчи катмардын сыртынан суунун молекулаларынын экинчи катмары жайланышат. Бул гидраттык экинчи катмарда иондун электростатикалык күчү суунун структурасын бузууга жетет, бирок суунун молекулалары ионго начарырак тартылышат. Ошондуктан экинчи катмардагы суунун молекулаларынын кыймылдуулугу сакталып калат. Экинчи катмардын сыртында жайгашкан суунун структурасы өзгөрүүсүз калып, кыймылдуулугу сакталат.

Иондор менен ушундайча байланышкан суу **осмостук байланган суу** деп аталат.

Белоктордун гидратациясы суунун молекулалары менен иондук (-NH_3^+, -COO^-) жана электронейтралдык (-COOH, -OH, -CO, -NH, -NH_2) группалар электростатикалык күч аркылуу байланышуусунун натыйжасында жүрөт. Изоэлектрдик точкада белоктун молекулалары суу менен эң аз байланышат.

Белок ж.б. коллоиддик бөлүкчөлөр менен байланышкан суу ***коллоиддик*** **байланышкан суу** деп аталат.

Суу белок менен иондордун, группалардын жардамы менен эле байланышпастан белоктун макромолекуласынын көңдөйчөлөрүндө, жылчыкчаларында да кармалып калат. Мындай суу **иммобилизацияланган суу** деп аталат. Бул суу касиети жагынан кадимки суудай, бирок көңдөйчөлөрдө камалып калгандыктан кыймылсыз.

Өсүмдүктүн клеткаларында, ткандарында кармалган суу жалпысынан **эркин** жана **байланган** суу болуп экиге бөлүнөт. Байланган суу:

1) осмостук байланган (иондор, молекулалар менен байланышкан);

2) коллоиддик байланган (коллоиддик бөлүкчөлөр менен байланышкан);

3) капиллярдык байланышкан (клетканын кабыкчасында жана өткөрүүчү түтүкчөлөрдөгү) суулардан түзүлөт.

Байланган суу физикалык касиеттери жана физиологиялык мааниси боюнча эркин суудан айырмаланат. Байланган суу кыймылсыз, эриткич боло албайт, тоңуу температурасы $-10^{\circ}C$ төмөн. Байланган суу айлана-чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына өсүмдүктүн туруктуулугун арттырат. Мисалы, байланган суунун кармалышы өсүмдүктүн суукка жана ысыкка чыдамдуулугун жогорулатат. Анткени, эркин суу $0^{\circ}C$ тоңуп, клетканын кабыкчасынын айрылышына, суусузданышына алып келет. Ал эми байланган суу $-10^{\circ}C$ тоңот. Эркин суу ысык күндө тез бууланып кетип, өсүмдүктүн кургап калышына алып келет. Ал эми байланган суу бууланбайт. Ысык күндөрдө эркин суу бууланып кеткенден кийин өсүмдүктүн тиричилик процесстери байланган суунун эсебинен жүрөт.

Эркин суу протоплазманын заряддуу молекулалары, группалары, иондору аркылуу кармалбайт, гидраттык катмарлардан сыртта жайланышкан. Кадимки таза суунун касиеттери сакталат. Эркин суу $0^{\circ}C$ тоңот, жакшы эриткич, кыймылдуу. Өсүмдүктүн дээрлик бардык тиричилик процесстери (транспирация, заттардын жылышы, органдардын кыймылы, биохимиялык реакциялар ж. б.) эркин суунун катышуусу менен жүрөт.

2.2. Суунун клеткага сорулуп кириши

Сырткы чөйрөдөн суунун клеткага сорулуп кириши тирүү организмдердин жашашы үчүн өтө керектүү.

Сууда өсүүчү өсүмдүктөр суу менен дайыма камсыз болуп турушат. Кургакта өскөн өсүмдүктөрдүн денеси аркылуу да-

йыма суунун агымы өтүп турат. Суунун өсүмдүк аркылуу тапкай агып туруусу өсүмдүктү кургап кетүүдөн сактайт жана анда эриген минералдык азык заттардын келип туруусуна шарт түзөт. Суунун өсүмдүк аркылуу өткөн бул агымы тамырдын сууну соруп алуучу бетинен башталып, өсүмдүктү бүт аралап өтүп, сууну бууландыруучу жалбырактын бетинде бүтөт. Жалбырак аркылуу буулантылган суунун орду дайыма тамыр аркылуу сорулуп алынган суу менен толукталып турат. Ушул процесс өсүмдүктүн **суу алмашуусу** деп аталат.

Өсүмдүктө суу алмашуу үч этаптан турат: 1) суунун тамыр аркылуу соруп алынышы; 2) ал суунун өсүмдүктүн өткөрүүчү түтүктөрү аркылуу башка органдарга жылышы; 3) жалбырак аркылуу суунун бууланышы.

Сууну өсүмдүк аз санда жер үстүндөгү органдары (жалбырактары, аба тамырлары) аркылуу соруп алуусу мүмкүн болсо да, негизинен топурактан тамыры аркылуу соруп алат.

Топурактагы суунун абалы. Топурактын составы катуу минералдык бөлүкчөлөрдөн, органикалык заттан (гумус), эритмеден жана абадан турат. Минералдык бөлүкчөлөр жана органикалык заттар топурактын структурасын түзөт. Анын көндөйчөлөрүн аба жана суу толтуруп турат. Топурактагы суунун саны топурактын составына жана касиетине байланыштуу болот.

Топурактагы суунун бир бөлүгү топурактын көндөйчөлөрүн, ири капиллярларын толтуруп кыймылдуу болот. Бул суу гравитациялык күчтүн таасири астында топурактын төмөнкү катмарына агып кетүүгө жөндөмдүү болгондуктан **гравитациялык суу** деп аталат. Гравитациялык суу өсүмдүк үчүн пайдалуу, оңой сорулуп алынуучу суу. Бирок, ал топуракта кыска мөөнөткө сакталат.

Топурактын ичке, майда капиллярындагы суу беттик тартылуу күчүнүн жардамы менен кармалат. Ал **капиллярдык суу** деп аталат. Капиллярдык суу топуракта туруктуу кармалып, өсүмдүктүн тамыры аркылуу оңой жутулат. Пайдалуу суу.

Топурактын бөлүкчөлөрүнүн сырткы бетине молекулалык тартылуу күчүнүн же адсорбциянын жардамы менен кармал-

ган суу жабышкан суу деп аталат. Бул суу да өсүмдүк үчүн жетиштүү суу, бирок аны соруп алыш үчүн бир топ күч жумшалат.

Топурактын бөлүкчөлөрүнө чоң күч менен (1000 атмосфера) кармалган, өсүмдүк такыр соруп ала албаган кыймылсыз суу **бекем байланган суу** деп аталат.

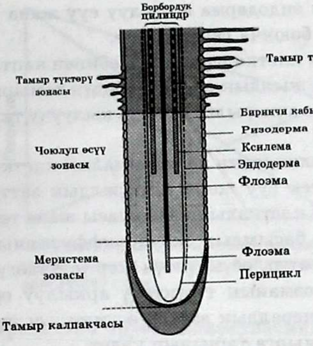
Топурактын коллоиддик бөлүкчөлөрү да сууну сиңирип алып көөп, суу тутуу жөндөмдүүлүккө ээ.

Өсүмдүк топурактагы кармалган суунун баарын пайдаланбайт. Сугарылбай өстүрүлгөн өсүмдүк топурактагы суунун запасы бүтө электе эле соолуй баштагандагы топуракта калган суунун саны **соолуу коэффициенти** деп аталат. Соолуу коэффициенти топурактын жана өсүмдүктүн түрүнө жараша ар түрдүү мааниде болот.

Кургак топурак аркылуу суу өткөндө адегенде ал топуракка тез сиңип, кийин топурактын төмөнкү катмарынан агып чыгышынын ылдамдыгы акырындайт. Топурак аркылуу аккан суунун ылдамдыгы кескин төмөндөгөндөгү топурактын нымдуулугу топурактын **талаалык ным сыйымдуулугу** деп аталат. Талаалык ным сыйымдуулук өсүмдүктүн өсүүсү үчүн пайдалуу суунун топурактагы максималдык санын көрсөтөт (мүнөздөйт).

Өсүмдүктүн топурактан сууну соруп алуучу органы – тамыр. Тамырдын түзүлүшү катуу бөлүкчөлүү топуракта жайгашып, андан сууну жана минералдык заттарды соруп алууга ыңгайланышкан. Тамырдын учунда аны механикалык сүрүлүүлөрдөн сактоочу калпакча деп аталган паренхима клеткаларынан турган жабуу бар. Калпакчанын алдында уч меристемасы жайгашкан (18-сүрөт).

Уч меристеманын клеткаларынын бөлүнүшүнүн натыйжасында (ар бир клетка 6–7 жолу бөлүнөт) тамыр узунунан өсөт. Ошондуктан тамырдын учу **бөлүнүү зонасы** деп аталат. Меристемалык зонадан кийин **чоюлуп** өсүү зонасы жайгашкан. Бул зонада клеткалардын бөлүнүшү токтолуп, көлөмү өсүп, адистештирилиши башталат. Флоэманын түтүктөрү түзүлөт. Чоюлуу зонасынан кийин түктөр же **соруу зонасы** жатат. Бул зонада клеткалар туруктуу ткандарга айланат,



18-сүрөт. Тамырдын түзүлүшү.

б.а. адистенишип, дифференцияланып бүтөт. Тамырдын негизги ткандары: ризодерма, биринчи кабык, эндодерма жана борбордук цилиндр.

Ризодерма же эпиблема – тамырды сыртынан жабуучу бир катмарлуу ткань. Анын клеткаларынан тамыр түктөрү пайда болуп, тамырдын соруу бетинин аянты чоңоет. Негизги функциясы – топурактан сууну жана минералдык заттарды соруу. Ризодерма узак убакытка сакталып калат. Бирок, субериндештирүүнүн, кутиндештирүүнүн натыйжасында соруу жөндөмдүүлүгү төмөндөйт. Кээ бир өсүмдүктөрдө кийин ризодерманын ордуна экзодерма пайда болот.

Ризодерманын алдында биринчи кабык, анын ич жагында эндодерма, андан кийин борбордук цилиндр жайгашкан. Борбордук цилиндр перициклден, ксилеманын жана флоэманын түтүктөрүнөн турат.

Тамырдын түктөрү аркылуу сорулган суу жана анда эриген минералдык заттар эндодермага чейин **апопласттык** (клеткалык кабыкча аркылуу) жана **симпласттык** (цитоплазма аркылуу) жол менен жылат. Эндодерманын клеткаларынын клеткалык кабыкчасында Каспаринин курчоосу деп аталган лигниндин жана субериндин суу өткөрбөй турган катмарла-

ры болгондуктан эндодерма аркылуу суу жана минералдык заттар симпласт боюнча гана жылат.

Перициклдин клеткаларынын эсебинен каптал тамырлар пайда болуп, эки жылдык өсүмдүктөрдүн тамырынын туурасынан өсүшү ишке ашырылып, пайда кылуучу ткандын функциясын аткарат.

Борбордук цилиндрдин паренхималык клеткалары аркылуу жылып келген суу жана минералдык заттар ксилеманын түтүктөрүнүн клеткалык кабыкчасы жана тешиктери аркылуу осмостук басымдын жана диффузиянын жардамы менен ксилемага өтүп, өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарына ташылат. Флоэманын түтүктөрү аркылуу органикалык жана кээ бир минералдык заттар өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарынан тамырга ташылып келет.

Топурактагы суу өсүмдүктүн тамырына оңой эле өтө койбойт. Анын тамырга сорулушу үчүн бир топ күчтөр жумшалат. Ал күчтөрдүн ичинен клетканын осмостук күчүнүн мааниси чоң.

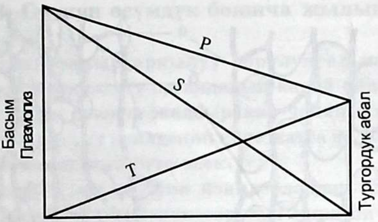
Өсүмдүктүн клеткасынын плазмалык мембранасы жарым өткөргүч тоскоол болуп саналат. Ал аркылуу суу жана анда аз санда эриген минералдык заттар өтө алат.

Клеткадагы суунун басымдуу бөлүгү вакуольдо болот. Вакуольдук ширеде эриген минералдык туздар, органикалык жана аминокислоталар, канттар сыяктуу осмостук активдүү заттар сууда эриген абалда болот. Эритме осмостук басымга ээ. Эритмеде эриген заттардын концентрациясы канчалык жогору болсо, осмостук басым да ошончолук чоң болот.

Осмостук басымды аныкташ үчүн Вант-Гофф төмөнкү формуланы сунуш кылган:

$$P = i \cdot c \cdot R \cdot T$$

P – осмостук басым, атмосфера менен өлчөнөт;
c – эритменин концентрациясы, моль;
R – газдык туруктуулук = $8{,}207 \cdot 10^2$;
T – абсолюттук температура;
i – изотондук коэффициент = $1+a(n-1)$;
a – электрдик диссоциациянын даражасы;



19-сүрөт. Тургордук, осмостук басымдардын жана соруу күчүнүн байланыштарын көрсөтүүчү схема.

n – электролиттин ар бир молекуласынын ажырашында пайда болгон иондордун саны. Эгерде эриген зат диссоциацияланбаса, анда коэффициент i=1.

Эгерде клетканы сууга же начар концентрациялуу эритмеге салса, суу осмостук закондун негизинде клеткага, заттардын концентрациясы жогору жакка, сорулуп өтөт. Суунун клеткага өтүшүнө жумшалган күч **соруу күчү** деп аталат (S).

Суу клеткага киргенде клетка чыңалып, тургордук абалга келет. Бирок, клеткалык кабыкча чексиз чоюла бербейт. Клетка тургордук абалга жеткенде ал клетканын ичин көздөй каршы басым жасайт. Бул басым ***тургордук басым*** деп аталат (T).

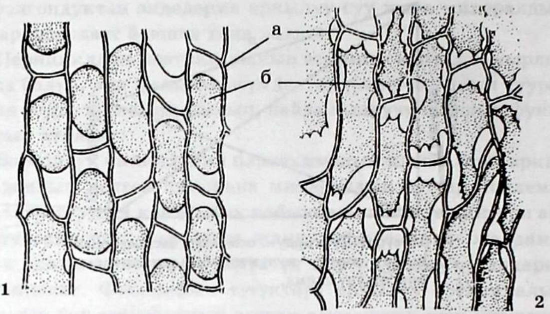
Клетканын соруу күчү осмостук басым менен тургордук басымдын айырмасына барабар: S= P – T.

S – соруу күчү, P – осмостук басым, T – тургордук басым.

Өсүмдүктүн суу менен камсыз болушуна жараша бул үч чондуктун катышы өзгөрүп турат. Клетка суу менен толук каныккан кезде анын соруу күчү нөлгө барабар. Ал эми осмостук басым тургордук басымга барабар: S=0; P=T.

Суу жетишсиз болгондо клетка тургордук абалын жоготуп, өсүмдүк соолуй баштайт. Бул убакытта S=P; T=0.

Клетканы концентрациясы жогору болгон гипертондук эритмеге салса, суу клеткадан сырткы эритмеге өтүп, протоплазманын көлөмү кичирейип, клеткалык кабыкчадан ажырап алыстайт. Бул кубулуш **плазмолиз** деп аталат (20-сүрөт). Клетканы кайра таза сууга жайгаштырса суу клеткага сору-



20-сүрөт. Пияз түптүн чел кабыгынын клеткаларындагы плазмолиз: 1-томпок плазмолиз; 2-ийри плазмолиз; а-клеткалык кабыкча; б-протоплазма.

луп кирип, клетка кайрадан тургордук абалга келет: S=0; P=T. Бул кубулуш деплазмолиз деп аталат.

Эриген заттардын концентрациясы клеткалык ширенин концентрациясынан жогору болгон эритме **гипертондук,** төмөн болсо **гипотондук,** бирдей болсо **изотондук** эритме деп аталат. Гипертондук эритмеде суу клеткадан эритмеге өтөт. Гипотондук эритмеде, тескерисинче, суу сырткы эритмеден клеткага өтөт. Изотондук эритменин концентрациясы клеткалык ширенин концентрациясына барабар болгондуктан суу эч жакка өтпөйт.

Суунун топурактан тамырга өтүшүндө осмостук активдүү заттардан башка коллоиддик бөлүкчөлөрдүн соруу күчүнүн да мааниси чоң. Анткени протоплазманын көп бөлүгүн белоктор түзөт. Белоктор ж.б. коллоиддик бөлүкчөлөр сууну сиңирип алып көбүшөт.

Суунун клеткага өтүшүндө анын градиентинин да мааниси чоң. Суу ал көп жактан жетишпеген жакка өтөт. Суу клеткага жутулуп кириш үчүн ал клеткадагыга караганда тышкы чөйрөдө көп кармалыш керек.

Жыйынтыктап айтканда осмостук күч, суунун градиенти, клетканын соруу күчү – суунун клетка аркылуу жутулушунун жана өсүмдүктө жылышынын негизги күчтөрү болуп саналат.

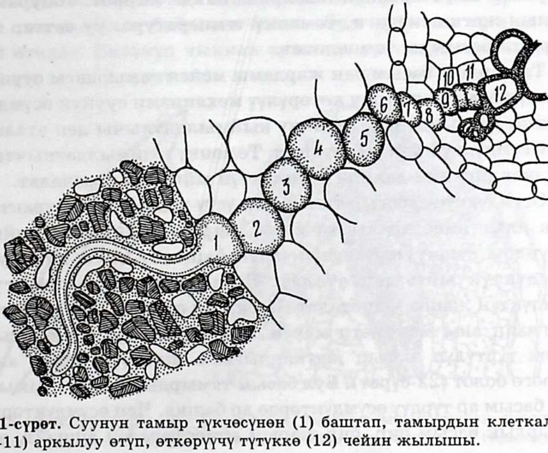
2.3. Суунун өсүмдүк боюнча жылышы

Топурактан тамыр аркылуу сорулуп алынган суунун өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарын карай өйдө түртүлүшү жана анын сабак боюнча жалбыраккa чейин жылышы 250 жылдан ашык убакыт изилденип келе жатса да, азыркы кезге чейин толук изилденип бүтө элек.

Көп жылдык жүргүзүлгөн изилдөөлөрдөн алынган маалыматтарга караганда суунун сорулуп кириши жана анын жогору көтөрүлүшү өсүмдүктөгү биргелешип аракеттенүүчү жогорку жана төмөнкү кыймылдаткыч күчтөрдүн жардамы менен ишке ашырылат.

2.3.1. Төмөнкү кыймылдаткыч күч (тамырдык басым)

Тамыр түктөрү аркылуу жутулган суу тамырдын паренхималык клеткалары аркылуу өтүп, ксилеманын түтүктөрүнө чейин жетип, анан алар аркылуу өйдө көтөрүлөт (21-сүрөт).



21-сүрөт. Суунун тамыр түкчөсүнөн (1) баштап, тамырдын клеткалары (2-11) аркылуу өтүп, өткөрүүчү түтүккө (12) чейин жылышы.

Ксилеманын түтүктөрүнө да суу осмостук күчтүн жардамы менен сорулуп кирет. Түтүкчөлөрдөгү жана алардын кабыкчаларындагы осмостук активдүү заттарды ал түтүкчөлөрдүн тегерегинде жайланышкан паренхималык клеткалардын мембраналары аркылуу бөлүнүп чыккан минералдык заттар жана зат алмашуунун продуктулары түзөт. Бул осмостук активдүү заттар түтүкчөлөрдө топтолуп, соруу күчүнө ээ болуп, суунун ксилемага осмостук жол менен өтүшүнө шарт түзөт.

Ксилеманын түтүктөрүнүн соруу күчү анын тегерегиндеги клеткалардын соруу күчүнөн жогору. Анткени, 1) ксилеманын түтүкчөлөрүнүн капталы катуу, серпилгичтиги жок болгондуктан алар осмостук басымга каршы басым жасабайт; 2) ксилемалык ширенин концентрациясы паренхималык клеткалардагы концентрациядан жогору. Анткени, жалбыракта суунун бууланышынан ксилемадагы суу азаят.

Ушундайча пайда болгон ксилемалык түтүкчөлөрдөгү басым **тамырдык басым** деп аталат. Тамырдык басымдын жардамы менен ксилемадагы суу өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарын карай жогору көтөрүлөт. Тамырдык басым айлана-чөйрөнүн шарттарынын таасири астында өзгөрөт. Топуракта абанын жетишсиздиги, төмөнкү температура, уу заттар тамырдык басымды төмөндөтөт.

Тамырдык басымдын жардамы менен тамырдагы суунун өсүмдүк боюнча жогору көтөрүлүү механизми суунун өсүмдүк боюнча жылышынын **төмөнкү кыймылдаткычы** деп аталат.

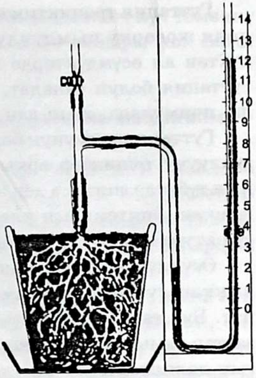
Өсүмдүктүн ыйы. Гуттация. Төмөнкү кыймылдаткычтын бар экендигинин далили өсүмдүктүн ыйы болуп саналат.

Өсүмдүктүн сабагын тамырдын үстү жагынан, топурактан анча алыс эмес аралыкта кессе, бир аз убакыттан кийин дүмүрдөн суюктук бөлүнүп чыга баштайт. Бул кубулуш өсүмдүктүн ыйы деп аталат. Бөлүнүп чыккан суюктук өсүмдүктүн жашы деп аталат. Кесилген сабакка резина түтүк кийгизип аны манометр менен туташтырса суюктук басым менен түртүлүп чыгып жаткандыгына ишенүүгө жана аны өлчөөгө болот (22-сүрөт). Бул басым тамырдык басым. Тамырдык басым ар түрдүү өсүмдүктөрдө ар башка. Чөп өсүмдүктөрдө тамырдык басым бир, бир жарым атмосферадан ашпайт, да-

рактарда 10 атмосферага жетет. Өсүмдүктүн ыйы өзгөчө жаз айларында жакшы байкалат.

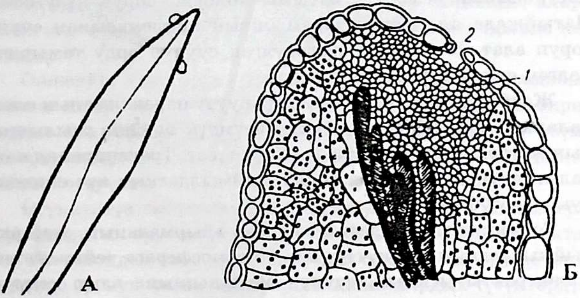
Өсүмдүктүн жашынын химиялык составы туруктуу эмес. Дарактардын жашы органикалык заттарга, өзгөчө кантка, азоттуу заттарга, органикалык кислоталарга бай. Минералдык заттар аз кармалат. Кант 3–4% түзөт.

Өсүмдүктүн ыйына чөйрөнүн тийгизген таасири чоң. Төмөнкү температура, топурактын начар аэрациясы өсүмдүктүн ыйын төмөндөтөт.



22-сүрөт. Өсүмдүктүн ыйы.

Гуттация. Тамчы түрүндөгү суюктуктун бөлүнүп чыгышын кесилбеген бүтүн өсүмдүктөн да байкоого болот. Чөйрөдөгү абанын жогорку нымдуулугунда тамырдык басымдын натыйжасында жалбырактын четтеринен бөлүнүп чыккан суюктуктун тамчыларын байкоого болот. Бул кубулуш ***гуттация*** деп аталат. Бөлүнүп чыккан суюктук гуттациянын ширеси деп аталат (23-сүрөт, А).



23-сүрөт. Гуттация. А – Буудайдын жалбырагынын учунан суунун тамчыларынын бөлүнүп чыгышы; Б – гидатода; 1-эпитема; 2-гидатода.

Гуттация тропиктик өсүмдүктөрдө жакшы өөрчүгөн. Анткени жогорку нымдуулукта транспирация начар жүргөндүктөн ал өсүмдүктөрдө сууну бөлүп чыгаруунун бир жолу гуттация болуп саналат. Гуттацияны фуксияда, картошкада, примулада, жаш дан өсүмдүктөрүндө байкоого болот.

Гуттацияда суунун бөлүнүп чыгышы атайын гидатода деп аталуучу тешиктер аркылуу жүрөт (23-сүрөт, Б). Гидатоданын түбүндө эпитема деп аталган майда клеткалуу ткань жайгашкан. Эпитеманын клеткаларында бөлүнүп чыгып жаткан суюктукта кармалган минералдык туздар сүзүлүп калат.

Өсүмдүккө тамыр аркылуу кирген суу өсүмдүктөн бөлүнүп чыккан суюктуктан химиялык составы боюнча айырмаланат. Бул тамыр аркылуу топурактан суу менен кошо кирген заттар тамырдын клеткаларында кайра иштетиле тургандыгын далилдейт.

2.3.2. Жогорку кыймылдаткыч күч (транспирация)

Өсүмдүктө суунун жылышында тамырдык басым менен бирдикте жалбырактын соруу күчү да катышат. Эгерде тамыры жок, жалбырактуу сабакты сууга салып койсо, суу сабак аркылуу жылып жалбыракка чейин көтөрүлүп, ал аркылуу бууланат. Суусу бууланып кеткен жалбырактын клеткасынын осмостук басымы чоңоюп, соруу күчү өсөт. Натыйжада ал клетка тарамыштын ксилемасынан сууну соруп алат. Ксилемада жоготулган суунун орду тамырдан келген суу менен толукталынат.

Жалбырактын сууну бууландыруучу **паренхималык клеткаларынын соруу күчү суунун өсүмдүк боюнча жылышынын жогорку кыймылдаткыч күчүн** түзөт. Транспирация канчалык активдүү болсо жогорку кыймылдаткыч күч ошончолук күчтүү болот.

Төмөнкү кыймылдаткыч күчтөн айырмаланып, жогорку кыймылдаткыч күч күчтүү, 10–15 атмосферага чейин жетет; жалбыракты ысытып, суунун бууланышына алып келүүчү күндүн энергиясынын эсебинен иштейт. Ал эми төмөнкү кыймылдаткыч күч зат алмашууда (дем алууда) бөлүнүп чыккан

энергияны пайдаланат. Жогорку кыймылдаткыч күч төмөнкү күч жокто да иштей алат. Сууга салынган тамыры жок сабак сууну буулантат.

Суунун түтүктөр боюнча жылышынын механизми

Өсүмдүктө жогору көтөрүлүүчү суу негизинен ксилема боюнча жылат. Аз сандагы суу (1–10%) гана тирүү клеткалардын клеткалык кабыкчалары аркылуу тамырдан жалбыракка көтөрүлөт. Ксилеманын түтүктөрүнүн, трахеидалардын капталдары катуу, цитоплазмасы жок.

Өсүмдүк боюнча суунун жылышында төмөнкү жана жогорку кыймылдаткыч күчтөрдүн мааниси чоң. Бирок, бийиктиги бир нече ондогон метр дарактарда суунун өйдө көтөрүлүшү үчүн бул күчтөр жетишсиз. Ошондуктан дагы кошумча күч болуш керек. Бул кошумча күч суунун молекулаларынын бири бирине тартылышып байланышкан күчү болуп саналат. Ксилеманын капиллярдык түтүкчөлөрүндө суунун молекулалары бири-бири менен байланышып үзгүлтүксүз жипчени түзүшөт. Суунун молекулаларынын байланышкан күчү 200–300дөн ашык атмосферага жетет. Эгерде түтүкчөлөрдөгү суунун молекулаларынын ортосундагы байланыш үзүлсө суунун көтөрүлүшү токтолот. Ошондуктан гүлдөрдүн, өсүмдүктөрдүн сабактарын кескенде, алардын түтүкчөлөрүнө аба кирип кетпеш үчүн суу алдында кесишет.

Ошентип, тамырдык басымдын жогору түрткөн, жалбырактын соруу, түтүкчөлөрдөгү суунун молекулаларынын бирибирине байланышкан күчтөрүнүн натыйжасында суу өсүмдүктүн тамырынан жалбырагына чейин ондогон метр бийиктикке көтөрүлөт.

Өсүмдүктүн сабактарында суунун үзгүлтүксүз жипчелери бар экендигин орус окумуштуусу Е.Ф.Вотчал (1897) аныктаган. Ал ошондой эле, суунун өсүмдүк боюнча жогору көтөрүлүүсүндө суунун молекулаларынын капиллярдык түтүктөрдүн бетине жабышуу күчүнүн да мааниси бар экендигин көрсөткөн.

Суунун өсүмдүктө жылышынын ылдамдыгы радиоактивдүү изотоптордун жардамы менен изилденип, саатына 1–2 м экендиги аныкталган.

Өсүмдүккө сорулуп алынган суунун негизги массасы транспирация учурунда атмосферага бууланат. Эң эле аз саны (0,2% жакыны) синтездик реакцияларга, клеткалардын тургордук абалын сактоого, органикалык заттарды флоэма боюнча жалбырактан тамырга ташууга катышат.

Суунун өсүмдүк боюнча жогору карай жылышынын чоң мааниси бар: 1) тамыр аркылуу жутулган минералдык заттар жана органикалык химиялык кошулмалар өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарына суунун агымы менен ташылат; 2) жалбырак аркылуу суу бууланганда ачык үттөр аркылуу фотосинтез үчүн керектүү көмүр кычкыл газы жалбыракка кирет; 3) өсүмдүк аркылуу өткөн суунун агымы бардык клеткаларды суу менен жабдып, алардын тургордук абалынын сакталышына шарт түзөт.

2.4. Суунун өсүмдүк аркылуу бууланышы. Транспирация

Өсүмдүктүн жалбырагы аркылуу суунун бууланышы транспирация деп аталат. Суунун физикалык бууланышында бууланып чыгып жаткан молекуланын энергиясы молекулалардын бири-бирине тартылуу күчүн, беттик тартылуу күчтү жеңип, суунун бетинен абага буу түрүндө бөлүнүп чыгат.

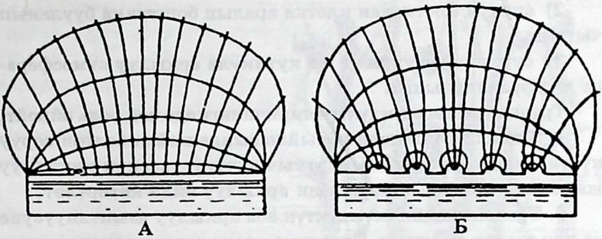
Бууланган суунун санын аныкташ үчүн Дальтон төмөнкү формуланы сунуш кылган:

$$V = K\frac{(p^1 - p^0)}{p}S$$

V – беттик бирдиктен бууланган суунун саны.

K – диффузиялык коэффициент, б.а. буунун серпилгичтиги бирге барабар болгондо убакыт бирдигинин ичинде буулантуучу бет аркылуу диффузияланган суунун массасы.

p^1 – буулантып жаткан беттин температурасында абаны каныктыруучу буунун басымы.



24-сүрөт. Суунун бууланышы: Суунун ачык бетинен (А), майда үттүк тешиктер аркылуу (Б).

p^0 – абадагы буунун накта басымы (серпилгичтиги).

p – атмосфералык басым.

S – буулантуучу беттин аянты.

Суунун бууланышынын ылдамдыгы формула көрсөткөндөй, абанын бууга каныккандыгы менен тыгыз байланышта.

Эркин суунун бетинен физикалык буулануудан айырмаланып, жалбырак аркылуу биологиялык буланууда (транспирацияда) булануу көп сандаган майда тешиктер – үттөр аркылуу жүрөт (24-сүрөт).

Ошондуктан транспирация үчүн Дальтондун формуласы туура келбейт. Транспирация үчүн Стефан башка формуланы сунуш кылган:

$$V = 4rK\frac{(p^1 - p^0)}{p}$$

r – буулантуучу тешиктин радиусу. Калгандары Дальтондун формуласындагы бойдон калат.

Майда тешиктердин четтери боюнча суу тез бууланат. Анткени бууланып чыгып жаткан молекулалар бири-бирине жолтоо болбой абага тез тарап кетишет. Майда тешикчелер аркылуу буланууда булануунун ылдамдыгы тешиктердин радиусуна пропорциялаш.

Транспирация үч процесстен турат:

1) суунун жалбырактын тарамыштарынан мезофилдин клеткаларынын сырткы бетине бөлүнүп чыгышы;

2) суунун клеткадан клетка аралык боштукка бууланып чыгышы;

3) суунун буусунун үт же кутикула аркылуу атмосферага диффузияланышы.

Транспирация өсүмдүктүн тиричилигинде чоң роль ойнойт.

1. Транспирациянын натыйжасында пайда болгон соруу күчүнүн (жогорку кыймылдаткыч күчтүн) таасири менен суу жана анда эриген заттар сабак аркылуу өйдө көтөрүлөт.

2. Транспирация өсүмдүктүн аба аркылуу азыктануусуна да чоң таасир тийгизет. Транспирация жүрүп жатканда үттөр ачык болуп, алар аркылуу фотосинтезге катышуучу көмүр кычкыл газы жалбыракка кирет.

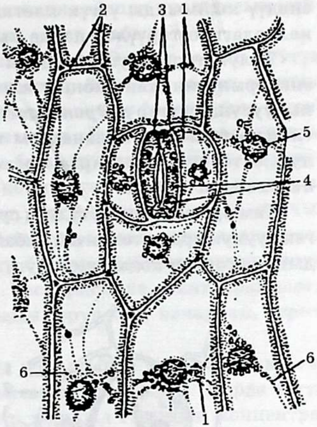
3. Транспирация жалбырактарды өтө ысып кетүүдөн сактап, анда жүрүүчү физиологиялык процесстердин нормалдуу жүрүшүнө шарт түзөт. Өсүмдүк суу менен жакшы камсыз болгондо транспирация күчтүү жүргөн жалбырактын температурасы чөйрөдөгү температурадан төмөн болот.

2.4.1. Үттөрдүн түзүлүшү. Алардын иштөө механизми

Транспирация негизинен үттөр аркылуу ишке ашырылат. Үттөр жалбырактын эки жагында тең болот. Бирок, өсүмдүктүн кээ бир түрлөрүндө алар жалбырактын астыңкы бетинде гана учурайт. Жалбырактын 1 $мм^2$ бетинде орточо 50–500 үт болот. Үттүк тешиктердин жалпы аянты жалбырактын аянтынын 0,5–2,0% тин гана түзөт. Бирок, аянтынын аздыгына карабастан Стефандын законунун негизинде үттөр аркылуу транспирация күчтүү жүрөт.

Үттү формасы жарым айга окшогон цитоплазмасында хлоропласттары бар эки бүтөөчү клетка түзөт (25–26-сүрөттөр).

Бүтөөчү клеткалардын клеткалык кабыкчасы текши калыңдыкта эмес. Сырт жакке клеткалык кабыкча жука, ал эми клетканын ички жаккы кабыкчасы калың. Ошонун негизинде тургордук абалдагы клетканын көлөмү чоңойгондо сырткы клеткалык кабыкча көбүрөөк чоюлуп, ички кабыкча чоюлбайт. Натыйжада үттүк бүтөөчү клеткалардын фор-



25-сүрөт. Жалбырактын эпидермисинин клеткалары: 1-үттүн тегерегиндеги өңсүз клеткалар; 2-клетканын кабыкчасы; 3-үттүн жабуучу клеткалары; 4-хлоропласт; 5-ядро; 6-цитоплазма.

масы өзгөрүп, алардын ортосундагы жылчык чоңоюп, үт ачылат. Үттүк клеткаларда суу азайганда алардын көлөмү кичирейип, формасы түзөлүп, клеткалардын ортосундагы тешик кичирейип, үт жабылат.

Ошентип, үттү түзгөн клеткалардын тургордук абалынын өзгөрүшүнөн үт ачылат, жабылат.

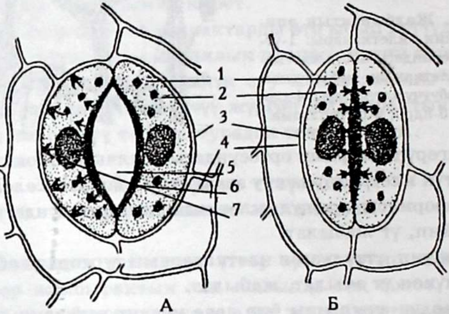
Үттөрдүн ачылышы бир нече механизмдердин жардамы менен башкарылат. Ички жана тышкы чөйрөнүн факторлору үттүк аппаратка түз жана кыйыр таасир кылып, бүтөөчү клеткалардын тургордук абалын өзгөртөт. Үттөрдүн ачылышына, жабылышына тышкы чөйрөнүн факторлорунан көмүр кычкыл газынын басымы, иондук баланс, гидратациянын деңгээли, жалбырактын жашы, өөрчүү фазасы ж.б. таасир тийгизишет. Үттөрдүн кыймылы фитогормондордун кармалышына да байланыштуу. Мисалы, цитокинин үттөрдүн ачылышына, абсциз кислотасы жабылышына түрткү болот.

Үттөрдүн кыймылына клеткада суунун саны өтө чоң таасир кылат. Гидроактивдүү жана гидропассивдүү үттүк кыймылдар бар. Активдүү кыймыл бүтөөчү клеткалардын өздөрүндөгү өзгөрүүлөрдүн натыйжасында жүрөт. Ал эми пас-

сивдүү кыймылды үттүк клеткалардын тегерегиндеги клеткалардагы өзгөрүүлөр пайда кылат.

Толук тургордук абалдагы (суу менен абдан каныккан) эпидермистин жана коншу клеткалардын бардык жагынан кысуусунан үттөр ***гидропассивдүү жабылат.*** Ал эми суу жетишсиз болгондо айланадагы клеткалардын **тургору** жоголуп, бүтөөчү клеткаларга жасаган басымы азайып үт ***гидропассивдүү ачылат.***

Тамыр аркылуу жутулган суу транспирацияда буулантылган суунун ордун толуктай албай калганда бүтөөчү клеткалардын тургордук абалы жоголуп, үт **гидроактивдүү жабылат.**



26-сүрөт. Үттүн түзүлүшү. 1-бүтөөчү клеткалар; 2-хлоропласттар; 3-бүтөөчү клетканын клеткалык кабыкчанын жука бөлүгү; 4-эпидермистин клеткалары; 5-үттүк тешик; 6-бүтөөчү клетканын клеткалык кабыкчасынын калың бөлүгү; 7-ядро; А – ачык үт; Б – жабык үт.

Үттүн гидроактивдүү жабылышы өсүмдүктүн түрүнө, жалбырактын жашына, айлана-чөйрөнүн шарттарына ыңгайлашкандыкка жараша ар түрдүү болот. Үттүн жабылышы анын клеткаларында абсциз кислотасынын концентрациясына да байланыштуу болот. Абсциз кислотасы бүтөөчү клеткалардын плазмалык мембранасындагы протондук насостордун ишин начарлатып, суунун клеткаларга киришин азайтат. Натыйжада бүтөөчү клеткалардын тургордук абалы жоголуп,

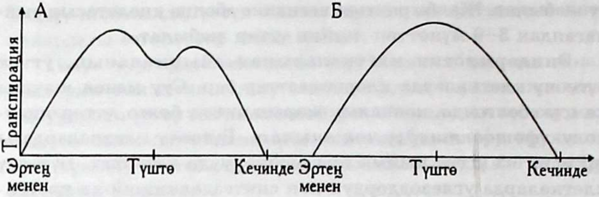
үт жабылат. Жалбырактын негизине абсциз кислотасын сыйпагандан 3–9 мүнөттөн кийин үттөр жабылат.

Эпидермистин клеткаларынан айырмаланып, үттүк бүтөөчү клеткаларда хлоропласттар бар. Суу менен жакшы камсыз болгондо, канчалык жарык күчтүү болсо, үттөр ошончолук ***фотоактивдүү чоң ачылат.*** Бүтөөчү клеткалардагы фотосинтез үттүк кыймылды башкарууда катышат. Бүтөөчү клеткаларда углеводдордун көп синтезделиниши ал клеткалардын соруу күчүн көбөйтөт. Суу клеткага кирип, үт ачылат. Фотосинтезде пайда болгон крахмал кантка ажырап, үттүк клеткалардын осмостук басымы көбөйүп, сууну соруп алып, үттүк тешик ачылат. Тескерисинче, кант крахмалга айланганда үттүк клеткалардын соруу күчү начарлап, тургору жоголуп, үт жабылат.

Үттөрдүн ачылышы жана жабылышы көмүр кычкыл газынын кармалышына да байланыштуу болот. Эгерде үттүн алдындагы көңдөйчөдө көмүр кычкыл газынын концентрациясы 0,03%тен төмөн болсо бүтөөчү клеткалар тургордук абалга өтүп үт ачылат. Эртең менен жалбыракта жүргөн фотосинтездин натыйжасында клетка аралык боштуктардагы көмүр кычкыл газынын концентрациясы азайып үттүк тешиктин ачылышына алып келет. Көмүр кычкыл газынын концентрациясынын көбөйүшүнөн үттөр жабылат. Түнүчүндө үттөрдүн жабык болушу бир четинен ушуну менен түшүндүрүлөт. Анткени түнүчүндө фотосинтез жүрбөйт, а дем алууда бөлүнүп чыккан CO_2 клетка аралык боштукта жыйылып, үттөрдүн жабылышына алып келет.

Башка өсүмдүктөрдөн айырмаланып, суккуленттерде үттөр түнүчүндө ачылып, күндүз жабык болот. Бул аларда органикалык кислоталардын алмашуусунун өзгөчөлүгү менен байланышкан. Түнүчүндө органикалык кислота малат пайда болгондо CO_2нин концентрациясы азаят. Ал эми күндүз малат декарбоксилденип, CO_2 бошоп чыгып клетка аралыктарда жыйылып, үттөрдүн жабылышына алып келет.

Транспирациянын сутканын ичинде өзгөрүшү. Транспирациянын суткалык жүрүшүнүн мезгилдүүлүгү бардык өсүмдүктөрдө байкалат.



27-сүрөт. Транспирациянын сутканын ичинде өзгөрүшү.
А – эки чокулуу, Б – бир чокулуу.

Дарактардын, көлөкөгө чыдамдуу өсүмдүктөрдүн жана көпчүлүк дан өсүмдүктөрүнүн бир күндүк транспирациясынын графиги эки чокулуу. Бул өсүмдүктөрдө суунун максималдуу бууланышы эртең менен, температуранын максималдуу көтөрүлүшүнө чейин жүрөт. Түштө транспирация төмөндөп, күн батаарда, температура төмөндөгөндө, кайра жогорулайт (27-сүрөт, А). Бул өсүмдүктөрдүн жалбырактарындагы суунун саны сутканын ичинде анчалык кескин өзгөрүүлөргө учурабайт. Алар суунун санынын кескин өзгөрүүсүнө чыдамсыз. Клеткадагы суунун санынын кескин өзгөрүүсүнө чыдамдуу өсүмдүктөрдүн бир күндүк транспирациясынын графиктик көрүнүшү бир чокулуу. Анын максималдык мааниси түшкү сааттарга туура келет (27-сүрөт, Б). Эки учурда тең эң төмөнкү транспирация түндө жүрөт.

Сутканын ичинде транспирациянын өзгөрүшү үттүк тешиктин ачылышы, жабылышы менен айкалышат.

Эртең менен күн чыгып жарык боло баштагандан баштап фотосинтез жүрүп, крахмал пайда болуп, ал кантка ажырап, үттүк клеткалардын осмостук басымы өсүп, көмүр кычкыл газынын концентрациясы азайып, суу үттүк клеткаларга жутулуп кирип, үт фотоактивдүү ачылат. Түшкү күн ысыкта максималдуу ачылган үт аркылуу бууланган суунун ордун тамыр аркылуу жутулган суу толуктай албай үттүк клеткаларда суунун жетишсиздигинен тургорунун азайышынан жана жогорку температурада күчөтүлгөн дем алуу-

да бөлүнүп чыккан CO_2нин топтолушунан үттөр гидроактивдүү жабылат.

Түштөн кийин кечке жакын температура төмөндөгөндө клеткаларда суу көп боло баштаганда үттөр кайра ачылат. Күн баткандан кийин температура төмөндөп, атмосферада суунун буусу көбөйүп, өсүмдүк аркылуу суунун бууланышы начарлайт. Өсүмдүктө суунун саны жетиштүү болуп, клеткалар тургордук абалга келет. Сууга каныккан эпидермистин клеткалары үттүк клеткаларды кысып, үт гидропассивдүү жабылат да үттүн жабык абалы эртең менен жарык болгонго чейин сакталат.

Кутикулалык транспирация. Суунун эпидермистин клеткаларынын бети аркылуу бууланышы кутикулалык транспирация деп аталат. Транспирация үттөр аркылуу жүрүп жатканда кутикулалык транспирациянын мааниси анча чоң эмес. Бирок, үттөр жабык болуп калганда, мисалы кургакчылыкта, кээ бир өсүмдүктөрдүн суу алмашуусунда кутикулалык транспирация чоң мааниге ээ. Ар түрдүү өсүмдүктөрдө кутикулалык транспирациянын үлүшү ар кандай. Кээ бир кутикуласы жука жаш өсүмдүктөрдө кутикулалык транспирация жалпы транспирациянын 50% ин түзөт. Картайган жалбырактарда кутикулалык транспирация жалпы транспирациянын $\frac{1}{10}$ бөлүгүн түзөт. Кутикулалык транспирациянын чоңдугу кутикуланын калыңдыгына байланыштуу, жука кутикулалуу өсүмдүктөрдө бул транспирация күчтүүрөөк. Суу аз санда бүчүрлөр, сабак, мөмөлөр аркылуу да бууланат.

2.4.2. Транспирациянын сандык көрсөткүчтөрү

Өсүмдүктөрдү транспирациясы боюнча өз ара салыштырыш үчүн, суу алмашуу процессинин жүрүшүн текшерүү үчүн транспирациянын ар кандай сандык көрсөткүчтөрү колдонулат.

1. ***Транспирациянын күчтүүлүгү*** жалбырактын аянтынын бирдиги аркылуу бир саатта бууланган суунун санын туюнтат (г/$м^2$ саат). Транспирациянын күчтүүлүгү

көпчүлүк өсүмдүктөр үчүн күндүз 15–250 г/м^2, саат, түнкүсүн 1–20 г/м^2, саатты түзөт.

2. ***Транспирациянын продуктуулугу*** өсүмдүк аркылуу 1000 г суу бууланганда өсүмдүктө пайда болгон кургак заттардын грамм менен туюнтулган санын көрсөтөт. Транспирациянын продуктуулугу мелүүн климатта өскөн өсүмдүктөрдө 1–8 г (орточо 3 г), б.а. өсүмдүк 1000 г сууну буулантканда 3 граммга жакын, кургак зат синтезделинет.

3. ***Транспирациялык коэффициент*** транспирациянын продуктуулугуна тескери чоңдук, 1 грамм кургак затты синтездөө үчүн өсүмдүк аркылуу бууланган суунун грамм менен туюнтулган санын көрсөтөт. Транспирациялык коэффициент айыл чарба өсүмдүктөрү үчүн 125тен 1000 г чейин (орточо 300 г, б.а. 1 грамм кургак заттын топтолушу үчүн 300 г суу сарпталат). Өсүмдүк азыктанышы үчүн керектүү органикалык заттарды синтездеш үчүн жутулган суунун 0,2% тин гана пайдаланат. Калган 99,8% буулануууга кетет.

4. ***Сууну сарптоонун ылдамдыгы*** убакыт бирдигинин ичинде сарпталган суунун өсүмдүктөгү кармалган бардык суунун санына карата процент менен алынган санын көрсөтөт. Сууну сарптоонун ылдамдыгы 10дон 80% ке чейин.

5. ***Салыштырмалуу транспирация.*** Жалбырактын бети аркылуу суунун бууланышынын ылдамдыгынын (E) эркин суунун бети аркылуу суунун бууланышынын ылдамдыгына (v) болгон катышы салыштырмалуу транспирация деп аталат $(\frac{E}{v})$. Салыштырмалуу транспирация 0,1–0,5 барабар, кээ бир өсүмдүктөрдө 1ге чейин жетет.

Ар түрдүү өсүмдүктөрдө нормалдуу жашоосу үчүн сарпталган суунун саны ар кандай. Мисалы, бир жайдын ичинде жүгөрүнүн бир өсүмдүгү 150 кг, күн караманын бир өсүмдүгү 200 кг, буурчактыкы – 4 кг сууну буулантышат. Ал эми бир гектар талаадагы өсүмдүктөр бир жайда 200–2500 т сууну буулантат.

2.5. Ар түрдүү экологиялык топтордогу өсүмдүктөрдүн суу алмашуусунун өзгөчөлүктөрү

Өсүмдүккө тыштан кирген суу менен сарпталган суунун ортосундагы катыш өтө ар түрдүү. Ал ички жана тышкы чөйрөнүн факторлоруна, өсүмдүктөрдүн ар түрдүү экологиялык шарттарга ыңгайлашкандыгына байланыштуу болот. Өсүмдүктөрдүн төмөндөгүдөй негизги экологиялык топтору бар.

ГИГРОФИТТЕР. Бул өсүмдүктөрдүн жашоо тиричилиги жаан-чачындуу, өзгөчө нымдуу шартка ыңгайланган. Гигрофиттердин үттүк транспирациясы начар өөрчүп, кутикулалык транспирациясы үстөмдүк кылат. Кургакчылыктын жагымсыз таасирлерине каршы туруууга эч кандай жөндөмдүүлүгү жок. Бул топтогу өсүмдүктөрдүн салыштырмалуу транспирациясы бирден чоң.

МЕЗОФИТТЕР. Бул топтогу өсүмдүктөр орточо нымдуу аймактарда өсүшөт. Мезофиттерге дээрлик бардык дан өсүмдүктөрү ж.б. көп айыл чарба өсүмдүктөрү, картошка, кызылча кирет.

КСЕРОФИТТЕР. Нымдуулугу жетишсиз аймактарда өсүүчү өсүмдүктөрдүн чоң тобу. Бул өсүмдүктөр топуракта да, абада да суунун жетишсиздигине түзүлүштөрүндөгү көп түрдүү өзгөчөлүктөрү менен ыңгайланышкан. Ксерофиттерге суусуз шартка ар түрдүүчө жол менен ыңгайланышкан өсүмдүктөрдүн көп түрү кирет. Ксерофиттерге да, мезофиттерге да кирбеген аралык абалдагы өсүмдүктөр да бар.

Ксерофиттердин кургакчылыктын катаал шарттарына туруштук берип, жашоо тиричиликтеринин нормалдуу өтүп жатышынын себептерин аныктоо физиологдордун башкы проблемаларынын бири. Бул проблеманын чечилишинин практикалык да мааниси бар. Анткени көпчүлүк айыл чарба өсүмдүктөрү суусу жетишсиз, аба ырайы катаал райондордо өстүрүлөт.

К.А.Тимирязев өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка чыдамдуулук касиеттеринин келип чыгышынын себептерин анализдеп, өсүмдүктөрдүн чыдамдуулук касиеттеринин келип чыгышынын себеби ошол өсүмдүк жашап жаткан чөйрөнүн ка-

таал шарттары экендигин көрсөткөн. Өсүмдүктөр ыңгайсыз шарттын таасири астында түзүлүшүн, химиялык составын, касиеттерин өзгөртүп, ошол шартта жашоого ыңгайланышат. К.А. Тимирязевдин бул баалуу көрсөтүүлөрүн көп окумуштуулар өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка чыдамдуулугун изилдөөдө колдонушат.

Түрдүү экологиялык топтордогу өсүмдүктөрдө топурактан жутулган суу менен буулантылган суунун тең салмактуулугу топурактан суунун жутулушун тестөө менен да, суунун бууланышын тестөө менен да жетишилет. Кээ бир өсүмдүктөрдө кургакчылыкка туруктуулугу атмосферадагы суунун жетишсиздигине ыңгайлашкандыгы менен шартталса, башка өсүмдүктөрдө топуракта суунун жетишсиздигине ыңгайланышуусу менен шартталган. Бирок, бардык учурда тең кургакчылыкка туруктуулук касиеттер ошол өсүмдүктөрдүн жашап жаткан чөйрөлөрдүн шарттарынын таасири астында пайда болгон.

К.А.Тимирязев көпчүлүк талаа өсүмдүктөрүнүн жалбырактарынын беттеринин түктүү болушунун, үттөрүнүн тереңирээк же жалбырактын астыңкы бетинде жайланышынын кургакчылыкка ыңгайланышууда чоң мааниси бар экендигин белгилеген. Жалбырактын бетиндеги түктөр жалбырактын тирүү клеткаларын тике тийген күндүн нурунан ысышынан сактайт. Үттөрдүн терендикте жайланышы алардын тегерегинде нымдуу абанын болушунан үттөр узагыраак ачык болуп, фотосинтездин жүрүшүнө шарт түзөт.

Кургакка туруктуу өсүмдүктөр жана алардын органдары анатомиялык түзүлүшүндөгү өзгөчөлүктөрү менен да айырмаланышарын В.Р.Заленский далилдеген. Өсүмдүктүн жогору жагында жайланышкан жалбырактары ачык атмосферада болуп, кургакчылыктын таасири көп тийгендиктен төмөнкү жайланышкан жалбырактарга салыштырганда ксерофиттик касиеттери көбүрөөк өөрчүгөн. Алардын жалбырактары күчтүү тарамышталган, өткөрүүчү түтүктөрү күчтүү өөрчүгөн, соруу күчү чоң, клетка аралыктары аз, осмостук басымы чоң, транспирациясы күчтүү. Соруу күчүнүн чоңдугунан жогорку жалбырактар төмөнкү жайланышкан жалбы-

рактардан сууну соруп алып, өздөрүн керектүү суу менен камсыз кылышат. Чөйрөдө кармалган суунун өзгөрүүсүнө жооп катары ксерофиттерде жана мезофиттерде суунун кармалышы ар түрдүүчө өзгөрөт. Ксерофиттерде суунун санынын өзгөрүшү анчалык байкалбайт. Суу жетишсиз шартта мезофиттерде суунун саны кескин (40% ке чейин) төмөндөйт. Ал эми чөйрөдө суу көп болгондо мезофиттердин ткандарындагы суунун саны ксерофиттерге салыштарганда 1,5–2 эсе жогорулайт. Демек, мезофиттердин кургакчылыкка начар чыдамдуулугу алардын чөйрөдөн сууну алуу жөндөмдүүлүгүнүн жана суу жетишсиз шарттарда ткандарында сууну тутуу жөндөмдүүлүктөрүнүн начардыгы менен түшүндүрүлөт.

Суу жетишсиз шарттарга ыңгайланышуусунун түрлөрүнө жараша ксерофиттер бир нече топторго бөлүнөт.

Биринчи топту тамыр системасы жакшы өөрчүп, өзүн керектүү суу менен камсыз кылган, транспирациясы чоң өсүмдүктөр (төө куйрук, шалфей, беде) түзөт. Бул топтогу өсүмдүктөрдүн кээ бирлеринин, мисалы төө куйруктун, тамыры 30 м терендикке чейин жетип, ошончолук терендиктеги сууну өзүнө алат. Бул топтогу өсүмдүктөрдүн клеткаларынын протоплазмасынын илешкектиги, суу тутуу жөндөмдүүлүгү төмөн болгондуктан клеткада суунун аз эле жетишсиздиги өсүмдүктү жабырлантат.

Экинчи топтогу ксерофиттер биринчи топтогулардан айырмаланышып, транспирациясы чоң эмес, жалбырактары сыртынан коргоочу калың түк менен капталган, тамыр системасы күчтүү бутактанып, анча терең жайгашпайт. Протоплазмасынын илешкектиги чоң болуп, бул өсүмдүктөрдүн ысыкка жана суунун узак жетишсиздигине чыдамдуулугу жогору. Бул топтун өкүлдөрү: шыбактын, бетегенин түрлөрү.

СУККУЛЕНТТЕР – калың эттүү жалбырактуу же эттүү жоон сабактуу өсүмдүктөр ксерофиттердин өзгөчө тобун түзүшөт. Калың жалбырактарында жана жоон сабактарында запастык суу топтолот. Көпчүлүк суккуленттердин жалбырактары тикенекке айланган же сыртынан калың кутикула, кебер менен капталып, транспирациянын начар жүрүшүнө шарт түзүлгөн.

Бул өсүмдүктөрдүн тамыр системасы топурактын үстүңкү катмарына жакын жайланышып, жаан-чачындын суусун соруп алууга ыңгайланышкан. Сырттан соруп алынган суу эттүү жалбыракта, сабакта сакталып, кургакчылык мезгилдерде тиричилик процесстерине жумшалат.

Суккуленттердин протоплазмасынын илешкектиги өтө жогору болгондуктан, транспирациясынын начардыгына карабастан, алардын ысыкка чыдамдуулугу чоң. Транспирациясынын төмөндүгүнөн жана фотосинтез жүрүүчү бетинин аздыгынан суккуленттер өтө жай өсүшөт. Ксерофиттердин бул тобунун өкүлдөрү: кактустар, алоэ, агава ж.б.

Физиологиялык жактан өзгөчөлөнгөн өсүмдүктөрдүн дагы бир тобу – ***галофиттер*** – осмостук басымы чоң, туздуу топуракта өсүүгө жөндөмдүү өсүмдүктөр. Осмостук басымы чоң чөйрөдөн сууну алууга ыңгайланышып, бул өсүмдүктөрдүн осмостук басымы ондогон, кээде жүздөгөн атмосфераларга жетет. Тамырынын клеткаларынын электролиттерди өткөрүүчүлүгү жогору.

Кээ бир галофиттерде (солянка) жутулуп алынган минералдык туздар клеткалык ширеде топтолуп 7% ке чейин (1 литрде 70 г туз) жетет. Топтолгон туздардын басымдуу бөлүгүн хлордуу натрий түзөт.

Галофиттердин башка тобундагы өсүмдүктөрдө (кермек, жийде, тамарикс ж.б.) тамыр аркылуу жутулган туздар жалбырактарындагы, сабактарындагы атайын тешиктер аркылуу сыртка бөлүнүп чыгат.

Галофиттердин үчүнчү тобундагы өсүмдүктөрдүн (туздуу топуракта өскөн шыбак, бетеге) клеткаларында көп сандагы органикалык кислоталар болгондуктан алардын осмостук басымы чоң.

Галофиттерге мүнөздүү жогорку осмостук басым, кургакчылыкка чыдамдуулук жана күчтүү соруу күчү ал өсүмдүктөр туздуу шартта өскөндө гана байкалат. Эгерде ал өсүмдүктөр суусу жетиштүү, тузсуз чөйрөдө өссө, алар физиологиялык касиеттери боюнча мезофиттерден айырмаланышпайт.

Жогоруда айтылгандар өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка чыдамдуулугу алардын кургак шарттын тийгизген таасирине карата жообу экендигин, өсүмдүктөрдүн чөйрөнүн катаал шарттарына ыңгайланышуу жөндөмдүүлүгү алардын ички касиетине, жаратылышына байланыштуу экендигин далилдейт.

2.6. Өсүмдүктөрдү сугаруунун физиологиялык негиздери

Өсүмдүктүн өсүшүнө, өөрчүшүнө чөйрөнүн башка факторлоруна караганда суу көбүрөөк таасирин тийгизет.

Топурактагы суунун саны соолуу коэффициентине жеткенге чейин эле өсүмдүктөрдүн зат алмашуу процесстери нормалдуу жүрбөй калат. Бир эле жолу катуу кургакчылыкка дуушар болгон өсүмдүктүн зат алмашуусу нормалдуу абалга кайрылып келбейт.

Өсүмдүктө суунун жетишсиздиги суунун топурактан жутулушуна, тамырдык басымга, уруктардын өнүшүнө, үттөрдүн кыймылына, транспирацияга, фотосинтезге, дем алууга, ферменттердин активдүүлүгүнө, өсүп-өөрчүүгө таасирин тийгизет. Суунун жетишсиздиги зат алмашуу процесстерин өзгөртүп, өсүмдүктөрдүн түшүмүнө, мөмөлөрдүн даамына, продуктулардын сапатына таасирин тийгизет.

Өсүмдүк суусун жоготуп, соолуганда белоктун ажыроо реакциялары күчөп, азот кармоочу белоктук эмес заттардын саны көбөйүп, алардын мөмөгө ташылуу ылдамдыгы өсөт. Натыйжада, кургакчылык шартта белоктордун жалбырактарда кармалышы салыштырмалуу азайып, ал эми уруктарда – көбөйөт.

Суунун жетишсиздиги углеводдук алмашууга да таасирин тийгизет. Суу жетишсиздиктин башталышында фотосинтездин начарлоосунан моносахариддердин кармалышы азаят, кийин төмөнкү жайланышкан жалбырактардагы полисахариддердин гидролизинин натыйжасында моносахариддердин саны көбөйөт. Узакка созулган суунун жетишсиздигинде канттын бардык түрлөрүнүн азайышы байкалат.

Узакка созулган суунун жетишсиздиги фотосинтездин активдүүлүгүн, фотосинтездик фосфорлоодо пайда болгон АТФтин санын төмөндөтөт. Топурактык жана атмосфералык кургакчылыктын таасири астында фотосинтездин продуктуларынын жалбырактан башка органдарга агып кетишинин ылдамдыгы төмөндөйт.

Сабактын жогору жагына жайланышкан жалбырактарда гидролиздик реакциялар күчтүүрөөк жүргөндүктөн осмостук активдүү заттар көбүрөөк топтолуп, осмостук басымы жогорулап, төмөнкү жайланышкан жалбырактардан сууну соруп алышып, синтездик процесстердин нормалдуу жүрүүсү узак убакытка созулат.

Көп өлкөлөрдө айыл чарба өсүмдүктөрүнө кургакчылык чоң зыян келтирет. Азыркы кезде кургакчылыкка каршы күрөшүүнүн бир топ жолдору иштелип чыккан. Алардын ичинен жасалма сугаруу негизги орунду ээлейт.

Айыл чарба өсүмдүктөрүн сугарууда ар бир өсүмдүктүн түрү үчүн сугаруу мөөнөтүн туура аныктоо башкы ролду ойнойт. Бул проблеманы чечүү үчүн айыл чарба өсүмдүктөрүнүн тамыр системасынын негизги массасы жайланышкан топурактын катмарында кармалган өсүмдүктүн жашоосу үчүн нормалдуу суунун санынын төмөнкү жана жогорку чектерин аныктоо зарыл.

Өсүмдүктүн нормалдуу жашашы үчүн жетиштүү суунун жогорку чеги топурактын **талаалык суу сыйымдуулугу** болот. Эгерде топурактын нымдуулугу талаалык суу сыйымдуулуктан жогору болсо, анда артык баш суу болсо да тамырга кычкылтек жетишсиз болгондуктан суу сорулуп кирбей пайдасыз болот. Эгерде топурак соолуу коэффициентине чейин кургатылса, анда өсүмдүктөр суунун жетишсиздигинен жапа чегишип, алардын түшүмдүүлүгү начарлайт.

Соолуу коэффициенти өсүмдүктөрдүн сугаруу мөөнөтүн жана нормасын аныктоочу көрсөткүч боло албайт. Анткени топуракта суу жетишсиздигинен улам түшүмдүн төмөндөшүнө өсүмдүктүн соолуусу эмес андагы суунун такай жетишсиздиги алып келет. Бул суунун жетишсиздиги соолуу коэффициентине чейин эле пайда болот. Ошондуктан дыйканчылыкта

сугарууну колдонгондо андан ары төмөндөгөндө физиологиялык процесстердин нормалдуу жүрүшү бузулуп, органикалык заттардын акырындап топтолушу жана түшүмдүн төмөндөшү байкалуучу топурактагы суунун санын аныктоо зарыл. Топурактын мындай нымдуулугу ***оптималдык нымдуулуктун төмөнкү*** чеги деп аталат.

Вегетация учурунда өсүмдүктүн сууга муктаждыгы жана оптималдык нымдуулуктун төмөнкү чеги ар бир өсүмдүктүн түрү үчүн ар башка жана өсүмдүктүн өөрчүү фазаларына, топурактын өзгөчөлүктөрүнө (туздуулугу, майлуулугу ж.б), аба ырайынын шарттарына ж.б. байланыштуу болот.

Бирок, өндүрүштө сугарууну топурактын нымдуулугуна карата жүргүзүү көп эмгекти талап кылат. Ошондуктан сугаруунун мөөнөтүн өсүмдүктөрдүн абалына жараша аныктоо сунуш кылынган. Сугаруунун мөөнөтүн жалбырактагы суунун кармалышына, осмостук басымына, үттөрдүн ачыктыгына карап аныкташат. Жалбырактардын соруу күчүнүн өзгөрүшү боюнча сугаруу мөөнөтүн аныктоо кеңири колдонулуучу метод болуп саналат. Азыркы кезде көп айыл чарба өсүмдүктөрү үчүн сугаруу мөөнөтүн аныктоочу соруу күчү белгилүү. Мисалы, жаздык буудайдын бутактануу – түтүктөнүү фазаларында соруу күчү 0,81–0,91 Мпа, баш алуу фазасында – 1,0–1,11 Мпа, дан байлаганда – 1,11–1,21 Мпа.

Кургакчылык райондордо өсүмдүктөрдү кургакчылыктан жабыр чектирбей так жана үнөмдүү сугаруу үчүн физиологиялык көрсөткүчтөрдү иштеп чыгуунун чоң мааниси бар.

Суу өсүмдүктүн массасынын 70–90% ин түзөт. Анын клеткага жутулушу соруу күчүнүн, вакуолдук ширенин осмостук басымынын, тургордук басымдын чоңдугу менен аныкталат.

Тамыр аркылуу сорулган суу анын клеткалары аркылуу жылып ксилеманын түтүктөрүнө чейин жетет. Ксилема аркылуу суунун ташылышы тамырдык басымдын (төмөнкү кыймылдаткыч) жана транспирациянын (жогорку кыймылдаткыч) жардамы менен ишке ашырылат. Өсүмдүктөгү суунун топурактан атмосферага чейинки потенциалдык градиенти суунун өсүмдүктө төмөнтөн жогору карай агышынын кыймылдаткыч күчү болуп саналат.

Өсүмдүк аркылуу жутулган суунун басымдуу бөлүгү транспирацияда өсүмдүк аркылуу бууландырылат, 0,2% ке жакыны клеткалардын тургордук абалын сактоого, зат алмашуу процесстерине, органикалык заттардын флоэма аркылуу ташылышына жумшалат.

Клеткаларда суунун жетишсиздиги бардык физиологиялык процесстерге таасирин тийгизет, түшүмдүүлүктү төмөндөтөт.

3. ФОТОСИНТЕЗ

3.1. Фотосинтезди изилдөөнүн тарыхы

Азыктык затка кедей аска таштарда чоң-чоң дарактардын өсүшү илгертен эле адамдарды ойлондуруп таң калтырган. Англиялык ботаник жана химик С.Гейлс (1727) өсүмдүктөр азыктык заттардын басымдуу бөлүгүн абадан алат жана ага жалбырактар аркылуу жутулган жарык көмөкчү болуш керек деп болжолдогон. Ушундай ойду М.В.Ломоносов да айткан. Ушинтип, өсүмдүктөрдүн аба аркылуу азыктанышы жөнүндөгү ойлор туула баштаган.

1771-жылы англиялык химик Дж.Пристли күйүп турган шамды, тирүү чычканды, өсүп турган өсүмдүктү чогуусу менен көмкөрүлгөн айнек идиштин астында кармап, шамдын күйүшүнөн, чычкандын дем алышынан бузулган абаны өсүмдүк тазалай тургандыгын байкаган. Көмкөрүлгөн айнек идиштин астында өсүмдүк да болгондо шамдын күйүшү, чычкандын дем алышы узакка созулган.

1776-жылы швед окумуштуусу К.В.Шееле Дж.Пристлинин тажрыйбасын кайталап коюп, бирок аны караңгы жерде өткөрүп, идиштин астындагы аба тазарбагандыгын байкаган. Ал абада шам күйбөй, чычкан дем ала албай калган. Анын себебин голландиялык доктор Я.Ингенхауз аныктап, жашыл өсүмдүктөр кычкылтекти жарыкта гана бөлүп чыгара тургандыгын айткан.

1782-жылы швейцариялык окумуштуу Ж.Сенебье өсүмдүктөр жарыкта кычкылтекти эле бөлүп чыгарбастан, чөйрөдөн көмүр кычкыл газын жутуп аларын далилдеген. Ж.Сенебье муну өсүмдүктүн көмүртек менен азыктануусу деп атаган.

1804-жылы швейцариялык окумуштуу Т.Соссюр бул процесстерди сан жагынан анализдеп өсүмдүк жарыкта сини-

рип алган көмүр кычкыл газдын саны бөлүнүп чыккан кычкылтектин санына барабар экендигин аныктаган. Бирок, өсүмдүктө топтолгон кургак масса сиңирип алынган көмүртектин массасынан ашып кеткен. Мындан Т.Соссюр өсүмдүктө органикалык массанын түзүлүшүндө көмүр кычкыл газынан башка дагы суу катыщат деген жыйынтыкка келген, б.а. суу дагы көмүр кычкыл газы сыяктуу өсүмдүктүн азыктанышы үчүн эң керектүү зат. Соссюрдун жүргүзгөн тажрыйбаларын французчук агрохимик Ж.Б.Буссенго (1840-ж.) текшерип, Соссюрдун айткандарынын тууралыгын далилдеген.

1817-жылы француздук химиктер П.Ж.Пельтье жана Ж.Каванту өсүмдүктөрдүн жалбырактарынан жашыл түстөгү пигментти бөлүп алышып, аны хлорофилл деп аташкан (грек. chloros – жашыл, phyllon – жалбырак). Хлорофилл хлоропласттарда кармалат.

1865-жылы немец окумуштуусу Ю.Сакс өсүмдүктөрдүн жалбырактарында жарыкта крахмал пайда болуп, ал хлоропласта кармала тургандыгын далилдеген. Ю.Сакс төмөнкүдөй тажрыйба жүргүзгөн. Жалбыракты алдын ала караңгы жерде кармаган. Андан кийин жалбырактын жарымын жарык өткөрбөгөн кагаз менен жаап караңгыда кармап, экинчи жарымын жарыкка калтырган. Андан кийин жалбыракты спирттин жардамы менен өңсүздөндүрүп, йодго малган. Жалбырактын жарыкта турган жарымы андагы пайда болгон крахмалдын йод менен кирген реакциясынын натыйжасында кочкул күлгүн түскө боёлгон. Ал эми караңгыда калтырылган жарымы боёлгон эмес. Крахмалдык данчалар хлоропласттарда пайда боло тургандыгын микроскоптук изилдөөлөр далилдеди. Күндүн жарыгында крахмал 5 мүнөттө пайда болот.

XIX кылымдын 60-жылдарында А.С.Фаминцын керосин чырагынын жарыгында балырлардын клеткаларында 30 мүнөттө крахмал пайда болоорун байкаган.

Т.В.Энгельман 1881-жылы спирогиранын жипчесин суусу бар шакекчеге жайгаштырып, жабуучу айнек менен жаап, чекесин аба кирбегендей кылып вазелин менен майлап койгон. Бул камерада балырдан башка кычкылтектүү чөйрөдө

активдүү кыймылдоочу бактерия да жайгаштырылган. Караңгыда балырдын дем алышынын натыйжасында камерада кычкылтек жоголгон. Камераны кайра жарыктандырганда анда фотосинтез жүрүп, кычкылтек кайра пайда болгон. Бактериялар жакшы жарыктанган хлоропласттардын тегерегине топтолушкан. Бул тажрыйбанын натыйжасында жарыкта кычкылтекти хлоропласттар бөлүп чыгара тургандыгы далилденген.

XIX кылымдын жарымынан баштап фотосинтез процессинде жарыктын маанисин изилдей башташкан. Америкалык физик Дж.У.Дрепер (1846), Ю.Сакс жана В.Пфеффер фотосинтез жарыктын сары нурларында жакшы жүрөрүн аныкташкан.

Ю.Майер жана Г.Гельмгольц жашыл өсүмдүктөр күндүн энергиясын жутуп алып, аны химиялык энергияга айландырышат деген ойду айтышкан. Бирок эксперименттик жол менен далилдей алышкан эмес. Алардын көз карашы боюнча фотосинтез – бул күндүн энергиясын химиялык байланган энергияга айландыруучу процесс.

1875-жылы К.А.Тимирязевдин методикалык туура жүргүзгөн изилдөөлөрү жалбыракты кызыл түстөгү нур менен жарыктандырганда (хлорофилл аркылуу жутулуучу жарык) CO_2 максималдуу жутула тургандыгын далилдеген. Фотосинтезде хлорофилл жарыктын таасири астында калыбына келген абалдан кычкылданган абалга келип, фотосинтезге түздөн-түз катыша тургандыгын, фотосинтездин космостук мааниси бар экендигин Тимирязев көрсөткөн. Күндүн нурун сиңирип, жердеги башка энергияга айландыруучу жалгыз процесс – бул фотосинтез. Хлоропласта күндүн энергиясы углеводдордун химиялык энергиясына айланат. Фотосинтездин продуктусу крахмал ж.б. кошулмалар бардык тирүү организмдер үчүн азыктык зат. Тирүү организмдер дем алганда ал энергия бошонуп чыгып, ал организмди жылытууга, кыймылга келтирүүгө, жумуш аткарууга жумшалат.

3.2. Фотосинтез жөнүндө түшүнүк жана анын мааниси

Фотосинтез процессинде төмөнкү энергиялуу жөнөкөй заттар – CO_2 жана суу удаалаш өткөн бир катар реакциялардын натыйжасында энергияга бай татаал түзүлүштөгү органикалык заттарга айланат. Фотосинтезде хлорофилл аркылуу жутулуп алынган күндүн энергиясы бул процесске катышкан баштапкы CO_2нин жана суунун молекулаларынан кайра түзүлгөн жаңы органикалык заттардын молекулаларындагы химиялык байланыштардын энергиясына айланат.

Азыркы кездеги көз караш боюнча фотосинтез, ылдамдыгы ар түрдүү болгон физикалык, фотохимиялык, биохимиялык бир нече реакциялардан турат.

Фотосинтездин биринчи этабында физикалык кубулуш жүрөт. Жарыктын энергиясы жашыл пигмент аркылуу жутулуп, анын дүүлүккөн молекуласынын энергиясына айланат. Бул этап 10^{-15}–10^{-9} сек. өтөт.

Фотосинтездин экинчи этабында фотохимиялык реакциялар жүрөт. Бул этапта электрондук дүүлүккөн пигменттин молекуласынын энергиясы биринчи кычкылдандыруучулардын жана калыбына келтирүүчүлөрдүн химиялык энергиясына айланат.

Фотохимиялык реакциялар менен биохимиялык реакциялардын жүрүшү бири-бири менен байланыштуу. Фотохимиялык реакцияда пайда болгон энергияга бай калыбына келтиргич НАДФ жана энергиянын универсалдык булагы АТФ өтө активдүү болгондуктан клеткада көп топтолуп тура алышпайт. Ошондуктан алар биохимиялык реакциялардын натыйжасында туруктуу химиялык кошулмаларга айланат. Бул реакцияларда CO_2 сиңирилип, калыбына келип, органикалык кошулмалар пайда болот. Органикалык кошулмалардын молекуласына НАДФH_2 жана АТФдин энергиялары өтөт.

Ушинтип, фотосинтез организмди энергия, органикалык зат менен камсыз кылуучу процесс болуп саналат.

Фотосинтез – күндүн энергиясын химиялык байланыштардын энергиясына айландыруучу Жер жүзүндөгү жалгыз

процесс. Фотосинтезде жашыл өсүмдүктө топтолгон энергия Жер жүзүндөгү бактериядан тартып адамга чейинки бардык гетеротрофтук организмдердин жашоосунун негизин түзөт.

Фотосинтездин космостук ролун К.А.Тимирязев биринчи изилдеп көрсөткөн. Фотосинтездин жаратылыштагы мааниси:

1. Фотосинтездин натыйжасында органикалык масса топтолот. Бир жылда кургактагы өсүмдүктөр 100–172 млрд.т деңиздердеги, океандардагы өсүмдүктөр 60–70 млрд.т биомасса топтошот. Азыркы кезде Жер жүзүндөгү өсүмдүктөрдүн жалпы массасы 2402,7 млрд.т түзөт. Жаныбарлардын жана микроорганизмдердин жалпы массасы 23 млрд.т же өсүмдүктөрдүн массасынын 1% түзөт.

Өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын органикалык калдыктары жерде топтолуп, өзгөрүүлөргө дуушар болуп, гумуска жана чымга айланат. Ал эми литосферанын калың катмарында топтолгон калдыктардан белгилүү шарттарда таш көмүр пайда болгон. Океандардагы, деңиздердеги калдыктардан (негизинен жаныбарлардын) литосферанын катмарында микроорганизмдердин, жогорку температуранын жана басымдын таасири астында газ жана нефть пайда болгон. Нефть жана газ 10000–12000 млрд.т түзөт

Органикалык калдыктардын өзгөчө көп топтолушу мындан 300 млн. жыл мурун палеозойдук эрада жүргөн. Таш көмүр, нефть, газ, жыгачтар адамдардын турмушунда, өнөр жайда, айыл чарбада энергия алыш үчүн колдонулат.

2. Фотосинтездин натыйжасында атмосферадагы CO_2нин саны болжол менен туруктуу. Тирүү организмдердин дем алуусунда, ачытууларда, күйүүдө, геохимиялык процесстерде, адамдын өндүрүштүк аракеттеринде атмосферага эбегейсиз көп сандагы CO_2 бөлүнүп чыгат. Ошого карабастан CO_2 ашык санда атмосферада топтолбойт. Анткени ал фотосинтезде жашыл өсүмдүктөр аркылуу жутулат. Эгерде фотосинтез жок болсо Жер жүзүндөгү тирүү организмдер атмосферада топтолгон CO_2ден бат эле ууланышмак. Бир жагынан фотосинтез, экинчи жагынан – дем алуу, күйүү CO_2нин санынын атмосферада салыштырмалуу туруктуу деңгээлде кармалышына шарт түзөт.

3. Фотосинтез атмосферага кычкылтектин бөлүнүп чыгып турушун камсыз кылат. Жыл сайын фотосинтездин жүрүшүндө атмосферага 70–120 млрд.т кычкылтек бөлүнүп чыгат. Бул кычкылтек бардык тирүү организмдердин (бактериялардын, козу карындардын, өсүмдүктөрдүн, жаныбарлардын, адамдын) дем алуусу үчүн керек.

Атмосферада кычкылтектин көбөйүшүндө токойдун өзгөчө мааниси бар. Бир гектар токой жаз, жай айларында бир саатта 200 адам дем ала турган кычкылтек бөлүп чыгарары эсептелинген.

4. Атмосферанын жогорку катмарында, 25 км жакын бийиктикте, күндүн радиациясынын таасири астында кычкылтектин молекуласынан озон (O_3) пайда болот. Озон ультрафиолет нурларынын (240–290 нм) көп бөлүгүн жутуп калат. Ультрафиолет нурлары бардык тирүү организмдерге өлтүрүүчү таасир тийгизет.

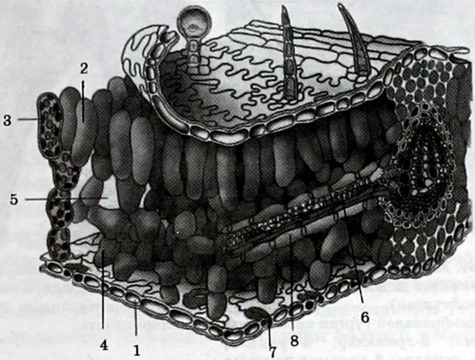
Өнөр жайлык ж.б. калдыктар менен атмосферанын булганышынан озондук катмар бузулуп озондук тешиктер пайда болот.

5. Нефтини, газды, таш көмүрдү жагууда бөлүнүп чыккан CO_2нин атмосферадагы саны жыл сайын болжол менен 0,23% ке өсүп жатат. CO_2 күндүн инфракызыл нурларын жутуп алып, Жердин бетинин орточо температурасынын жогорулашына алып келет. Бул ***парниктик эффект*** деп аталат. Жердин бетинин температурасынын жогорулашы тоолордогу жана Жер шарынын уюлдарындагы мөңгүлөрдүн эришине алып келет. Атмосферада CO_2нин көбөйүшү өсүмдүктөрдүн фотосинтезинин күчөшүнө алып келиши мүмкүн.

3.3. Фотосинтездик аппараттын түзүлүшү

Өсүмдүктүн аба аркылуу азыктанууичу – фотосинтез жүрүүчү органы – жалбырак. Ал аба аркылуу азыктанууга ылайыктанып, бети жазы, жалпак. Сыртынан эпидермис менен капталган. Жалбыракты суу, минералдык заттар менен күчтүү өөрчүгөн тарамыштары камсыз кылып турат.

Жалбырактын фотосинтез жүрүүчү негизги тканы – мезофилл. Мезофилл эки түрдүү ткандан турат. Үстү жагында жыш жайланышкан узун мамыча клеткалардан турган ассимиляциялоочу (фотосинтез жүрүүчү) ткань, асты жагында клетка аралык боштуктары көп көпшөк ткань жайгашкан (28-сүрөт).



28-сүрөт. Жалбырактын анатомиялык түзүлүшү.
1-эпидермис; 2-мамыча клеткалар; 3-хлоропласттар;
4-көпшөк ткань; 5-клетка аралык боштук; 6-тарамыш;
7-үт, 8-өткөрүүчү боонун жанындагы клеткалар.

Жалбырактын ассимиляциялоочу тканынын клеткаларында фотосинтез процесси жүрүүчү органоиди – хлоропласттар жайгашкан. Бир клеткада 20–60 жана андан көп хлоропласттар болот. Хлоропласттын узундугу 5–10 мкм, диаметри 2–3 мкм.

Хлоропласттар жарыктын энергиясынын таасири астында пайда болгон фотопродуктулардын бөлөк-бөлөк жайланышына ылайыктанып көп көңдөйчөлүү түзүлүштө. Хлоропласттар сыртынан эки катмар мембрана менен капталган (29–30-сүрөттөр). Хлоропласттын ички көңдөйчөсү строма же матрикс деп аталган суюктукка толгон. Стромада граналар жайланышкан. Граналар диск сыяктуу тегерек жалпак ыйлаак-

29-сүрөт. Хлоропласттын электрондук микроскоптон алынган сүрөтү (40000 эсе чоңойтулган):
1-эки мембранадан турган кабыкчасы; 2-строма; 3-граналар; 4-граналар аралык ламелла; 5-крахмал данчасы.

3

Жүгөрүнүн жалбырагынын өткөрүүчү боосунун тегерегиндеги клеткалардын гранасыз хлоропласты.

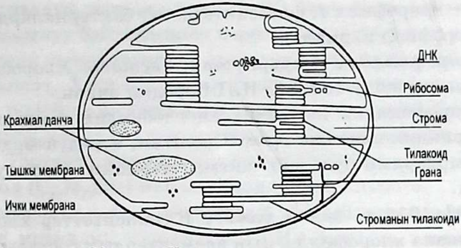
чалардын жыйындысынан турат. Ар бир ыйлаакча тилакоид деп аталат. Граналар бири-бири менен стромалык тилакоид аркылуу байланышат.

Хлорофилл грананын тилакоиддеринде белок менен липиддин молекуларынын ортосунда кармалат. Жарыктын энергиясын жутуп алуу, фотосинтездик фосфорлоонун натыйжасында АТФтин синтезделиши тилакоиддерде жүрөт. Ал эми фотосинтездин караңгы фазасы стромада өтөт.

Стромада ферменттер, фотосинтездин продуктулары, белоктук жипчелер, ДНК, РНК, рибосамалар жайланышкан.

Хлоропласттардын кургак массасынын 50% ке жакынын белоктор түзөт. Белоктор хлоропласттын мембраналарынын составына кирет (структуралык белоктор) жана ферменттер.

Хлоропласттын кургак массасынын 30–50% тин липиддер түзөт. Липиддер мембраналардын составына кирет. Элек-



30-сүрөт. Хлоропласттын түзүлүшү.

трон ташылуучу фазаны түзөт. Белоктордон, липиддерден башка хлоропласта электрон ташуучу чынжырча (цитохромдор, ферредоксин, пластоцианин ж. б.) бар.

Хлоропласттарда белокторду синтездөөчү аппараты (ДНК, РНК, рибосома) бар. Ошондуктан хлоропласттын мембраналарынын составына кирүүчү жана ферменттерин түзүүчү белоктордун бөлүгү анын өзүндө үзгүлтүксүз синтезделип туруучу жарым автономдуу органоид. Ортосунан бөлүнүп көбөйөт.

3.4. Фотосинтездөөчү организмдердин пигменттери

Фотосинтездөөчү организмдерде пигменттердин ролу зор. Фотосинтез процессинде жарыктын энергиясы пигменттер аркылуу жутулат жана пайдаланылат.

Жашыл өсүмдүктөрдүн жалбырактарынын клеткаларындагы пигменттер 4 топко бөлүнөт: 1) хлорофиллдер, 2) каротиноиддер, 3) фикобилиндер, 4) антоциандар.

3.4.1. Хлорофиллдер

Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдө жана балырларда *а, в, с, d* хлорофиллдери табылган. Бардык фотосинтездөөчү өсүмдүктөрдө, балырларда жана цианобактерияларда хлорофилл *а* кармалат. Хлорофилл *в* жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдө, жашыл балырларда жана эвгленада кездешет. Буурул жана диатом балырларында хлорофилл *с*, кызыл балыр-

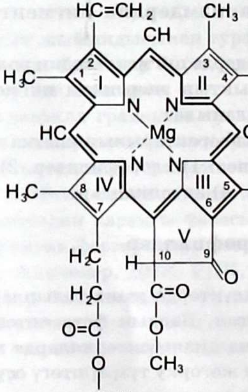
ларда – хлорофилл *d*, фотосинтездөөчү бактерияларда бактериохлорофилл кармалат.

Хлорофиллдин түзүлүшү жана составы. Хлорофиллдерди биринчи жолу 1883-ж. И.П.Бородин ачкан.

Хлорофиллдин негизин, гемоглобиндин геми сыяктуу, порфириндик шакекче түзөт. Ошентип, өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын бул эки пигменттеринин структуралары окшош.

1906–1914-ж. немец химиги Р.Вильштеттер хлорофилл ***а*** нын жана хлорофилл ***в*** нын элементардык составын аныктаган. Хлорофилл ***а*** $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, хлорофилл ***в*** $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$. 1900–1940-ж. немец биохимиги Г.Фишер хлорофиллдин структуралык формуласын түзгөн, ал эми 1960-ж. америкалык химик Р.Б. Вудворд жана немец химиги М.Штрель бул пигментти жасалма жол менен синтездеп алышкан.

Хлорофилл составы боюнча бир карбоксилдик группасы метил спирти менен, экинчиси – бир атомдук спирт фитолдун калдыгы менен эфирдик байланыш менен байланышкан дикарбондук кислота – хлорофиллиндин татаал эфири.



Хлорофиллдин структуралык түзүлүшү.

Пирролдук төрт шакекче (I–IV) бири-бири менен метин (-CH⁻) аркылуу байланышып порфириндик борборду түзүшөт. Пирролдук шакекчелердин азоттору магнийдин атому менен байланышат. Хлорофиллдеги бешинчи кошумча циклопентандык шакекче карбонилдик группаны кармайт. Карбонилдик группа метил спирти менен эфирдик байланышты пайда кылат. Төртүнчү пирролдук шакекчедеги пропион кислотасы фитол ($C_{20}H_{39}OH$) менен эфирдик байланышта.

Хлорофилл ***в*** да, хлорофилл ***а*** дан айырмаланып, 1-шакекчеде метилдик группанын ($-CH_3$) ордунда альдегиддик группа (-CHO) кармалат. Фитолу жок хлорофилл хлорофиллид деп аталат. Магнийдин атомун суутек менен алмаштырганда феофитин пайда болот.

Бактериохлорофиллде, хлорофиллден айырмаланып, 3, 4-көмүртектин атомдору гидрилденген, винилдик группанын ордунда ацилдик группа бар.

Хлорофиллдердин касиеттери. Хлорофилл кочкул көк түстөгү аморфтук зат. Эрүү температурасы 117–120°С. Хлорофилл ***а*** нын этилдик эфирдеги эритмеси жашыл, хлорофилл ***в***-саргыч жашыл түстө. Хлорофиллдер спектрдин кызыл жана көк нурларын максималдуу жутат. Этилдик эфирде, бензолдо, хлороформдо, ацетондо, спиртте жакшы эрийт. Сууда эрибейт. Хлорофилл ***а*** нын этилдик эфирдеги эритмесинин кызыл нурларды максималдык жутуусу 660–663 нм, көк нурларды жутуусу 428–430 нм. Хлорофилл ***в*** ныкы кызыл нурларды жутуусу – 642–644 нм, көк нурларды – 452–455 нм. Хлорофиллдер сары, кызыл сары нурларды начар жутушат, жашыл жана инфракызыл нурларды такыр жутпайт.

Хлорофиллдин этил спиртиндеги эритмеси флуоресценттик касиетке ээ болуп, андан чагылдырылган нурлар кочкул кызыл түстө.

Хлорофилл химиялык жогорку активдүү кошулма. Анын молекуласындагы төрт пирролдук шакекчеден турган борбору, магнийдин борбордук атому, кетондук группасы бар бешинчи кошумча шакекче, капталындагы винил жана этил группалары пигментке химиялык жогорку активдүүлүктү берет.

Магний хлорофиллдин химиялык активдүү борбору болуп саналат. Анын атому хлорофиллге гана тийиштүү коч-кул жашыл түстү берет жана анын спектралдык касиетин аныктайт. Жарык пигменттин магнийдин атому бар кош байланыштуу порфириндик борбору аркылуу жутулат. Хлорофилл комплекстер жана суу менен аракеттенгенде магнийдин атому аркылуу байланышат. Хлорофилл жегичтер менен аракеттенгенде анын молекуласынан метил жана фитол спирттери бөлүнүп чыгып, хлорофиллиндин жегичтик тузу пайда болот:

$$Mg\,N_4OH_{30}C_{32}\begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} + 2NaOH \longrightarrow Mg\,N_4OH_{30}C_{32}\begin{matrix} COONa \\ COONa \end{matrix} + CH_3OH + C_{20}H_{39}OH$$

метил спирти фитол

Хлорофилл кислота менен реакцияга киргенде молекуласындагы магнийдин атому суутектик атом менен орун алмашып, феофитин пайда болот:

$$Mg\,N_4OH_{30}C_{32}\begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix} + HCl \longrightarrow MgCl + HN_4OH_{30}C_{32}\begin{matrix} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{matrix}$$

феофитин

Пигменттин составындагы фитолдун калдыгы пигментти липиддер жана белоктор менен байланыштырат.

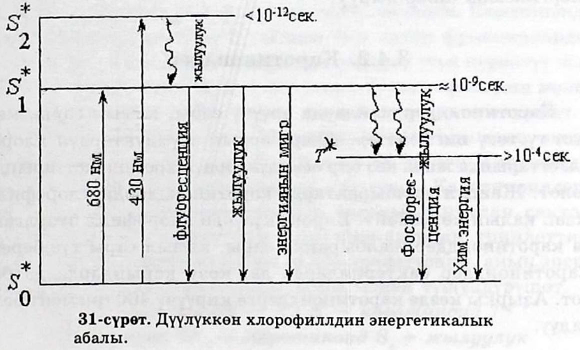
Хлорофиллдин мааниси, дүүлүгүүсү. Фотосинтез процесси жарыктын энергиясынын пигмент аркылуу жутулушунан башталат. Магний – порфириндик структура аркылуу жутулган энергия дүүлүккөн электрондун энергиясына өтүп, андан дүүлүккөн молекуланын химиялык энергиясына айланат.

Жарыктын энергиясынын жутулушу пигменттин молекуласында жеңил дүүлүгүүчү π – электрондуу кош байланыштардын болушу менен түшүндүрүлөт. Пигментте 18 кош байланыш бар.

Атомдор кош байланыш аркылуу байланышканда анын бири жөнөкөй σ – байланыш σ – электрондордон пайда болуп, молекула менен бир тегиздикте жатат. Экинчиси π – байланыш, электрондордун экинчи жуптарынын өз ара аракеттенүүсүнөн пайда болуп, молекула жаткан тегиздикке перпендикулярдуу жайланышкан. π – байланыштагы электрондор π – электрондор деп аталат. σ – электрондорго караганда π – электрондор начар байланышкан. Ошондуктан алар жеңил козголушат. Бул электрондордун дүүлүгүшү үчүн көзгө көрүнгөн жарыктын энергиясы жетиштүү.

Жарыктын энергиясын жуткан пигмент синглеттик (S_1^*) жана триплеттик (T*) эки деңгээлде дүүлүгөт. Синглеттик дүүлүгүү өтө туруксуз абал, ал 10^{-9} сек. созулат. Синглеттик дүүлүгүүдөгү электрон жуткан энергиясын чагылдырып, негизги деңгээлге (S_0) кайра келиши мүмкүн. Бул кубулуш флуоресценция деп аталат (31-сүрөт).

Синглеттик дүүлүгүүдөн триплеттик дүүлүгүүгө өткөндө энергия жылуулук түрүндө бөлүнүп чыгып, бул дүүлүгүү 10^{-4} сек. (узагыраак) созулат. Триплеттик абалдан молекула негиздик абалга келиши мүмкүн. Мында бөлүнүп чыккан кванттын толкунунун узундугу флуоресценциядагыдан узунураак болуп, начар жарыктанат. Бул процесс фосфоресценция деп аталат.



31-сүрөт. Дүүлүккөн хлорофиллдин энергетикалык абалы.

Хлорофиллдин молекуласы жарыктын кызыл түстөгү нурларын жутканда синглеттик дүүлүгүүгө, көк түстөгү нурларын жутканда электрон жогорку деңгээлдеги S_1^* синглеттик дүүлүгүүгө өтөт (31-сүрөт).

Дүүлүккөн пигменттин молекуласынын энергиясы фотохимиялык реакциялар үчүн да жумшалат. Жарыктын таасири астында дүүлүккөн хлорофилл аскорбин кислотасынын же башкалардын жардамы менен калыбына келет. Калыбына келген хлорофилл андан ары башка электрон кабыл алгычтарды ($НАД^+$, рибофлавинди, O_2) калыбына келтирет. Ошентип, хлорофиллдин молекуласы электронду кабыл алуучу да жана аны берүүчү да боло алат.

$$хл + h\upsilon \rightarrow хл^* + AH \leftrightarrow хл^- + AH^+$$

Жыйынтыктап айтканда, структуралык түзүлүшүнө жана физикалык-химиялык өзгөчөлүктөрүнө байланыштуу хлорофилл үч башкы функцияны аткарат: 1) жарыктын белгилүү энергиясын жутуу; 2) жутулган энергияны дүүлүккөн электрондун энергиясы түрүндө сактоо; 3) фотохимиялык процессте дүүлүгүү энергиясын биринчи жарыкта калыбына келтирилген жана кычкылданган кошулмалардын химиялык энергиясына айландыруу.

3.4.2. Каротиноиддер

Каротиноиддер майларда эрүүчү сары, кызыл сары, кызыл түстөгү пигменттер. Алар бардык өсүмдүктөрдүн хлоропласттарында жана кээ бир өсүмдүктөрдүн хромопласттарында болот. Жашыл жалбырактарда каротиноиддерди хлорофилл жаап калып көрүнбөйт. Бирок, күзүндө хлорофилл бузулганда каротиноиддер жалбыракка сары, кызыл сары түс берет. Каротиноиддер бактерияларда да, козу карындарда да болот. Азыркы кезде каротиноиддерге кирүүчү 400 пигмент белгилүү.

Каротиноиддердин структурасы жана касиеттери. Бул пигменттердин элементардык составын Вильштеттер (1920) аныктап, П.Каррера 1950-ж. жасалма жол менен синтездеп алган.

Каротиноиддерге пигменттердин 3 группасы кирет: 1) каротиндер, кызыл түстөгү пигменттер ($C_{40}H_{56}$); 2) ксантофилллдер, сары түстө ($C_{40}H_{56}O_2$); 3) каротиноиддик кислоталар – каротиноиддердин кычкылдануусунан пайда болгон кыскартылган чынжырчалуу, карбоксилдик группасы бар кошулмалар ($C_{20}H_{24}O_4$).

Каротиндер жана ксантофилллдер хлороформдо, бензолдо, ацетондо жакшы эрийт. Каротиндер диэтил жана петролей эфирлеринде жеңил эрийт, спирттерде эрибейт. Ксантофилллдер тескерисинче спиртте жакшы эрип, эфирде эрибейт.

Каротиноиддер 8 изопрендик калдыктан турган кош байланыштуу чынжырчадан турат.

Ксантофилллдин молекуласында эки гидроксилдик группа бар.

Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн жана балырлардын негизги каротиноиддери – β – каротин, лютеин, виолаксантин. Каротиноиддер аркылуу фиолеттик нурлар (400–500 нм) жутулат.

Каротиноиддер да, хлорофилллдер сыяктуу хлоропластын мембраналарынын белоктору жана липиддери менен байланышкан.

Каротиноиддердин фотосинтезде мааниси. Каротиноиддер өсүмдүктөрдүн тиричилигинде бир катар функцияларды аткарышат. Алар 1) фотосинтездин жүрүшү үчүн керектүү жарыктын нурларын кошумча жутушат; 2) хлорофилллдин молекуласын жарыкта кайталангыс кычкылдануудан сакташат.

Каротиндер фиолеттик нурларды жутуп алышып, анын энергиясын фотосинтезге түздөн-түз катышуучу хлорофилл ***а*** га берип, фотосинтезге кыйыр катышат. Каротиноиддердин хлорофилллдин молекуласын кычкылдануудан сактоо функциясын окумуштуулар каротиноиддердин триплеттик дүүлүгүүдөгү хлорофилл менен өз ара аракеттенип, анын энергиясын жылуулукка айландырышы менен түшүндүрүшөт.

$$Хл^{T*} + каротиноид \rightarrow Хл\ S_o + каротиноид\ T^* -$$

$$Каротиноид\ T^* \rightarrow Каротиноид\ S_o + жылуулук$$

Каротиноиддердин фотосинтезден тышкары да өсүмдүк үчүн чоң мааниси бар. Алар кээ бир өсүмдүктөрдүн гүлдөрүнө өң берип чаңдаштыруучу чымындардын, көпөлөктөрдүн учуп келүүсүнө шарт түзүп, өсүмдүктөрдүн көбөйүшүндө кыйыр катышат. Уруктарга, мөмөлөргө да өң берет.

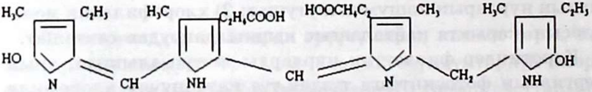
Өсүмдүктүн сабагынын жогорку учунун клеткаларындагы каротиноиддер жарыкты кабыл алып, анын багытын аныктап, өсүмдүктүн жарыкка карата кыймылында (фототропизмде) катышат.

Ксантоксинге, А витаминине ж.б. биологиялык активдүү заттарга каротиноиддер оңой айланат.

3.4.3. Фикобилиндер жана антоциандар

Фикобилиндерге кызыл балырлардын пигменти – фикоэритрин, көк жашыл балырлардын пигменти – фикоцианин кирет. Бул эки пигмент тең хлорофилл менен бирдикте кездешет. Бирок алардын жалбырактагы саны хлорофиллге караганда бир канча аз. Органикалык эриткичтерде эришпейт. Бирок жанчылган жалбырактан суу менен оңой ажыратылып, флуоресценцияланууучу коллоиддик эритме пайда болот.

Фикобилиндер да төрт пирролдук шакекчеден турат. Бирок, хлорофиллден айырмаланып, ал шакекчелер жабылган эмес. Алар бири-бири менен метин, метилен аркылуу байланышышкан. Биринчи жана төртүнчү пирролдор бирден карбонилдик группа кармашат.



Фикоцианиндин формуласы.

Фикобилиндерде магний же башка металлдар болбойт. Фикобилиндердин белок менен байланышы өтө бекем. Аларды күчтүү кислотада кайнатканда гана ажыратууга болот. Бул пигменттердин максималдык жутуусу спектрдин жашыл жана сары бөлүктөрүнө туура келет.

Фикобилиндердин мааниси. Сууда нурлардын көпчүлүгү жутулат. Деңиздердин, океандардын 34 м терeндигинде кызыл түстөгү нурлар толук жутулат. 177 м терeндикте сары, 322 м – жашыл, 500 метрден аркы терeңдикте көк жана сыя көк нурлар толук жутулат. Ушуга байланыштуу деңиздердин жана океандардын үстүнкү катмарында жашыл балырлар, андан тереңирээкте – көк жашыл балырлар, андан да тереңирээкте – кызыл түстөгү балырлар жайланышкан. Балырлар өскөн терендиктерге жараша алардын пигменттеринин өзгөрүшү фикобилиндердин суунун калың катмарына чейин жеткен жарыктын нурларын жутуп, хлорофиллге жыйнап берип, фотосинтезде катыша тургандыгын далилдейт. Фикобилиндер жуткан жарыктын энергиясынын 90% жакыны хлорофилл *а* га берилет.

Антоциандар клеткалык ширеде топтолгон. Сууда эрип эритмени пайда кылышат. Антоциандар гүлдөргө, жалбырактарга ж.б. органдарга күрөң, кызыл, кызгылт ж.б. түстөрдү берет.

Антоциан бийик тоолордун өсүмдүктөрүндө көп кармалат. Алардын көп синтезделинишине төмөнкү температура шарт болот. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусу бузулганда да жалбырактарда антоциан көп топтолот. Мисалы, калий жетишсиз болгондо картошканын, капустанын, пахтанын, алманын жалбырактарында күрөң, боз, кызыл түстөгү темгилдер пайда болот.

Антоциандар флавондордун кычкылдануусунан пайда болот. Бул пигменттер клетканын кычкылдануу-калыбына келүү процесстеринде катышат.

3.5. Фотосинтездин жарык фазасы

Фотосинтездин жарык фазасында хлорофилл жана башка пигменттер аркылуу жутулган жарыктын энергиясынын АТФтин жана калыбына келген НАДФНтын химиялык энергиясына айланышы жүрөт. Бул процесс татаал фотофизикалык, фотохимиялык жана химиялык реакциялардын системасынан туруп, хлоропласттардын активдүү мембраналарында өтөт. Ага хлоропласттын ламеллаларынын составындагы беш

белоктук компонент катышат: 1) жарык чогултуучу комплекс; 2) I жана II фотосистемалар; 3) цитохромдук комплекс $в_6$ жана f – цитохромдор; 4) АТФ синтездөөдө катышуучу АТФазалык комплекс.

I жана II фотосистемалар. 1957-ж. Р.Эмерсон жарыктын фотосинтездин кванттык чыгышына (жыйынтыгына) тийгизген таасирин изилдеп жатып хлоропласттарда эки фотосистема бар экендигин ачкан. Бир квант энергия жутулганда бөлүнүп чыккан O_2 же жутулуп алынган CO_2нин саны фотосинтездин кванттык чыгышы деп аталат. Хлорелланы толкун узундугу 660–680 нм кызыл түстөгү жарык менен жарыктандырганда фотосинтездин кванттык чыгышы жогору экендиги байкалган. Ал эми толкундун узундугу 700 нм жарык менен жарыктандырганда фотосинтез такыр жүрбөй калган. Бирок, хлорелланы кыска толкундуу (650 нм) жана узун толкундуу (700 нм) кызыл жарыктар менен бир убакытта жарыктандырганда фотосинтездин кванттык чыгышы ал жарыктар менен айрым-айрым жарыктандыргандагыдан бир кыйла чоң болгон. Бул Эмерсондун күчөткүч эффектиси деп аталган. Ушулардын негизинде ал хлоропласттарда эки пигменттик система аракеттенишет деген көз карашты айткан.

Кийин центрифугада фракциялап бөлүү ж.б. методдорду колдонуу менен жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн натыйжасында биринчи (IФС) жана экинчи (IIФС) фотосистемалар бөлүнүп алынып, алардын белоктук комплекси изилденген.

Биринчи фотосистеманын реакциялык борбору пигмент $П_{700}$ максималдык жутуусу 700 нм хлорофилл а жана хлорофилл $а_{675\text{-}695}$ тен турат. Бул системада электрондун биринчи акцептору хлорофилл $а_{695}$тин мономери ($А_1$) болуп саналат. Экинчи акцептору – $А_2$, $А_в$ (темир-күкүрттүү белок). Биринчи фотосистема (ФСI) жарыктын таасири астында сууда эрүүчү белок – ферредоксинди (FeS) калыбына келтирет жана жез кармоочу сууда эрүүчү белок – пластоцианинди ($П_ц$) кычкылдандырат.

Экинчи фотосистеманын (IIФС) реакциялык борбору хлорофилл $а_{680}$ден жана хлорофилл $а_{670\text{-}683}$төн турат. Хлорофилл $а_{670\text{-}683}$ антенналык пигмент.

Хлоропласттардын электрон ташыгыч чынжырчасынын компоненттери:

Компоненттер	1. Мүнөздөмөсү
БИРИНЧИ ФОТОСИСТЕМА (I ФС)	
A_1	I ФСтин электрондордун биринчи акцептору хлорофилл $а_{695}$
A_2, $A_в$	4Fe, 4S электрондордун экинчи акцептору, темир күкүртөгү белок (FeS)
Фд	Ферредоксин – темир күкүрттүү борборлуу суюда эрүүчү белок
FAД редуктаза	Ферредоксин: НАДФ – кычкыл редуктаза (кофермент)
$НАДФ^+$	Никотинамидадениндинуклеотидфосфат (кычкылданган)
$П_{700}$	Максималдык жутуусу 700 нм хлорофилл – реакциялык борбор
Цитохромдор $в_6$-f комплекси	
$в_6$	Цитохром $в_{663}$ (гемопротеин)
Q_c Q_z	Цитохром $в_6$-f. Пластохинонду байланыштыруучу белоктор
FeS	Темир күкүрттүү белок
Цитох f – Цитохром f – гемопротеин	
$П_ц$	Пластоцианин – жез кармоочу суюда эрүүчү белок, электрон ташыгыч
ЭКИНЧИ ФОТОСИСТЕМА (II ФС)	
S	Суу тутулуучу жана O_2 бөлүп чыгарылуучу белоктук комплекс (S – система). Бир реакциялык борбордо 4 марганецтин атому жана Cl^-, Ca^{2+} иондору болот.
Z	$П_{680}$ электрондордун донору
$П_{680}$	Максималдык жутуусу 680 нм хлорофилл а – реакциялык борбор
Цитохр. $в_{559}$ – гемопротеин	
Фф	Феофитин – экинчи фотосистемадагы электрондордун биринчи акцептору
Q_A	II ФСнын биринчи пластохинону (темир кармайт)
Q_B	II ФСнын экинчи пластохинону
QP/PQH_2	Электрондун жана H^+ майларда эрүүчү ташыгычтары

Бул фотосистемада электрондордун биринчи акцептору феофитин (фф). Биринчи акцептор (фф) FeSден алган электрондорду биринчи пластохинонго жана андан ары экинчи пластохинонго берет (33-сүрөт).

Экинчи фотосистеманын составына дагы сууну кычкылдандыруучу S – системанын белоктук комплекси жана S – системасы менен байланышкан хлорофилл 680 үчүн электрондордун донору болгон электрондорду ташыгыч Z кирет. Бул комплекс марганецтин, хлордун жана кальцийдин катышуусу менен иштейт.

II ФС да цитохром $в_{559}$ бар. Экинчи фотосистема пластохинонду (PQ) калыбына келтирип, сууну кычкылдандырат, O_2 жана протондор бөлүнүп чыгат.

II ФСны I ФС менен цитохромдук комплекс $в_6$-f жана пластоцианин байланыштырат.

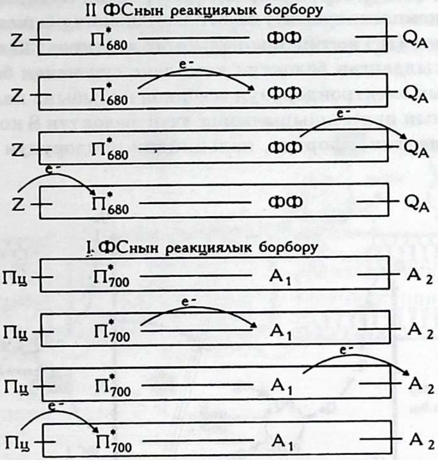
Эволюцияда I ФС мурун пайда болгон. Азыркы кездеги жашоочу фотосинтездөөчү бактерияларда I ФС гана бар. Алардын фотосинтезинде суу ажырабайт, O_2 бөлүнүп чыкпайт. Аларда электрондордун донору жеңил кычкылдануучу H_2S, H_2, CH_4 ж.б. болот.

Жутулган жарыктын энергиясынын пигменттен пигментке өтүшү индукциялык резонанстын (флуоресценциясыз, заряддын ташылуусуз) жардамы менен жүрөт. Жарыктын квантын жуткан хлорофиллдин ар бир молекуласы синглеттик дүүлүгүү абалга келет. Ал молекуланын дүүлүгүүсү коңшу молекуланын дүүлүгүүсүн чакырып, дүүлүгүү ал молекулага өтүп, биринчи молекула мурунку абалына келет.

Энергиянын берилиши кыска толкундуу пигменттерден узун толкундууларга карай жүрөт. Антенналык комплексте энергиянын берилиши төмөнкүчө жүрөт: каротин (400–450 нм) → хлорофилл в (650 нм) → хлорофилл а (660–675 нм) → $П_{680}$ (II ФС). Көк жашыл жана кызыл балырларда энергиянын резонанстык берилиши төмөнкүдөй жүрөт: фикоэритирин (570 нм) → фикоцианин (630 нм) → аллофикоцианин (650–670 нм) → хлорофилл а (670–680 нм).

Реакциялык борбор. Заряддарды биринчи фотохимиялык ажыратууга жөндөмдүү хлорофиллдин башка 200–400 моле-

куласын бириктирген биринчи фотосистемадагы $П_{700}$, жана экинчи фотосистемадагы $П_{680}$ хлорофиллдер кармалган белоктор ***реакциялык борбор*** деп аталат. Реакциялык борбордо биринчи заряддардын бөлүнүп чыгышы хлорофиллдин молекулаларында жүрөт. Экинчи фотосистеманын (II ФС) реакциялык борборунда электрондордун биринчи донору синглеттик дүүлүккөн хлорофиллдин молекуласы $П_{680}$, акцептору – феофитин (32-сүрөт).



32-сүрөт. I жана II фотосистемалардын реакциялык борборлорунда электрондордун ташылышы.

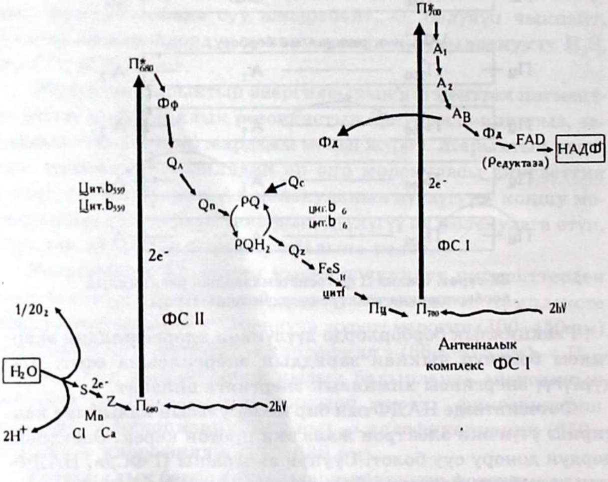
Реакциялык борборлордо дүүлүккөн хлорофиллдин энергиясы бөлүнүп чыккан заряддын энергиясына өтөт, б.а. дүүлүгүү энергиясы химиялык энергияга айланат.

Фотосинтезде НАДФтын бир молекуласын калыбына келтириш үчүн эки электрон жана эки протон керек. Электрондордун донору суу болот. Суунун ажырашы II ФСда, НАДФтын калыбына келиши I ФСда жүрөт. Ошентип, эки фотосистема өз ара байланышта иштешет.

Фотосинтездин жарык фазасында жүргөн реакциялардын иретинин схемасы z тамгасына окшош болгондуктан (33-сүрөт) Z – схема деп аталат. Z-схема фотосинтезде электрондордун ташылышынын кайталанбоочу (циклдик эмес) схемасы.

Экинчи фотосистемада $П_{680}$ 2 квантка барабар кыска толкундуу кызыл жарыкты жутуп, синглеттик дүүлүгүү абалга келип, 2 электронду феофитинге (фф) берет. Феофитинден электрондор энергиясын жоготуп, удаасы менен ФС Інин пластохинондору (Q_A, Q_B), темир күкүрттүү белок (FeS), $в_6$-f цитохромдук комплекс аркылуу өтүп, пластоцианиндин жез кармоочу белогуна ($П_ц$) жетип аны калыбына келтирет (33-сүрөт).

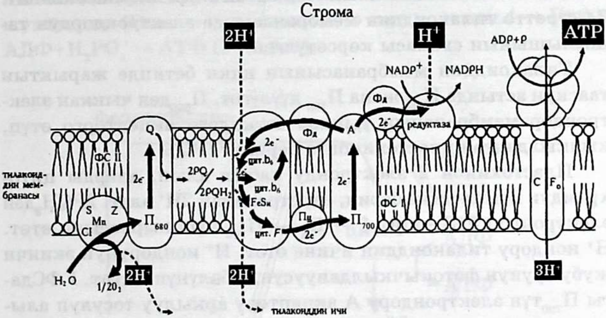
Кычкылданган белоктук комплекс суу менен байланышып, анын электрондорунун эсебинен калыбына келет. Бул реакциянын ишке ашырылышы үчүн белоктук S комплексте марганецтин, хлордун, кальцийдин иондорунун болушу зарыл.



33-сүрөт. Хлоропластта электрондордун кайталанбай (z-схема) жана кайталанып ташылышы.

Эгерде I ФСда дүүлүгүү жок болсо II ФСда реакциялардын ылдамдыгы кескин төмөндөйт. Анткени $П_ц$ бүт бойдон калыбына келген абалга өтөт. I ФСнын реакциялык борбору ($П_{700}$) 2 квантка барабар узун толкундуу кызыл жарыктын энергиясы менен дүүлүккөндө андан мономер хлорофилл ***а*** га ($А_1$) 2 электрон өтөт. Ал электрондор андан ары удаасы менен $А_2$, $А_в$ электрон ташыгычтарга (темир күкүрттүү белок FeS), ферредоксинге, НАДФ – оксидоредуктазага берилип, аягында НАДФ$^+$ты калыбына келтирет (33-сүрөт).

$П_{700}$дөгү бош орундарга $П_ц$дан электрондор келип, электрондордун ташылышынын кайталангыс (циклдик эмес) чынжырчасы туюкталат.



34-сүрөт. Тилакоиддин мембранасында электрондордун ташылышы.

Ошентип, кыска толкундуу (ФС II) жана узун толкундуу (ФС I) кызыл түстөгү жарыктын нурларын бирдикте пайдаланганда гана фотосинтездин күчү оптималдуу болот.

Электрондордун $П_{680}$ден $П_{700}$гө чейинки ташылышында бөлүнүп чыккан энергия АДФден жана органикалык эмес фосфордон АТФди синтездөө үчүн жумшалат. Бул процесс ***фотофосфорлоо*** деп аталат.

Хлоропласттардын мембранасында электрондордун циклдик эмес (кайталангыс) ташылышы менен бирдикте цикл-

дик (кайталануучу) ташылышы да жүрөт. Ага I ФС жана цитохромдордун $в_6$-f комплекси гана катышат. Мында дүүлүккөн $П_{700}$дун молекуласынан чыккан электрондор удаасы менен $А_1$, $А_2$, $А_в$, $Ф_д$, PQ цитохром $в_6$, FeS цитохром f, $П_ц$ аркылуу өтүп, аягында $П_{700}$гө келет. Мында НАДФ$^+$ калыбына келбейт. Энергия АДФти фосфорлоо үчүн жумшалат.

АДФтин фосфорлонушунун механизмин П.Митчеллдин (1961–1966) хемиосмотикалык теориясы түшүндүрөт.

Бул теория боюнча мембрана аркылуу электрон, протондор адегенде бир жакка, анан кайра карама-каршы жакка өткөндө мембрананын бир жагында жалаң H^+ жыйылып калып электрдик-химиялык потенциал пайда болот. Бул потенциал АТФтин химиялык байланган энергиясына айланат. 34-сүрөттө тилакоиддин мембранасында электрондордун ташылышынын схемасы көрсөтүлгөн.

Тилакоиддин мембранасынын ички бетинде жарыктын таасири астында $П_{680}$ жана $П_{700}$ дүүлүгөт. $П_{680}$ден чыккан электрондор мембрананын тышкы бетиндеги акцепторго өтүп, кычкылданган пластохинонго берилет (PQ).

Пластохинон 2 электронду кабыл алып, аларды цитохромдук комплекске берип, өзү стромадан $2H^+$ алат. $2PQH_2$ден электрондор FeS →цит.f → $П_ц$ → $П_{700}$ чынжырчасына өтөт. H^+ иондору тилакоиддин ичине өтөт. H^+ иондорунун экинчи жубу суунун фотокычкылдануусунда бөлүнүп чыгат. I ФСдагы $П_{700}$түн электрондору А акцептору аркылуу тосулуп алынып ферредоксинге (Фд) андан кийин мембрананын сыртындагы НАДФке берилип, аны калыбына келтирет.

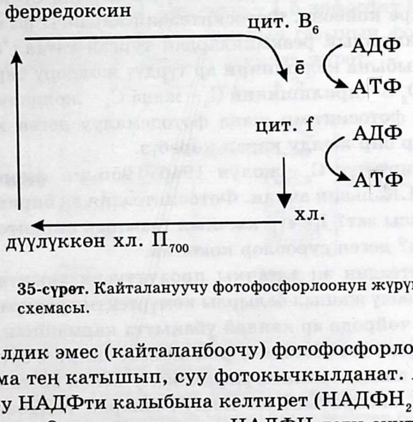
Ошентип, пигменттер жарыктын кванттарын жутканда тилакоиддин айланасындагы чөйрөдөн протондор жоголуп, ал эми тилакоиддин ичинде пайда болушат. Натыйжада мембранада H^+ иондорунун электрохимиялык потенциалы пайда болуп, ал АДФти фосфорлоого жумшалат. Бул процесс циклдик эмес фотофосфорлоо деп аталат.

Циклдик фотофосфорлоодо I ФС гана иштейт. Фд дан электрондор цитохромдук комплекске келет. Андан кийин электрондор цитохром f жана $П_ц$ аркылуу $П_{700}$дөгү негизги энергиялык деңгээлге келишет. Ал эми протондор тилакоиддин

көңдөйүнө өтүшөт. Пайда болгон энергия АТФ синтездөөгө жумшалат.

Ошентип, фотосинтездин жарык фазасында хлорофилл аркылуу жутулган жарыктын кванттары АТФдин молекуласындагы химиялык байланыштардын энергиясына айланат. Бул процесс жарыктын гана энергиясынын катышуусу менен жүргөндүктөн фотосинтездик фосфорлоо же ***фотофосфорлоо*** деп аталат.

Фотофосфорлоо ар түрдүү жолдор менен өтүп, чөйрөнүн ар түрдүү шарттарында өсүмдүктөрдүн жарыктын энергиясын толук пайдалануусуна шарт түзүлөт. Циклдик (кайталануучу) фотофосфорлоодо I ФС гана катышып, суунун фотокычкылдануусу жүрбөйт. Жарык АТФди синтездеш үчүн гана жумшалат. (Пиг. $\rightarrow$ ферредоксин $\rightarrow$ цит.$в_6$ $\rightarrow$ цит.f $\rightarrow$ Пиг.), АДФ+H_3PO_4 $\rightarrow$ АТФ (35-сүрөт).



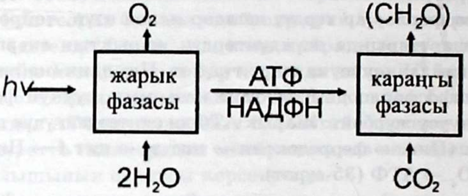
35-сүрөт. Кайталануучу фотофосфорлоонун жүрүшүнүн схемасы.

Циклдик эмес (кайталанбоочу) фотофосфорлоодо эки фотосистема тең катышып, суу фотокычкылданат. Анын электрондору НАДФти калыбына келтирет (НАД$ФН_2$), АТФ синтезделинет, O_2 ажырап чыгат. НАД$ФН_2$деги суутек караңгы фазада CO_2ни калыбына келтирүүгө жумшалат.

$$2АДФ + 2H_3PO_4 + 2НАДФ + H_2O \rightarrow 2АТФ + 2НАДФН_2 + O_2$$

3.6. Фотосинтезде көмүртектин айлануулары (фотосинтездин караңгы фазасы)

Фотосинтездин жарык фазасында жүргөн фотохимиялык реакциялардын натыйжасында хлоропласта фотосинтездин караңгы фазасынын жүрүшү (көмүр кычкыл газынын калыбына келиши) үчүн керек АТФ жана НАДФН пайда болот:



Бирок, АТФ менен НАДФН өзүнөн-өзү эле CO_2ни калыбына келтире койбойт. Фотосинтездин караңгы фазасы көп сандаган химиялык реакциялардан турган татаал процесс. CO_2нин калыбына келишинин ар түрдүү жолдору бар. Азыркы кезде CO_2 сиңирилишинин C_3 – жана C_4 – жолдору, суккуленттердин фотосинтези жана фотодемалуу деген жолдору белгилүү. Ар бир жолду карап көрөбүз.

CO_2 сиңирүүнүн C_3 – жолун 1946–1956-ж. америкалык биохимик М.Кальвин ачкан. Фотосинтездин эң биринчи продуктусу кайсы зат? Көмүр кычкыл газынын акцептору кайсы кошулма? деген суроолор коюлган.

Фотосинтездин эң алгачкы продуктусун аныкташ үчүн фотосинтездөөчү жашыл балырды көмүртектин радиоактивдүү изотобу бар чөйрөдө ар кандай убакытта кармашкан. Андан кийин балырды тез убакытта фиксирлеп, спиртте эрүүчү заттарды бөлүп алып, хроматография жолу менен ар кандай кошулмаларга ажыратып, ал кошулмаларда радиоактивдүү көмүртектин болушун аныкташкан.

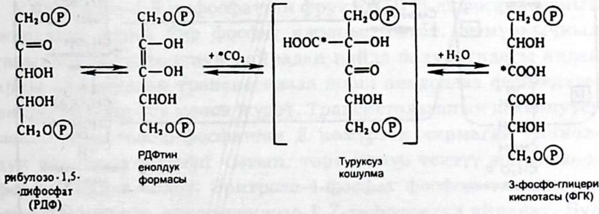
Бир мүнөт кармалганда радиоактивдүү изотоп C_3– C_7 канттарда, органикалык кислоталарда (алма, щавель, уксус), аминокислоталарда (аспарагин, аланин) табылган, 0,2–2 секунд-

дук убакта радиоактивдүү көмүртек фосфоглицерин кислотасынын карбоксилдик группасында болгон. Демек, 3-фосфоглицерин кислотасы (ФГК) фотосинтездин алгачкы продуктусу болот.

$$CH_2OP - CHOH - {}^{14}COOH$$

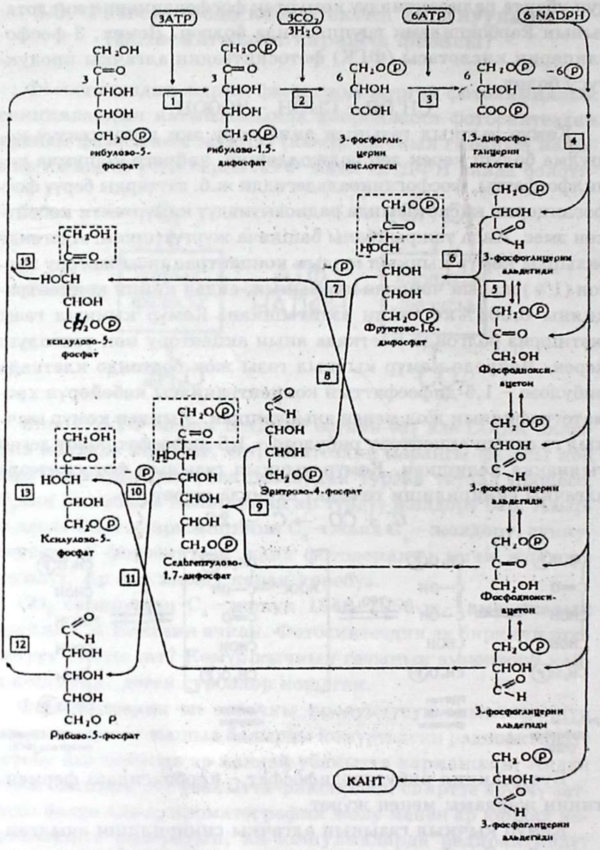
Көмүр кычкыл газынын акцептору эки көмүртектүү кошулма болуш керек деп болжолдошуп, чөйрөгө кошумча винилфосфатты, фосфогликоальдегидди ж.б. заттарды берүү фосфоглицерин кислотасында радиоактивдүү көмүртекти көбөйткөн эмес. Анда тажрыйбаны башкача жүргүзүшкөн. Адегенде балырды көмүр кычкыл газдын концентрациясы жогору болгон (1%) жарык чөйрөдө кармашып, андан кийин концентрацияны 0,003% ке чейин азайтышкан. Көмүр кычкыл газы жетишсиз болгондо клеткада анын акцептору көп топтолуш керек. Чөйрөдө көмүр кычкыл газы жок болгондо клеткада рибулозо – 1,5-дифосфаттын концентрациясы көбөйөрүн хроматографиялык жол менен аныкташкан. Мындан көмүр кычкыл газынын акцептору рибулозо – 1,5-дифосфат болот деген тыянакка келишкен. Көмүр кычкыл газынын фотосинтезде алгачкы сиңирилиши төмөнкү схемада жүрөт:

$$C_5 + CO_2 \rightarrow C_6 \rightarrow 2C_3$$



Бул реакция рибулозодифосфат – карбоксилаза ферментинин жардамы менен жүрөт.

Көмүр кычкыл газынын алгачкы сиңирилиши ачылгандан кийин C_3 – фотосинтезде андан аркы жүргөн бардык реакциялары аныкталып, Кальвиндин цикли деп аталган (36-сүрөт). Бул цикл үч фазадан турат: карбоксилдөө, калыбына келүү, регенерация.



36-сүрөт. Фотосинтезде көмүркычкыл газынын синирилишинин схемасы. Кальвиндин цикли. C_3 – фотосинтез.

1. Карбоксилдөө. Рибулозо-5 фосфаттын молекуласы АТФтин жардамы менен фосфорлонуп, рибулозо – 1,5-дифосфаттын молекуласы пайда болот. Бул молекулага рибулозодифосфаткарбоксилаза ферментинин жардамы менен көмүр кычкыл газы кошулат. Пайда болгон туруксуз кошулмадан 3-фосфоглицерин кислотасынын 2 молекуласы пайда болот (3-ФГК).

2. Калыбына келүү фазасы. 3-фосфоглицерин кислотасы АТФтин, фосфоглицераткиназа ферментинин катышуусу менен фосфорлонот. 1,3-дифосфоглицерин кислотасы НАДФН-тын жана дегидрогеназанын катышуусу менен калыбына келип, фосфоглицерин альдегиди пайда болот.

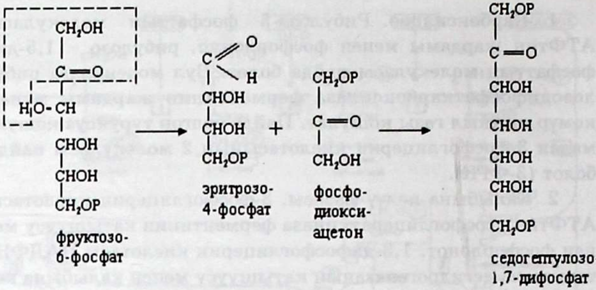
Алдыңкы фазаларда 3 молекула көмүр кычкыл газы сиңирилип алынып 6 молекула фосфотриоза пайда болот. Алардын беш фосфоглицерин альдегиди рибулозо-5 фосфатты пайда кылууга кетет. Бирөөнөн глюкоза синтезделинет.

3-фосфоглицерин альдегиди триозофосфатизомеразанын жардамы менен изомерленип, фосфодиоксиацетонго айланат. Фосфодиоксиацетон менен 3-фосфоглицерин альдегиди кошулуп, фруктозо-1,6-дифосфатты пайда кылат. Бул реакцияны альдолаза ферменти активдештирет.

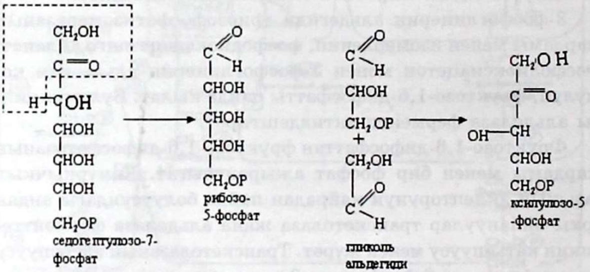
Фруктозо-1,6-дифосфаттан фруктозо-1,6-дифосфатазанын жардамы менен бир фосфат ажырап чыгат. Көмүркычкыл газынын акцепторунун кайрадан пайда болуусундагы андан аркы айлануулар транскетолаза жана альдолаза ферменттеринин катышуусу менен жүрөт. Транскетолазанын катышуусу менен фруктозо-6-фосфаттан 2 көмүртек кармаган гликолдук альдегид бөлүнүп чыгып, төрт көмүр тектүү эритрозо-4-фосфат пайда болот. Эритрозо-4-фосфат фосфодиоксиацетон менен кошулуп, седогептулозо-1,7-дифосфатка айланат. Бул реакция альдолазанын жардамы менен жүрөт.

Седогептулозо-1,7-дифосфаттан бир фосфат ажырап чыгат. Седогептулозо-7-фосфаттан 2 көмүртектүү чынжырча гликоль альдегиди бөлүнүп чыгып, ал фосфоглицерин альдегиди менен кошулуп ксилулозо-5-фосфат пайда болот.

Ксилулозо-5-фосфаттын эки молекуласынан жана рибулозо-5-фосфаттын бир молекуласынан рибозофосфатизомера-



занын катышуусунда 3 молекула рибулозо-5-фосфат пайда болуп, көмүр кычкыл газынын сиңирилишинин цикли кайра башталат.

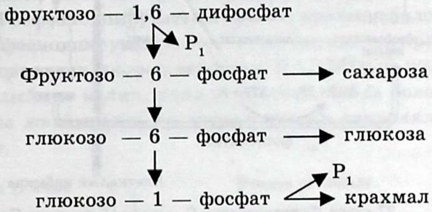


Фотосинтездик циклдин бир толук айланышында 18 молекула АТФ, 12 молекула НАДФН синтезделинип, 6 молекула CO_2 сиңирилет. Ар бир CO_2 молекуласынын сиңирилиши үчүн 3 молекула АТФ, 2 молекула НАДФН жумшалат.

Кальвиндин цикли көрсөткөндөй, фотосинтездин жүрүшүндө аралык продукту катарында ар түрдүү түзүлүштөгү көп кошулмалар пайда болот. Ал кошулмалар көп химиялык заттарды синтездөөнүн баштапкы продуктусу болушат. Мисалы, фосфоглицерин кислотасынан аминдештирилип аминокислота серин, органикалык кислоталар синтезделинет. Цикл-

де пайда болгон пентозалар нуклеин кислоталарын синтездөөдө катышат.

3-фосфоглицерин альдегиддеринин 6 молекуласынан альдолаза ферментинин катышуусунда фруктозо-1,6-дифосфат синтезделет. Андан глюкоза, сахароза, крахмал синтезделет:

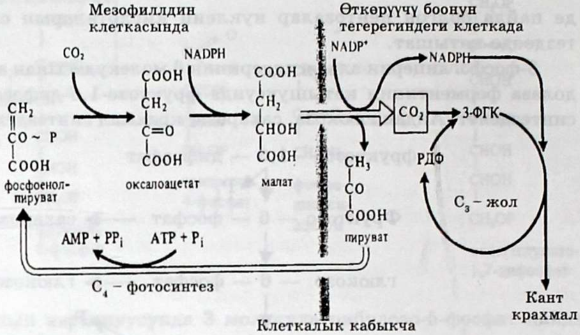


Фотосинтездин C_4 – жолу (Хетч жана Слэктин цикли). Жүгөрүнүн жалбырагын кыска мөөнөткө жарыктандырганда көмүр кычкыл газынын радиоактивдүү көмүртеги аспарагин кислотасында болорун 1956–1957-ж. Л.А.Незговорова аныктаган. Кийин советтик жана чет элдик окумуштуулар андан ары улантып изилдешип, фотосинтездин C_4– жолун ачышкан. Ю.С.Карпилов жана И.А.Тарчевский жүгөрүнүн жалбырагында алма кислотасынын алгачкы пайда болорун ачышып, көмүр кычкыл газынын фотосинтезде сиңирилишинин биринчи продуктулары дикарбондук кислоталар (алма кислотасы, аспарагин) боло тургандыгын далилдешкен. Көмүр кычкыл газынын сиңирилишинин бул жолун австралиялык окумуштуулар М.Д.Хетч жана К.Р.Слэк биринчи жолу сүрөттөп жазышкан. C_4 – жолдуу фотосинтездүү өсүмдүктөрдүн тобуна жүгөрү, кант тростниги ж.б. кирет. Бул өсүмдүктөрдүн жалбырактарында хлоропласттардын эки түрү болот:

1) мезофилддин кадимки түзүлүштөгү хлоропласттары;

2) өткөрүүчү боонун тегерегинде жайланышкан клеткалардын граналары жок хлоропласттары (29-сүрөт).

Үт аркылуу жалбыракка кирген CO_2 мезофилддин клеткасынын цитоплазмасында фосфоенолпируваткарбоксилазанын жардамы менен фосфоенолпируват менен реакцияга кирип щавелдик уксус кислотасын (оксалоацетатты) пайда



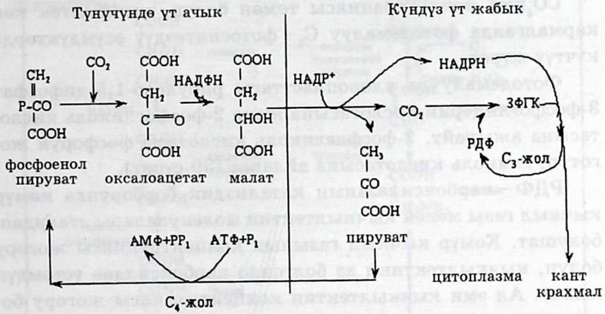
37-сүрөт. Фотосинтездин C_4 – жолу (Хетч жана Слэктин цикли).

кылат (37-сүрөт). Андан кийин ал хлоропластка өтүп, анда НАДФНтын жардамы менен алма кислотасына (малат) калыбына келет. НАДФН фотосинтездин жарык фазасында пайда болот. Андан кийин алма кислотасы өткөрүүчү боонун тегерегиндеги клеткалардын гранасыз хлоропласттарына өтүп, анда декарбоксилденип, пируват жана CO_2 пайда болот. Бул клеткаларда CO_2нин сиңирилиши Кальвиндин цикли боюнча жүрөт. Ал эми пируват мезофиллдин клеткаларына кайра өтүп CO_2нин алгачкы акцепторуна айланат. Ошондуктан бул өсүмдүктөрдүн фотосинтези үттөр жабык болгондо да жүрөт. C_4 – жолдуу өсүмдүктөр фотодемалууда пайда болгон CO_2ни да фотосинтезге пайдалана алышат. Күн ысыкта суу жетишсиз болгондо үттөр жабылып, суу бууланбай сакталат. Фотосинтез жүрө берет.

C_4 – өсүмдүктөрдүн көпчүлүгү кургак зоналардын өсүмдүктөрү. Тузга чыдамдуу. Кургакчылык райондордо C_4 – өсүмдүктөрдүн үттөрү күн ысыкта жабык болсо да фотосинтези жогору. Бул алардын ушундай шартка ыңгайлашкандыгы болуп саналат. CO_2нин фосфоенолпируват аркылуу сиңирилип, оксалоацетатты пайда кылышы өткөрүүчү боонун тегерегиндеги клеткаларда фотосинтездин C_3-жолу боюнча жүрүшү үчүн керек CO_2нин насосу катары кызмат кылат.

Суккуленттердин фотосинтези. Суккуленттер кескин кургак климаттын өсүмдүктөрү. Сууну аз буулантыш үчүн алардын үттөрү күндүз жабык болуп, түнүчүндө ачылат.

Фотосинтездин бул түрүндө да C_4 – фотосинтези сыяктуу жалбыракка кирген CO_2 цитоплазмадагы фосфоенолпируват менен аракеттенип, щавелдик уксус кислотасын пайда кылат (38-сүрөт). Фосфоенолпируваттын булагы крахмал болот. Реакцияны фосфоенолпируваткарбоксилаза активдештирет. Пайда болгон щавелдик уксус кислотасы НАДФНтын жардамы менен калыбына келип, алма кислотасы пайда болот. Алма кислотасы жалбырактын клеткаларынын вакуоляларында сакталат.



38-сүрөт. Суккуленттердин фотосинтезинин жүрүшү ФЕП-фосфоенолпируват, РДФ-рибулозо-1,5-дифосфат.

Ысык күндө үттөр жабык турганда алма кислотасы вакуолядан цитоплазмага өтүп, анда малатдегидрогеназанын жардамы менен декарбоксилденип, CO_2 жана пируват пайда болот. CO_2 хлоропластка өтүп, Кальвиндин циклине кирип кантты синтездөөгө катышат.

Ошентип, суккуленттердин фотосинтези C_4– фотосинтези менен көп жагынан окшош. Айырмасы, суккуленттерде CO_2 сиңирилиши түнүчүндө, алма кислотасынын де-

карбоксилденип, CO_2ни жана пируватты пайда кылышы күндүз жүрөт.

Фотодемалуу же гликоль кислотасынын айланышы. Хлоропласттары бар өсүмдүктүн клеткаларында C_3 жана C_4– жолдуу фотосинтезден башка дагы фотодемалуу жүрөт. Фотодемалуу бул жарыкта CO_2 бөлүнүп чыгып, O_2 жутулуу процесси. Бул процесс митохондрияда жүрүүчү кадимки дем алуудан такыр башкача жүрүп, биринчи продуктусу гликоль кислотасы болот.

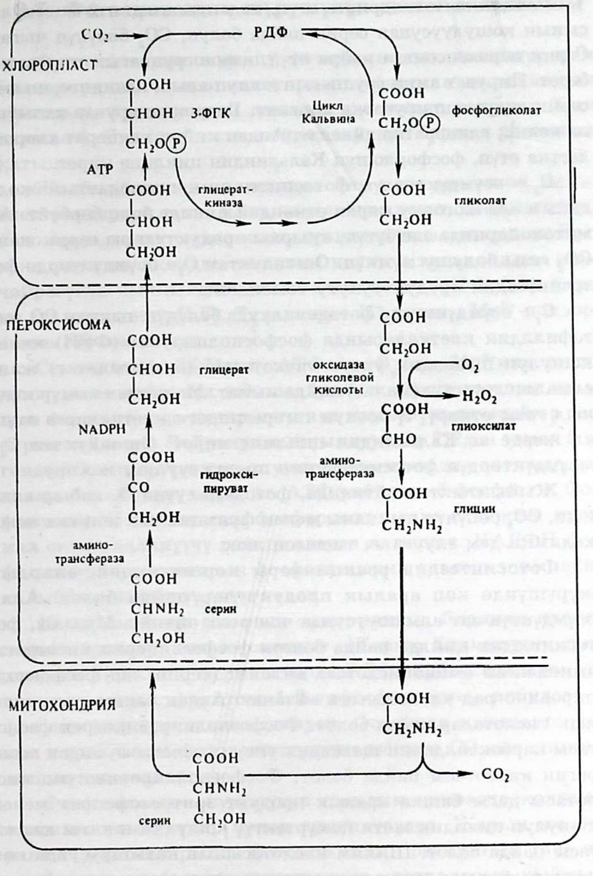
Фотосинтездин эффективдүүлүгү кичине болгон кээ бир C_3 – фотосинтездүү өсүмдүктөрдүн фотодемалуусу фотосинтездин 50% түзөт.

CO_2нин концентрациясы төмөн болуп, кычкылтек көп кармалганда фотодемалуу C_3 – фотосинтездүү өсүмдүктөрдө күчтүү жүрөт.

Фотодемалууда хлоропласттагы рибулозо-1,5-дифосфат 3-фосфоглицерин кислотасына жана 2-фосфогликоль кислотасына ажырайт. 2-фосфогликоль кислотасы фосфорун жоготуп, гликоль кислотасына айланат (39-сүрөт).

РДФ – карбоксилазанын катализдик борборунда көмүр кычкыл газы менен кычкылтектин молекулалары атаандаш болушат. Көмүр кычкыл газынын концентрациясы жогору болуп, кычкылтектики аз болгондо карбоксилдөө үстөмдүк кылат. Ал эми кычкылтектин концентрациясы жогору болуп, көмүр кычкыл газы аз кармалганда кычкылданууга ыңгайлуу шарт түзүлүп, фосфогликоль кислотасы пайда болот. Температура да ушул багытта таасир кылат.

Фотодемалуу клетканын үч органоидинин-хлоропласттын, пероксисоманын, митохондриянын биргелешип аракеттенүүсүнүн натыйжасында жүрөт (39-сүрөт). Хлоропластта пайда болгон гликолат пероксисомага өтүп, анда гликолатоксидазанын жардамы менен кычкылданып, глиоксилат пайда болот. Пайда болгон суутектин перекиси пероксисоманын каталазасынын таасири менен ажыратылат. Глиоксилат аминдештирилип, глицинге айланат. Аминогруппанын донору глутамат болот.



39-сүрөт. Фотодемалуу. Гликоль кислотасынын айлануусу.

Глицин митохондрияга өтүп, анда глициндин 2 молекуласынын кошулуусунан серин пайда болуп, CO_2 бөлүнүп чыгат. Серин пероксисомага кайра өтүп, аминогруппасын пируватка берет. Пируват амин группасын кошуп алып, аланинге, ал эми серин гидроксипируватка айланат. Гидроксипируват калыбына келип, глицератка айланат. Андан кийин глицерат хлоропластка өтүп, фосфорлошуп Кальвиндин циклине кирет.

C_3 – өсүмдүктөрдүн фотосинтезинин гликолаттык жолу дайым эле жогорку карап өткөндөй циклде боло бербейт. Ал митохондрияда эле бүтүп, акыркы продуктулары серин жана CO_2 газы болушу мүмкүн. Ошондуктан C_3– өсүмдүктөрдө фотосинтездин продуктуулугу төмөндөйт.

C_4 – өсүмдүктөрдө фотодемалууда бөлүнүп чыккан CO_2 мезофиллдин клеткаларында фосфоенолпируват (ФЕП) менен кошулуп щавелдик уксус кислотасын (оксалоацетат) жана алма кислотасын (малат) пайда кылат. Малаттын көмүр кычкыл газы өткөрүүчү боонун тегерегиндеги клеткаларга өтүп, ал жерде ал Кальвиндин циклине кирет. Ошондуктан C_4– өсүмдүктөрдүн фотосинтезинин продуктуулугу жогору.

Жыйынтыктап айтканда, фотодемалууда O_2 кабыл алынып, CO_2 бөлүнүп чыкканы менен функциялык жактан анын кадимки дем алууга эч тиешеси жок.

Фотосинтездин реакциялары көрсөткөндөй, алардын жүрүшүндө көп аралык продуктулар пайда болот. Алар өсүмдүктүн зат алмашуусунда чоң роль ойнойт. Мисалы, фотосинтездик циклде пайда болгон фосфоглицерин кислотасы аминдешип аминокислотага айланат (серин) же фосфоенолпировиноград кислотасына айланат. Андан башка органикалык кислоталар пайда болот. Фосфоенолпировиноград кислотасы карбоксилденип щавелдик уксус кислотасы, андан аспарагин кислотасы пайда болот. Фосфоенолпировиноград кислотасы дагы башка аралык продукт эритрозофосфат менен кошулуп циклдик жети көмүртектүү кошулма шиким кислотасы пайда болот. Шиким кислотасынын катышуусунда көп жыпар жыттуу аминокислоталары, фенолдор, глюкозиддер ж.б. синтезделет. Аралык продукт катары пайда болгон пентозалар нуклеин кислоталарын синтездөөдө чоң роль ойнойт.

3.7. Фотосинтездин жүрүшүнүн жөнгө салынышы

Фотосинтездин жүрүшү фотохимиялык активдүү мембраналардын, хлоропласттардын, клетканын, ткандын, органдын, организмдин деңгээлинде жөнгө салынат (башкарылат). Бул процессте жөнгө салуунун бардык системасы катышат.

Жалбырак жарыктангандан бир нече мүнөттөн кийин электрондордун ташылышына ылайыктанып, хлоропласттар кыскарып, тилакоиддер менен граналар тыгызданышат. Протондордун тилакоидге ташылып келиши тилакоиддин ички чөйрөсүнүн кычкылданышына алып келет (pH 5–5,5). Строма щелочтонот (pH-7). Тилакоидге H^+ кирип, Mg^{2+} иондору андан стромага өтөт.

Стромада НАДФНтын, АТФтин, O_2нин, Mg^{2+}нин топтолушу жана чөйрөнүн кычкылдуулугу көмүр кычкыл газынын фотосинтезде сиңирилишине түздөн түз же кыйыр таасирин тийгизет. Чөйрөнүн кычкылдуулугу 7,2ден төмөн болгондо CO_2 синирүүгө катышуучу ферменттердин активдүүлүгү начарлап, сиңирүү жүрбөйт. АТФ рибулозо-5-фосфатты, фосфоглицерин кислотасын фосфорлоодо жана сахароза, крахмал синтезделинүүчү реакцияларда катышат. НАДФН фосфоглицерин кислотасын фосфоглицерин альдегидине чейин калыбына келтирүү үчүн керек.

Көмүр кычкыл газынын сиңирилиши, биринчи иретте, жарык аркылуу жөнгө салынат. Жарык Кальвиндин циклиндеги бир катар ферменттерди РДФ-карбоксилазаны, дегидрогеназаны, фруктозо-1,6-дифосфатазаны, рибулозо-5-фосфаткиназаны активдештирет. Стромада кычкылтектин көп кармалышы фотодемалуунун эсебинен CO_2нин сиңирилишин төмөндөтөт.

Фотосинтездин жүрүшүнүн ткандык деңгээлде жөнгө салынышы төмөнкүлөр менен түшүндүрүлөт. Жарык жалбырактын клеткаларында фотохимиялык реакцияны гана чакырбастан жалбырактын үттөрүнүн клеткаларын кыймылга келтирип алардын ачылышында да катышат.

Үттүн тешигинин чоң ачылышы транспирациянын

күчөшүнө алып келет. Транспирация күчтүү жүргөндө фотосинтездин нормалдуу жүрүшү үчүн керек CO_2, суу жана минералдык заттар жалбыракка үзүлбөй келип турат.

Фотосинтездин натыйжасында жалбырактын ткандары кант ж.б. фотосинтездин продуктулары менен байыйт. Ал өткөрүүчү ткандардын активдүү иштешине алып келет. Өткөрүүчү ткандардын начар иштешинен жалбырактын ткандарында фотосинтездин продуктуларынын топтолушу фотосинтездин начар жүрүшүнө же токтошуна алып келет.

Крахмалдын жалбыракта жыйылышынын фотосинтезге тийгизген таасири төмөнкүлөр менен түшүндүрүлөт: 1) тилакоиддерге механикалык таасир тийгизет; 2) хлоропласта жарыктануу начарлайт; 3) крахмалга ферменттер, иондор, өзгөчө Mg сорулат, 4) CO_2нин диффузиясы начарлайт.

Фотосинтездин жүрүшү өсүмдүктүн жалпы организминин деңгээлинде да жөнгө салынат. Анткени, фотосинтез өсүмдүктүн организминин бардык функциялары менен тыгыз байланыштуу.

Фотосинтездин продуктулары башка органдардын өсүшү, жаңы ткандардын пайда болушу, запаска топтоо үчүн жумшалат. Фотосинтез – донор, өсүү процесстери, запастоо – акцептор. Бул экөөнүн ортосунда тыгыз байланыш бар. Эгерде өсүмдүктүн жаш мөмөлөрүн же гүлүн үзүп таштаса, фотосинтездин жүрүшү төмөндөйт. Жалбырактын ассимиляциялоочу бир бөлүгүн кесип таштаса, калган бөлүгүндө фотосинтездин активдүүлүгү артат.

Өсүмдүктүн организминдеги функциялардын өз ара байланышында фитогормондун, өсүүнүн жана метаболизмдин ингибиторлорунун мааниси чоң.

Фитогормондор өсүмдүктүн ар кандай органдарында синтезделинип, фотосинтезге жакындан жана аралыктан таасирин тийгизет. Аралыктан таасир тийгизүүсү фитогормондордун өсүү, өөрчүү процесстерин, ассимиляттын ташылышын, запаска топтолушун ж.б. жөнгө салып, башкаруу аркылуу ишке ашырылат. Фитогормондордун фотосинтезге жакындан тийгизген таасири алардын хлоропласттардын мембраналарынын абалына, ферменттердин активдүүлүгүнө, иондор-

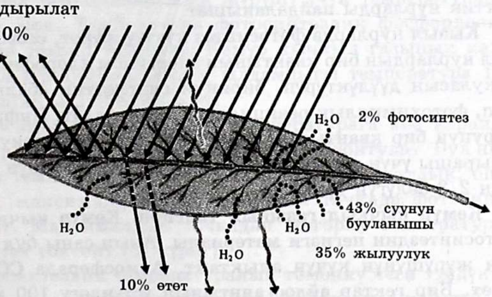
дун мембрана аркылуу ташылышына түздөн-түз тийгизген таасири аркылуу аткарылат.

Фитогормондун ж.б. биологиялык активдүү заттардын ар биринин ар башка органдарда (жалбыракта, тамырда, мөмөдө ж.б.) синтезделиниши өсүмдүктүн бардык органдарынын арасында бири-бирине көз карандуулукту түзүп бүтүндөй өсүмдүктүн функциялык активдүүлүгүнүн жөнгө салынып турушун камсыз кылат.

3.8. Тышкы чөйрөнүн факторлорунун фотосинтезге тийгизген таасири

Фотосинтездин жүрүшүнө тышкы чөйрөнүн көп факторлору – жарык, анын составы, CO_2нин концентрациясы, температура, өсүмдүктүн суу алмашуусу, минералдык заттар ж.б. таасирин тийгизишет. Бул факторлор бири-бири менен бирдикте айкалышып фотосинтезге таасир тийгизишет.

Жарыктын таасири. Жалбыракка келип түшкөн жарыктын энергиясы 100% болсо, анын болжол менен 10% кайра чагылат, 10% жутулбастан жалбырактан өтүп кетет, 35% жылуулукка айланат, 43% сууну буулантууга жумшалат, 2% гана фотосинтездин жүрүшүнө кетет (40-сүрөт).



40-сүрөт. Жалбырактын бетине түшкөн жарыктын пайдаланылышы.

Фотосинтез өтө начар жарыкта да жүрөт. А.С.Фаминцын фотосинтез жүрүп крахмал пайда болушу үчүн чырактын жарыгы жетиштүү экендигин аныктаган. Жарык жерде өсүүчү көпчүлүк өсүмдүктөрдүн максималдык фотосинтези күндүн толук жарыгынын жарымында байкалат. Жарыктын күчүнүн андан ары өсүшү фотосинтездин жүрүшүн жогорулатпастан кайра төмөндөтөт.

Жарыктын ар кандай шарттарында өсүүсүнө жараша өсүмдүктөр жарык жерде өсүүчүлөр, көлөкөдө өсүүчүлөр жана көлөкөгө чыдамдуу өсүмдүктөр болуп бөлүнүшөт.

Жарык жерде өсүүчү өсүмдүктөр үчүн (чынар, кайын) керектүү минималдык жарыктын күчү күндүн толук жарыгынын жарымынан кем эмес болот.

Көлөкө жерде өсүүчү өсүмдүктөр үчүн (кара көз, теңге чөп ж.б.) жарыктын максималдык күчү күндүн жарыгынын орточо чоңдугуна барабар. Көлөкөгө туруктуу өсүмдүктөрдүн (карагай, бузина, бук) фотосинтези жарыктын төмөнкү күчүнөн жогорку күчүнө чейин (өтө көлөкөдөн күндүн толук жарыгына чейин) нормалдуу жүрө берет.

Жарык жерде өскөн өсүмдүктөрдө көлөкөдө өскөн өсүмдүктөрдөн айырмаланып, жашыл пигмент аз, каротиноиддер көп кармалат. Бул өсүмдүктөр фотосинтез үчүн жарыктын кызыл нурларын, көлөкө жердин өсүмдүктөрү көк, фиолеттик нурларды пайдаланышат.

Кызыл нурларда фотосинтез күчтүү жүрөт, себеби: 1) кызыл нурлардын бир квантынын энергиясы хлорофиллдин молекуласын дүүлүктүрүп, биринчи синглеттик абалга келтирип, фотохимиялык реакцияларга жумшалат. Инфра кызыл нурунун бир квантынын энергиясы суунун молекуласынын ажырашы үчүн жетишсиз; 2) кызыл нурлар күндүн жарыгынын 2/3 бөлүгүн түзөт.

Көмүр кычкыл газынын таасири. Көмүр кычкыл газы фотосинтездин негизги материалы. Анын саны бул процесстин жүрүшүнүн күчүн аныктайт. Атмосферада CO_2 0,03% түзөт. Бир гектар айдоо аянтынын үстүндөгү 100 м бийиктиктеги абада 550 кг CO_2 кармалат. Анын 120 кг өсүмдүк бир суткада сиңирип алат.

Фотосинтезде атмосфералык CO_2ден башка өсүмдүктүн өзүнүн дем алуусунда бөлүнүп чыккан CO_2 да пайдаланылат. Начар жарыкта төө буурчактын жалбырагы дем алуусунда бөлүнүп чыккан CO_2нин 60%, күчтүүрөк жарыкта 70% фотосинтезге пайдаланат.

Фотосинтездин жогорку деңгээлде жүрүшү үчүн көмүр кислотасынын оптималдык концентрациясын табуу проблемалык маселе болуп саналат. Бул проблеманы фотосинтезге таасир көрсөтүүчү бардык шарттардын тийгизген таасирин чогуу изилдегенде гана чечүүгө болот.

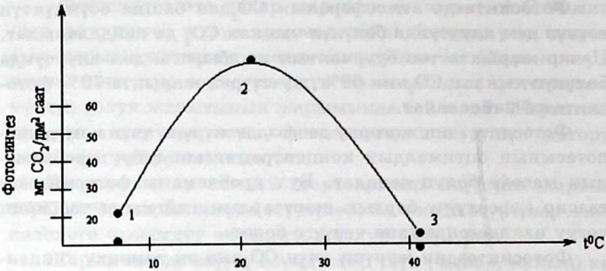
Фотосинтездин жүрүшү үчүн CO_2нин эң төмөнкү концентрациясы 0,008%. Көмүр кычкыл газынын атмосферада мындан аз кармалышы фотосинтездин токтолушуна алып келет. Абада CO_2 кармалышынын 10–20 эсе (1%) көбөйүшүнөн фотосинтездин жогорулашы далилденген. Кээ бир изилдөөлөрдө абадагы CO_2нин концентрациясын 2–5% ке чейин жеткиргенде фотосинтездин жогорулагандыгы көрсөтүлгөн. Бирок көмүр кычкыл газынын концентрациясынын андан ары өсүшү фотосинтезди токтотот.

Көмүр кычкыл газынын жогорку концентрациясынын фотосинтездин жүрүшүнө оң таасир тийгизүүсү жарык жетиштүү болгондо гана байкалат.

Температуранын таасири. Фотосинтездин биринчи фотофизикалык реакцияларынын жүрүшү үчүн температуранын мааниси жок. Температура фотосинтездик фосфорлоонун жүрүшүнө таасир тийгизет. Көмүр кычкыл газынын калыбына келүү реакцияларынын ылдамдыгы температура 10°C жогорулаганда 2–3 эсеге өсөт.

Фотосинтездин жүрүшүнүн температурага көз карандылыгы бир чокулуу ийри сызык аркылуу туюнтулат. Бул ийри сызыкта температуралык үч точка бар: минималдык, оптималдык, максималдык. Минималдык точкада фотосинтез башталат. Максималдык точкадан жогорку температурада фотосинтез токтойт (41-сүрөт).

Фотосинтездин температуралык төмөнкү чеги түндүк алкактарда өскөн өсүмдүктөр үчүн (−15°C) (кызыл карагай, карагай), тропикалык өсүмдүктөр үчүн – (+4⁻+8°C). Мелүүн алкактардын өсүмдүктөрү үчүн 20–25°C максималдык темпе-



41-сүрөт. Фотосинтездин температурага жараша өзгөрүшү. 1-минималдык, 2-оптималдык, 3-максималдык точкалар.

ратура. Температуранын андан ары 40°Сга чейин жогорулашы фотосинтезди токтотот, ал эми 45°С өсүмдүк өлөт. Чөлдө өсүүчү кээ бир өсүмдүктөрдүн фотосинтези 58°С да жүрүүгө жөндөмдүү.

Фотосинтездин температуралык чегин өсүмдүктүн туруктуулугун жогорулатуу менен өзгөртүүгө болот.

Фотосинтездин карбоксилдештирүү, фруктозо-6-фосфаттын кантка жана крахмалга айлануу реакцияларынын жүрүшүнө жана канттын жалбырактан башка органдарга ташылышына температура чоң таасирин тийгизет.

Суу алмашуунун таасири. Суу – фотосинтезде реакцияга кирүүчү негизги заттардын бири: ал фотосинтезде бөлүнүп чыккан кычкылтектин булагы, суутектин донору.

Суунун фотосинтезге тийгизген таасиринин экинчи себеби – жалбырактын суу менен камсыз болушу үттөрдүн ачык болушуна шарт түзөт. Ал эми ачык үт аркылуу фотосинтездин жүрүшү үчүн керектүү CO_2 жалбыракка кирет.

Кургакчылыкта, суу жетишсиздикте фотосинтездин жүрүшү начарлайт же токтойт. Суу жетишсиз болгондо биринчи иретте фотосинтездин алгачкы продуктуларынын составы өзгөрөт (канттардын фосфордук эфирлери азайып, азоттуу кошулмалардын саны көбөйөт), төмөнкү молекулалуу кошулмалар көбөйөт. Суунун фотосинтезге тийгизген таасири

анын өсүмдүктүн организминин жалпы абалына тийгизген таасири менен да түшүндүрүлөт.

Минералдык азык заттардын таасири. Фотосинтездик аппараттын нормалдуу иштеши үчүн өсүмдүк бардык макро- жана микроэлементтер менен камсыз болушу керек. Өсүмдүктөрдүн тамыры жана аба аркылуу азыктануулары бири-бири менен өтө тыгыз байланышкан.

Минералдык элементтердин фотосинтезге тийгизген таасири алардын фотосинтездик аппараттын түзүлүшүнө пигменттердин синтезделинишине, электрон ташуучу чынжырчанын түзүлүшүнө, ферменттик белоктордун синтезделинишине жана алардын иш-аракеттерине тийгизген таасири менен түшүндүрүлөт.

Магний хлорофиллдердин составына кирет, АТФти синтездөөдө катышуучу белокторду активдештирет, карбоксилдөө, НАДФтин калыбына келүү реакцияларын активдештирет. Ошондуктан магний жетишсиз болгондо фотосинтездин жүрүшү бузулат.

Темир хлорофиллди жана хлоропласттардын темир кармоочу кошулмаларын (ферредоксинди, цитохромдорду) синтездөөдө катышат. Темир жетпегенде циклдик жана циклдик эмес фотофосфорлоонун жүрүшү, пигменттердин синтезделиши, хлоропласттардын структурасы бузулат.

Марганец жашыл өсүмдүктөрдө суунун фотокычкылданиуусунда катышат. Ошондуктан марганецтин жетишсиздиги фотосинтездин жүрүшүн төмөндөтөт.

Жез пластоцианиндин составына кирип, фотосинтездин жүрүшүндө катышат.

Азот хлорофиллдин молекуласында кармалып пигменттердин синтезделишине, хлоропласттардын структурасына таасир тийгизет.

Фосфор НАДФ, АТФте кармалып, энергетикалык мааниси бар.

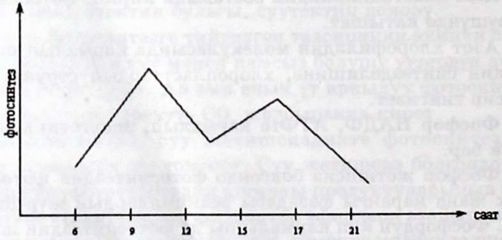
Фосфор жетишсиз болгондо фотосинтездин фотохимиялык жана караңгы фазадагы реакциялардын жүрүшү бузулат. Фосфордун көп кармалышы да фотосинтездин жүрүшүн токтотуп, ага тескери таасир тийгизет.

Кычкылтектин таасири. Кадимки шарттарда фотосинтез 21% кычкылтек кармалган аэробдук чөйрөдө жүрөт. Кычкылтектин чөйрөдө өтө азайышы же көбөйүшү фотосинтез үчүн жакшы эмес.

Фотодемалуусу жогору өсүмдүктөрдө (чанактууларда) кычкылтектин санын 21% тен 3% ке чейин төмөндөтүү фотосинтездин жүрүшүн күчөтөт, ал эми жүгөрүнүн (фотодемалуусу төмөн) фотосинтезине эч таасир тийгизбейт.

Кычкылтектин концентрациясынын жогорулашы (25–30%) фотосинтезди төмөндөтөт (Варбургдун эффектиси). Анын басымынын жогорулашы жана көмүр кычкыл газынын азайышы фотодемалууну күчөтөт. Кычкылтек РДФ-карбоксилазанын активдүүлүгүн төмөндөтөт. Андан башка ал фотосинтездин биринчи продуктуларын кычкылдандырышы мүмкүн.

Фотосинтездин суткада жана сезондо өзгөрүшү. Күн чыккандан баштап жарыктын күчүнүн өсүшү менен бирге фотосинтез да өсүп, саат 9–12де максималдык чоңдукка жетет (42-сүрөт). Фотосинтездин андан аркы жүрүшү өсүмдүктө суунун кармалышы, температура, жарыктануу менен байланыштуу болот. Түштө фотосинтездин чоңдугу өспөйт. Өтө ысык эмес булуттуу күндөрдө түштөгү фотосинтез эртең мененки максималдык деңгээлде болот, же бир аз төмөндөйт, саат 16–17де кайрадан жогорулайт. Күн баткандан кийин, саат 22ден кийин фотосинтездин жүрүшү төмөндөйт. Түштө фото-



42-сүрөт. Фотосинтездин суткада өзгөрүшү.

синтездин күчүнүн төмөндөшү **фотосинтездин түшкү депрессиясы** деп аталат. Түшкү депрессия мезгилинде фотосинтездин күчү төмөндөп эле калбастан, кээде CO_2нин бөлүнүп чыканы байкалат. Себеби түшкү күн ысыкта дем алуу фотосинтезге караганда басымдуулук кылып кетет. Түштө жалбырак аркылуу буулантылган суунун орду тамырдан келген суу менен толук толукталбай суунун жетишсиздигинен CO_2 кирүүчү үттөр жабылат. Фотосинтездик аппараттын иштеши бузулат. Фотосинтездин продуктуларынын жалбырактан агып кетиши начарлайт. Ушулардын натыйжасында фотосинтездин жүрүшү төмөндөйт.

Фотосинтездин сезондук өзгөрүүсү ар түрдүү группадагы өсүмдүктөрдө ар башка. Вегетациялык мезгили кыска эфемерлерде максималдуу фотосинтез мөмө байлоонун башында – марттын аягынан апрелдин ортосуна чейинки мезгилде жүрөт. Вегетациясы жайында бүтүүчү өсүмдүктөрдө максималдуу фотосинтез жайдын башталышында байкалат. Вегетациясы узак дарак жана бадал өсүмдүктөрдө максималдуу фотосинтез ысык жана кургак мезгилдин башында жүрсө, күзүндө акырындап төмөндөйт.

Фотосинтез жана өсүмдүктөрдүн түшүмдүүлүгү. Жашыл өсүмдүктөрдө фотосинтез органикалык заттарды пайда кылуучу негизги процесс болуп саналат. Фотосинтездин продуктулары өсүмдүктөрдүн түшүмүнүн 95%тин түзөт. Фотосинтездин жүрүшүн максатка ылайык өзгөртүп, анын продуктуулугун арттыруу өсүмдүктөрдүн түшүмдүүлүгүн жогорулатуунун бирден бир эффективдүү жолу болуп саналат.

Өсүмдүктөрдүн продуктуулугу жалаң эле фотосинтезге байланыштуу эмес. Алардын продуктуулугу ассимиляция менен диссимиляциянын катыштарына, фотосинтездин продуктулары өсүүгө ж.б. процесстерге эффективдүү жумшалгандыгына байланыштуу болот. Фотосинтезди толук изилдөө анын продуктуулугун жогорулатуу үчүн эффективдүү жолдорду табууга шарт түзөт. Мындай жолдордун бири күндүн нурун пайдалануу коэффициентин жогорулатуу болуп саналат. Бул маселе өсүмдүктөрдү айдоо аянтында туура жайгаштыруу, жалбырактардын массасын жогорулатуу, фотосин-

тездик аппараттын активдүү иштөө мөөнөтүн узартуу ж.б. аркылуу ишке ашырылат. Жалбырактардын санынын көптүгү жана алардын аянтынын чексиз чоңдугу фотосинтез үчүн нормалдуу эмес, анткени алар бири-бирине көлөкө кылышат. Ошондуктан уруктарды себүүдө өсүмдүктөрдүн нормалдуу өсүшү үчүн үрөндүн себүү нормасын аныкташат. Өсүмдүктөр өтө суюк болуп, топурактын бети жылаңач да калбаш керек. Анткени ачык топурактын бети күнгө катуу ысып, анын суу режими бузулат. А.Г.Лорхтун эсептөөлөрү боюнча маданий өсүмдүктөрдүн жалбырактарынын жалпы аянты ал өсүмдүктөр ээлеген аянттан болжол менен 3–4 эсе чоң болгондо түшүмдүн түзүлүшү үчүн нормалдуу шарт болуп эсепетелет.

Өсүмдүктөрдөн жогорку түшүм алыш үчүн төмөнкү шарттар түзүлүш керек: 1) айдоо аянтында жалбырактардын бетинин аянтын чоңойтуу; 2) фотосинтездик аппараттын активдүү иштөө мөөнөтүн узартуу; 3) фотосинтездин продуктуулугун жогорулатуу; 4) фотосинтезде пайда болгон заттардын өз убагында башка органдарга коромжусуз агып кетишине жетишүү.

Жогорудагы келтирилген материалдардын негизинде фотосинтез жөнүндө төмөнкүлөрдү жыйынтыктоого болот.

1. Фотосинтез кайталануучу кычкылданып-калыбына келүүчү процесс. Анын жүрүшүндө көмүр кычкыл газ суунун суутеги менен калыбына келип, органикалык зат синтезделет. Пигмент аркылуу жутулган жарыктын энергиясы синтезделген органикалык заттардын молекуласында химиялык байланган энергияга айланат.

2. Фотосинтезде хлорофилл жана башка пигменттер аркылуу жутулган жарыктын энергиясы пайдаланылат. Фотосинтездин жарык фазасында жарыктын квантын жуткан хлорофиллдин молекуласы энергетикалык дүүлүккөн абалга келет. Дүүлүккөн пигменттин энергиясы энергияга бай кошулмалар АТФти жана НАДФНты пайда кылууга жумшалат. Хлорофилл аркылуу жутулган энергия суунун молекуласын ажыратууга да жумшалат. Анын кычкылтеги чөйрөгө бөлүнүп чыгат. Суутеги НАДФти калыбына келтирет, НАДФН пайда болот.

3. Фотосинтездин экинчи этабы караңгы фазада алдын ала акцепторго жутулган көмүр кычкыл газы жарык фазада пайда болгон АТФтин энергиясынын жардамы, НАДФНтын суутеги менен калыбына келип фотосинтездин продуктулары синтезделет. НАДФНтын, АТФтин энергиялары фотосинтездин продуктуларынын молекулаларынын химиялык байланган энергиясына айланат. Энергиялардын айлануулары электрондордун ташылышында ишке ашат.

4. Фотосинтез үзгүлтүксүз кайрадан жүрүш үчүн көмүр кычкыл газынын фосфорлошкон акцептору кайрадан пайда болот. Ал ирети менен жүрүүчү көп ферменттик реакциялардын натыйжасында ишке ашат. Ал реакцияларды активдештирүүдө АТФ катышат.

5. Фотосинтез биосферанын негизги процесси. Космостук функцияны аткарат. Фотосинтезде органикалык заттар түзүлүп, атмосфера кычкылтек менен байыйт.

Жалбырактын түзүлүшү, үттүк аппараттын иштеши, ассимиляттардын өз убагында жалбырактан агып кетиши фотосинтездин оптималдуу жүрүшүнө шарт түзөт.

4. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ДЕМ АЛУУСУ

4.1. Дем алуу жөнүндө түшүнүк. Дем алуунун мааниси

Фотосинтез процессинде пайда болгон органикалык заттар жана алардын молекулаларында байланган энергия Жер жүзүндө жашаган бардык тирүү организмдер үчүн азыктык заттардын жана энергиянын булагы болуп саналат. Азыктык заттардагы химиялык байланган энергия тирүү организмдердин тиричилик процесстеринде пайдаланыш үчүн АТФтин энергиясына айланат. Бул процесс дем алууда ишке ашырылат. Дем алууда органикалык зат, мисалы глюкоза, молекулалык кычкылтек менен кычкылданып, суу жана көмүр кычкыл газына чейин ажырайт. Мында 2875 кДж/моль энергия бөлүнүп чыгат.

$$C_6H_{12}O_6+6O_2 \rightarrow 6CO_2+6H_2O+2875\ \textit{кДж/моль.}$$

Көп жылдар бою дем алуунун биологиялык маанисин жашоого керектүү энергиянын пайда болушу менен гана чектеп келишкен. Кийинки жылдарда дем алуунун биохимиялык процесстерин тереңдетип изилдөө дем алуунун татаал процесстеринде пайда болгон аралык продуктулар клетканын зат алмашуусунда борбордук орунду ээлей тургандыгын көрсөттү.

4.2. Дем алуу жөнүндө түшүнүктүн келип чыгышы

Дем алуу бардык тирүү организмдерге, органга, тканга, клеткага тиешелүү процесс. Дем алууну дайыма жашоо менен байланыштырып келишкен. Дем алуу токтосо, жашоо

да токтойт. Дем алууну илимий изилдөө XVIII кылымдын акыркы чейрегинде гана башталган.

А.Л.Лавуазье 1773–1783-жылдарда жаныбарлардын дем алуусун жана күйүүнү изилдеп, дем алууда да, күйүүдө да кычкылтек жутулуп, көмүр кычкыл газы жана жылуулук бөлүнүп чыгат деген тыянакка келген. Күйүүдө кычкылтек субстрат менен кошуларын тажрыйбада аныктап, дем алуу – бул азыктык заттардын организмде акырындык менен күйүшү деген.

Я. Ингенхауз (1778–1780) жашыл өсүмдүктөр караңгыда, өсүмдүктүн жашыл эмес бөлүктөрү караңгыда да, жарыкта да жаныбарлар сыяктуу кычкылтекти жутуп алып, көмүр кычкыл газды бөлүп чыгарарын аныктаган.

1797–1804-жылдарда Н.Т.Соссюр биринчи жолу өсүмдүктөрдүн дем алуусун сандык жактан изилдеп, караңгыда өсүмдүк аркылуу канча кычкылтек жутулса, ошончо көмүр кычкыл газы бөлүнүп чыгарын аныктаган. Өсүмдүктөр да жаныбарлар сыяктуу дем алып, анын натыйжасында тиричилигине керектүү энергия менен камсыз болот деген жыйынтыкка келген. Соссюрдун оюн ал кездеги көпчүлүк окумуштуулар кабыл алган эмес. Ал окумуштуулар бир эле мезгилде өсүмдүктүн организминде карама-каршы эки процесс – фотосинтез менен дем алуу кантип жүрсүн деп күнөм санашкан.

1842-жылы немец окумуштуусу Ю.Либих өсүмдүктөрдүн дем алуусун четке кагып, өсүмдүк аркылуу бөлүнүп чыккан көмүр кычкыл газы – бул кандайдыр бир себептердин натыйжасында фотосинтезде пайдаланылбай калган, жалбырак аркылуу жутулган көмүр кычкыл газы деп түшүндүргөн.

XIX кылымдын аягында жана XX кылымдын биринчи чейрегинде изилденүүсү боюнча өсүмдүктөрдүн физиологиясы жаныбарлардын физиологиясына теңелип, өсүмдүктөр да жаныбарлар сыяктуу дем ала тургандыгы көп тажрыйбаларда аныкталган.

И.П.Бородин, А.Н.Бах, В.И.Палладин, С.П.Костычев, Варбург ж.б. окумуштуулар тирүү клеткада, биологиялык шарттарда, салыштырмалуу төмөнкү температурада сырттан

кошумча энергия албастан органикалык заттардын кычкылданышынын себептерин ачышкан.

XX кылымдын 20-жылдарынан баштап дем алуунун химиялык жана ферменттик процесстеринин механизмин изилдеп, Д.Кейлин, Эмбден, О.Мейергоф, Х.Кребс, В.Христиан, С.Очоа, Д.Грин, Д.М.Михлин ж.б. окумуштуулар көп жетишкендиктерге ээ болушкан. Өсүмдүктөрдүн дем алуусунун катализдик системасы жаныбарлардыкына караганда татаал экендиги далилденген.

Азыркы кездеги көз караштар боюнча кычкылтектүү (аэробдук) дем алуу атмосферада эркин кычкылтек пайда болгондон кийин келип чыккан. Жашыл өсүмдүктөр келип чыкканга чейин планетада жашаган организмдердин энергия алмашуусу анаэробдук жол менен (кычкылтексиз) жүргөн. Аэробдук дем алууда анаэробдук процесс анын составдык бөлүгү болот. Ошондуктан азыркы кездеги бардык организмдер органикалык заттарды кычкылтексиз да ажыратууга жөндөмдүү.

Анаэробдук процесстен кычкылтектүү дем алууга өтүү органикалык заттардын молекуласындагы энергияны толук пайдаланууга шарт түзгөн. Эволюциянын жүрүшүндө молекуласында көп энергиянын запасы бар заттарды аз энергиялуу заттарга (H_2O, CO_2) айландыруучу жаңы ферменттердин системасы келип чыккан.

4.3. Дем алууда кычкылданып-калыбына келүү процесстеринин жүрүшү (Бахтын, Палладиндин теориялары)

Биологиялык системаларда бир заттын кычкылданышы экинчи заттын калыбына келиши менен жүрөт. Бул процесстин жүрүшү үчүн клеткада кычкылданып-калыбына келүү чынжырчасынын болушу зарыл.

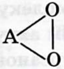
Молекулалык кычкылтектин реакциялык активдүүлүгү анча чоң эмес. Биологиялык шарттарда дем алуу субстратын кычкылдандырууга жөндөмсүз. Ошондуктан ал кычкылдандыруу реакциясына кирердин алдында активдештирилиш керек.

Дем алуу процессинде кычкылтектин активдештирилишинин жолдорун изилдешип, окумуштуулар ар түрдүү теорияларды жана гипотезаларды сунуш кылышкан.

Бул теориялардын ичинен 1897-ж. А.Н.Бах иштеп чыккан биологиялык кычкылдануунун перокистик теориясынын мааниси чоң.

Бахтын перокистик теориясы боюнча биологиялык кычкылдануу төмөнкүчө жүрөт. Молекулалык кычкылтек кош байланыштуу (O=O). Аны активдештириш үчүн кош байланышты үзүш керек. Тез кычкылдануучу зат (А) молекулалык кычкылтек менен оңой реакцияга кирип, кош байланышты үзүп, пероксиддик кошулманы пайда кылат. Бахтын ою боюнча кычкылтекти активдештирүү – бул пероксидди пайда кылуу. Пероксиддик кошулма (AO_2) кычкылдана турган зат (В) менен аракеттенип, аны кычкылдандырат. Андан кийин кычкылтектин экинчи атому В заттын экинчи молекуласы менен аракеттенип аны кычкылдандырат. Ошентип, В зат толук кычкылданат:

$$A + O_2 \rightarrow AO_2$$
$$AO_2 + B \rightarrow AO + BO$$
$$AO + B \rightarrow A + BO$$
$$\overline{A + 2B + O_2 \rightarrow 2BO + A}$$



А затты А. Н. Бах, «оксигеназа» деп атаган. 1921-ж. О.Г. Варбург, 1925-ж. Д. Кейлин кычкылтек клеткадагы темир кармоочу порфириндик зат – цитохромоксидаза менен кошуларын аныкташкан. Дем алуунун аяккы этабында кычкылтекке электрондор жана протондор ташылып келип суу пайда болот. Ошентип, дем алууда кычкылтек электрондордун (H_2) акцепторунун ролун аткарат.

Органикалык кошулмалар суутектин атомун бөлүп чыгарып да кычкылданышат. А.Н.Бах кычкылдануунун перокистик теориясы менен бирдикте суутекти бөлүп чыгарып кычкылдануу гипотезасын да сунуш кылган.

Бахтын бул гипотезасын В.И.Палладин андан ары өөрчүтүп, 1912-ж. дем алуунун жалпы теориясын сунуш кылган.

В.И.Палладин дем алууну эки бөлүккө бөлгөн: анаэробдук жана аэробдук:

$$1)\ C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 12R \rightarrow 6CO_2 + 12RH_2$$
$$2)\ \underline{12RH_2 + 6O_2 \rightarrow 12R + 12H_2O}$$
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

R – субстраттан суутекти алууга жөндөмдүү түстүү дем алуу пигменти.

RH_2 – түссүз дем алуу хромогени.

Дем алуунун биринчи этабы анаэробдук этап. Бул этапта глюкоза суутекти дем алуу пигментине (R) берип, кычкылданат. Суутек дем алуу пигментине редуктаза ферментинин жардамы менен активдештирилип ташылат. Биринчи теңдеме боюнча дем алууда бөлүнүп чыккан CO_2 анаэробдук жол менен пайда болот. Анын кычкылтеги суунуку. Дем алуунун экинчи, аэробдук этабында хромоген (RH_2) суутегин чөйрөнүн молекулалык кычкылтегине берип суу пайда болот. Өзү дем алуу пигментине айланат.

А.Л.Курсанов жана Б.Б.Вартапетян радиоактивдүү изотопторду колдонуу менен жүргүзгөн изилдөөлөрүндө дем алууда жутулган кычкылтек глюкозадан бөлүнүп чыккан суутек менен кошулуп, сууну пайда кылууга кетерин көрсөтүп, Палладиндин теориясынын тууралыгын далилдешкен.

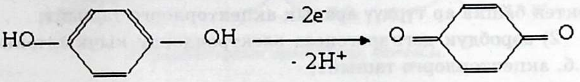
Палладиндин субстраттан суутекти тартып алып, кычкылдандыруу теориясы андан ары немец окумуштуусу Х.Виланддын изилдөөлөрүндө улантылган. Бирок, Виланд кычкылтектин активдештирилишин четке каккан. Виланддын көрсөтүүсү боюнча дем алуу процессинде молекулалык кычкылтек шар эле активдештирилген суутек менен калыбына келет. Азыркы кездеги көз караш боюнча биологиялык кычкылдануунун негизин Бах менен Палладиндин теориясы түзөт. Бул теория боюнча дем алуу процессинде кычкылтек да, суутек да активдештирилиши керек. Тирүү клеткада суунун суутегин да, субстраттын суутегин да ташуучу атайын ферменттер бар.

4.4. Дем алуунун ферменттик системасы. Кычкылдануунун жүрүшү

Кычкылдануунун төрт жолу бар. Бардык кычкылдануу электрондорду берүү менен жүрөт.

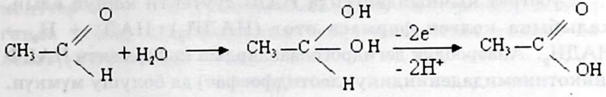
1) түздөн түз электрондорду берүү: $Fe^{2+} \xrightarrow{-e} Fe^{3+}$.

2) суутекти тартып алуу:



3) кычкылтекти кошуп алуу: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

4) гидратталган аралык кошулманы пайда кылып, андан кийин электрондорду жана протондорду бөлүп чыгаруу:

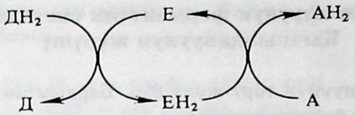


Азыркы кездеги көз караш боюнча органикалык кошулмалардын тирүү клеткада кычкылданышы суутекти жана молекулалык кычкылтекти активдештирүүчү ферменттик системанын катышуусу менен жүрөт.

4.4.1. Суутекти активдештирүүчү ферменттер (дегидрогеназалар)

Бир заттын кычкылдануусу (электрондордун, протондордун донору) экинчи кошулманын калыбына келиши менен жүрөт. Бул реакцияны катализдөөчү ферменттер оксидоредуктазалар (дегидрогеназалар) деп аталат.

Донор (Д) электрондорду жана протондорду берет, акцептор (А) аларды кабыл алат, энзим (Е) электрондордун, протондордун ташылышын ишке ашырат.



Дегидрогеназалардын аракетинин схемасы.

Оксидоредуктазалар үч топко бөлүнөт:

1) анаэробдук дегидрогеназа электрондорду (H_2) кычкылтектен башка ар түрдүү аралык акцепторлорго ташыйт;

2) аэробдук дегидрогеназа электрондорду кычкылтекке ж.б. акцепторлорго ташыйт;

3) оксидаза электрондорду кычкылтекке гана ташыйт.

Бул ферменттер субстраттын суутегин активдештирип, акцепторго ташыйт.

Анаэробдук дегидрогеназалар эки компоненттүү ферменттер, коферменти – НАД$^+$ (никотинамидадениндинуклеотид).

Субстрат кычкылданганда НАД$^+$ суутекти кошуп алып, калыбына келген формага өтөт (НАДН$_2$) : НАД$^+$ + H_2 $\rightarrow$ НАДН$_2$. Анаэробдук дегидрогеназалардын коферменти НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат) да болушу мүмкүн.

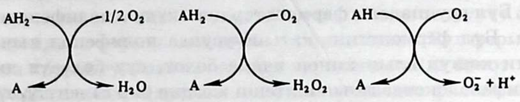
Анаэробдук дегидрогеназаларга спирттик ачуудагы жана пировиноград кислотасынын аэробдук кычкылданышындагы кычкылданып-калыбына келүү реакцияларын катализдөөчү ферменттер (алкоголдегидрогеназа, лактатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа, изоцитратдегидрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа ж.б.) кирет.

Анаэробдук дегидрогеназалар суутекти (электрондорду, протондорду) ар түрдүү аралык ташыгычтарга жана аэробдук дегидрогеназага ташышат, кычкылтекке түз ташышпайт.

Аэробдук дегидрогеназалар да эки компоненттүү ферменттер (флавопротеиддер). Бул ферменттердин коферменттери – флавиномононуклеотид (ФМН) жана флавинадениндинуклеотид (ФАД). Аэробдук дегидрогеназалар үчүн электрондордун (H_2) донору анаэробдук дегидрогеназалар, акцепторлору – хинондор, цитохромдор, кычкылтек.

4.4.2. Кычкылтекти активдештирүүчү ферменттер (оксидазалар)

Оксидазалар субстраттын электрондорун (H_2) кычкылтекке гана ташыйт, натыйжада суу же пероксид пайда болот.



Оксидазалардын аракетинин схемасы.

Оксидазалардын ичинен темир кармоочу ферменттер (Fe–протеиддер), цитохромдор жана цитохромоксидаза башкы ролду ойнойт. Алар белгилүү удаалаштыкта электрондорду флавопротеиддерден молекулалык кычкылтекке ташыйт. Темир порфириндик простетикалык группаны кармоочу ферменттер цитохромдук системаны түзөт. Электрондор ташылганда темир кычкылданып жана калыбына келип, валенттүүлүгү өзгөрүп турат.

$$в \rightarrow c_1 \rightarrow c \rightarrow aa_3 \rightarrow O_2$$

Цитохромдук система.

в, c_1, *c* – цитохромдор, aa_3 – цитохромоксидаза. Булардын ичинен электрондорду түздөн-түз кычкылтекке цитохромоксидаза гана бере алат. Анткени ал башкаларга караганда химиялык абалы жактан кычкылтекке жакыныраак.

Fe – порфириндерге каталаза жана пероксидаза да кирет. Бул ферменттер суутектин перекисинин ажырашында катышышат.

Каталаза суутектин перекисин сууга жана молекулалык кычкылтекке ажыратат: $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$.

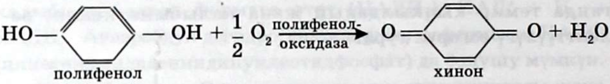
Пероксидаза суутектин перекисин сууга жана активдүү кычкылтектин атомуна ажыратат: $2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + 2O$.

Каталаза менен пероксидазанын биологиялык мааниси чоң. Биринчиден, алар организм үчүн зыяндуу уу зат пере-

кисти ажыратып, зыянсыздандырат; экинчиден, суутектин перекиси ажыраганда пайда болгон кычкылтек органикалык заттарды кычкылдандырыш үчүн пайдаланылат.

Жогоруда карап өткөн темир кармоочу ферменттерден башка өсүмдүктөрдүн ткандарында жез кармоочу кычкылдандыруучу ферменттер да (жез – протеиндер) кеңири таралган. Бул группадагы ферменттердин өкүлү – полифенолоксидаза. Бул ферменттин катышуусунда полифенол кычкылтекти кошуп алып хинон пайда болот, суу бөлүнүп чыгат. Полифенолоксидазанын иштеши жездин бир валенттүүлүктөн эки валенттүүлүккө өтүп кычкылданышына негизделген.

Полифенолдор – дем алуунун хромогендери. Алар кычкылданып, суутектин акцептору болушат. Полифенолдун кычкылданышынан пайда болгон хинон дегидрогеназа менен активдештирилген суутек менен калыбына келип, кычкылтектин акцептору болуп саналат. Анан кайра калыбына келип, баары кайра башталат.



Аскорбиноксидаза да жез кармоочу фермент болуп саналат. Анын катышуусунда аскорбин кислотасы кычкылданып, дегидроформаны пайда кылат. Дегидрогеназа ташып келген суутектин акцептору болот. Аскорбин кислотасынын суутеги кычкылданганда суутектин перекиси пайда болот. Суутектин перекиси пероксидазанын катышуусунда башка кошулмаларды кычкылдандырыш үчүн жумшалат.

4.4.3. Суутекти аралык ташуучу ферменттер

Өсүмдүктөрдүн кычкылдануу системасы химиялык түзүлүшү боюнча флавиндик ферменттерге кирүүчү көп сандагы ар түрдүү аралык ташыгычтардан турат. Булар коэнзим менен байланышкан адистик белоктон турган эки компоненттүү системалар. Флавиндик ферменттер суутекти кай-

сы кошулмадан аларына жараша ар түрдүү болушат. Мисалы, кээ бир ферменттер суутекти түздөн түз субстраттан, ал эми башкасы – калыбына келген НАДФтен алышат.

Флавиндик ферменттер суутекти кабыл алуучу акцепторлорго жараша да ар түрдүү болушат. Кычкылданган цитохром, кычкылтек же башка дегидрогеназалар суутектин акцептору боло алышат. Суутекти кычкылтекке ташуучу флавопротеиддик фермент оксидаза болуп саналат. Бул ферменттердин катышуусунда суутектин перекиси пайда болот.

Флавиндик дегидрогеназалардын коэнзими флавинмононуклеотид же флавинадениндинуклеотид болот. Флавинмононуклеотид (ФМН) Варбургдун сары ферментинин, цитохромредуктазанын, гликоль кислотасынын оксидазасынын коэнзими болуп саналат.

$$1.\ CH_2OH^{-}{-}COOH + O_2 \xrightarrow{\text{оксидаза}} CHO^{-}{-}COOH + H_2O_2$$

гликоль кислотасы → глиоксил кислотасы

$$2.\ CHO^{-}{-}COOH + НАДН_2 \xrightarrow{\text{редуктаза}} CH_2OH^{-}{-}COOH + НАД$$

глиоксиль кислотасы → гликоль кислотасы

Флавинадениндинуклеотид (ФАД) d – аминокислоталардын оксидазасынын жана глюкозоксидазанын коэнзими болуп саналат.

Аминокислоталардын оксидазасы аминокислоталардын кычкылдык аминсизденүүсүн катализдейт.

$$CH_3CH(NH_2) - COOH + H_2O + O_2 \xrightarrow[\text{оксидаза}]{\text{аминокислота}} CH_3CO - COOH + NH_3 + H_2O_2$$

Глюкозооксидаза глюкозаны кычкылдандырат:

$$CH_2OH(CHOH)_4{-}CHO + H_2O + O_2 \xrightarrow[\text{оксидаза}]{\text{глюкозо-}} CH_2OH(CHOH)_4{-}COOH + H_2O_2$$

Флавинпротеиндерден башка, пластохинон жана ферредоксин да аралык электрон ташыгычтар.

Дем алуунун кычкылданып-калыбына келүү процесстеринде карбоксилаза да катышат. Карбоксилаза ар түрдүү органикалык кислоталардан көмүр кычкыл газынын бөлүнүп чыгышын катализдейт. Натыйжада көмүртектик чынжырчасы кыскарган кошулма пайда болот:

$$COOH{-}CH_2{-}CO{-}COOH \longleftrightarrow CH_3{-}CO{-}COOH{+}CO_2$$

щавелдик-уксус кислотасы пировиноград кислотасы

$$CH_3{-}CO{-}COOH{+}\frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3{-}COOH{+}CO_2$$

пировиноград кислотасы уксус кислотасы

Ушуга чейин карап өткөн ферменттерден башка, субстратты кычкылдандырууга катышпаган, бирок дем алуу материалдарын даярдоого катышкан ферменттер да бар. Алар дем алууда энергетикалык булак болгон полимердик татаал кошулмаларды (белокторду, полисахариддерди, майларды) мономерлерге айландыруучу гидролиздик ферменттер; мономерлерди активдештирип, алардын фосфордук эфирлерин пайда кылуучу киназалар (гексокиназа, триозокиназа); молекуладагы группалардын ордун которуштуруучу изомераза, трансферазалар.

4.5. Субстраттын айланууларды.

4.5.1. Гликолиз

Дем алууда глюкозанын анаэробдук шартта пировиноград кислотага чейин ажырашы **гликолиз** деп аталат. Гликолиз – аэробдук дем алуунун жана ачуулардын бардык түрүнүн баштапкы этабы. Гликолиздин реакциялары цитоплазмада жүрөт.

Англиялык биохимик А.Гарден жана К.А.Тимирязевдин окуучусу Л.А.Иванов бири-бири менен байланышсыз спирттик ачууда органикалык эмес фосфат органикалык формага өтөрүн байкашкан. Глюкоза фосфорлошкондон кийин гана анаэробдук жол менен ажырай тургандыгын Гарден аныктаган. Немец

биохимиктери Г.Эмбден жана О.Ф.Мейергоф орус биохимиги Я.О.Парнас гликолиздин жүрүшүн толук изилдешкен.

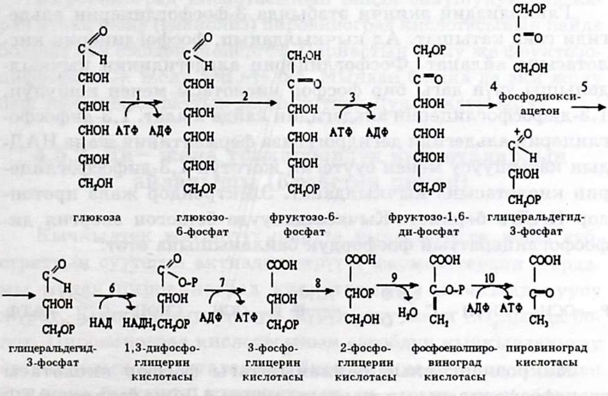
Гликолизде реакциялардын жүрүшүн үч этапка бөлүүгө болот:

1. Даярдануу этап. Гексоза фосфорлонуп, эки фосфотриозага ажырайт.

2. Биринчи субстраттык фосфорлоо. 3-фосфоглицерин альдегиди кычкылданып, 3-фосфоглицерин кислотасы пайда болот. Бул кычкылданууда энергия бөлүнүп чыгат. Ар бир фосфотриозанын кычкылдануусунда бир молекула АТФ синтезделинет.

3. Экинчи субстраттык фосфорлоо. 3-фосфоглицерин кислотасы кычкылданып, фосфатын жоготот. АТФ синтезделинет (43-сүрөт).

Кадимки шартта глюкоза активдүүлүгү жок туруктуу кошулма. Ошондуктан ал энергия жумшалып, фосфордук эфирди пайда кылуу менен (глюкоза фосфорлонуп) активдешти-



43-сүрөт. Гликолиздин реакциялары. Катышуучу ферменттер: 1-гексокиназа, 2-глюкозофосфатизомераза, 3-фосфофруктокиназа, 4-фруктозо-1,6-дифосфат-альдолаза, 5-триозофосфатизомераза, 6-глицероальдегид-3-фосфатдегидрогеназа, 7-фосфоглицераткиназа, 8-фосфоглицеромутаза, 9-энолаза, 10-пируваткиназа.

рилет. Фосфаттын жана энергиянын булагы АТФ болуп саналат. Ал өзү АДФке айланат. Фосфор кислотасынын калдыгынын глюкозага ташылышы гексокиназа ферментинин жардамы менен жүрөт. Натыйжада, глюкозо-6-фосфат пайда болот. Ал глюкозофосфатизомеразанын жардамы менен изомерленип, фруктозо-6-фосфатка айланат. Экинчи АТФтин энергиясынын жана фосфор кислотасынын калдыгынын эсебинен фруктозо-6-фосфат фруктозо-1, 6-дифосфатка айланат. Фосфат фосфофруктокиназанын жардамы менен ташылат (43-сүрөт).

Пайда болгон фруктозо-1,6-дифосфат эки фосфотриозага – фосфодиоксиацетонго жана 3-фосфоглицерин альдегидге ажырайт. Бул реакцияны альдолаза катализдейт. Фосфодиоксиацетон жана 3-фосфоглицерин альдегиди (ФГА) бирибирине триозофосфатизомераза ферментинин жардамы менен оңой айлангандыктан фосфодиоксиацетон (ФДА) фосфоглицерин альдегидине айланат. Гексозанын молекуласынын эки триозага ажырагандыгы үчүн гликолизди кээде глюкозанын дихотомиялык кычкылданышы деп аташат.

Гликолиздин экинчи этабында 3-фосфоглицерин альдегиди гана катышат. Ал кычкылданып, фосфоглицерин кислотасына айланат. Фосфоглицерин альдегидинин кычкылданышы үчүн дагы бир фосфор кислотасы менен кошулуп, 1,3-дифосфоглицерин альдегидин пайда кылат. 1,3-дифосфоглицерин альдегиди дегидрогеназа ферментинин жана НАДдын катышуусу менен суутегин жоготуп 1,3-дифосфоглицерин кислотасына кычкылданат. Электрондор жана протондор НАДга берилет. Кычкылданууда бошогон энергия дифосфоглицераттын фосфордук байланышына өтөт:

$$P - OCH_2 - CHOH - C\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow O \sim P \end{matrix} \xrightarrow{АДФ} P - OCH_2 - CHOH - C\begin{matrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{matrix} + АТФ$$

Макроэнергиялык байланыштагы фосфор кислотасы трансфосфорилазанын жардамы менен АДФке берилип АТФ пайда болот. Ошентип, гликолиздин экинчи этабында АТФ жана калыбына келген $НАДН_2$ пайда болот. Фосфорлоо субстраттын деңгээлинде жүрөт.

Гликолиздин 3–этабында 3-фосфоглицерин кислотасы фосфоглицеромутазанын жардамы менен изомерленип, 2-фосфоглицерин кислотасына айланат. Андан кийин энолаза ферментинин катышуусунда 2-фосфоглицерин кислотасынан суунун молекуласы бөлүнүп чыгып (дегидратация), макроэнергиялык байланышы бар фосфоенолпировиноград кислотасы пайда болот. Фосфоенолпировиноград кислотасы пируваткиназанын таасири астында фосфаттык группасын жана энергиясын АДФке берет. Натыйжада АТФ жана енолпировиноград кислотасы пайда болот. Ошентип, гликолизде экинчи АТФ синтезделинет. Туруксуз енолпировиноград кислотасы туруктуу пировиноград кислотасына айланат (43-сүрөт).

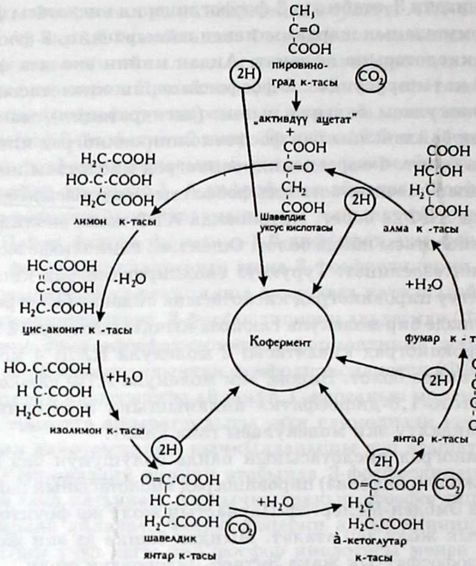
Гликолизде бир молекула глюкоза кычкылданганда 2 молекула пировиноград кислотасы, 2 молекула НАД, 4 молекула АТФ пайда болот. Бирок, эки молекула АТФ глюкозанын фруктозо-1,6-дифосфатка айланышына жумшалып, АТФтин пайдалуу эки молекуласы гана калат.

Пировиноград кислотасынын пайда болушунун биз карап өткөн жолу (гликолиз) пировиноград кислотасынын пайда болушунун Эмбден-Мейергоф-Парнастын жолу же фруктозодифосфаттык жолу деп аталат. Мындан башка да эки жолу бар: пентозофосфаттык жана Энтнер-Дудоровдук жолу.

4.5.2. Ди– жана трикарбондук кислоталардын айланышы (Кребстин цикли)

Кычкылтек жетиштүү шартта кычкылтекти жана субстраттын суутегин активдештирүүчү ферменттердин жардамы менен пировиноград кислотасынын кычкылдануусу жүрөт. Кычкылдануу толук жүрүп, суу жана CO_2 пайда болот. Пировиноград кислотасынын аэробдук кычкылдануусу органикалык кислоталардын бири-бирине айлануусу менен бир нече баскычта жүргөндүктөн ди– жана трикарбондук кислоталардын же Кребстин цикли деп аталат (44-сүрөт).

Цикл пировиноград кислотасынын суутекти бөлүп чыгарып кычкылданып, декарбоксилденүүсүнөн башталат. Бул



23-сүрөт. Трикарбондук кислоталардын цикли (Кребстин цикли)

44-сүрөт. Трикарбондук кислоталардын цикли (Кребстин цикли).

реакция коэнзим А, НАД катышуусу менен жүрөт. Натыйжада НАДН, CO_2, ацетил-коэнзим-А пайда болот:

$$CH_3CO - COOH + НАД + НКоА \rightarrow CH_3 - CO \sim КоА + CO_2 + НАДН + H^+$$

Эки көмүртектүү ацетил-коэнзим-А ($CH_3 - CO \sim S - КоА$) төрт көмүртектүү щавелдик уксус кислотасы менен реакцияга кирип, лимон кислотасы пайда болот. Бул реакцияны цитратсинтетаза ферменти катализдейт. Лимон кислотасы аконитаза ферментинин таасири астында бир молекула сууну

жоготуп, цис-аконит кислотасына айланат. Цис-аконит кислотасы бир молекула сууну кошуп алып, изолимон кислотасына өтөт. Изолимон кислотасы НАД же НАДФ активдүү изоцитратдегидрогеназа ферментинин таасири астында кычкылданып, эки атом суутекти жоготуп, туруксуз щавелдик янтар кислотасына айланат. Ал кислота ошол эле замат декарбоксилденип, α-кетоглутар кислотасы пайда болот.

α-кетоглутар кислотасы, пировиноград кислотасы сыяктуу, кетоглутаратдегидрогеназанын жардамы менен кычкылданып декарбоксилденип (CO_2 жана H_2 жоготуп), сукцинил-коэнзим-А, НАДН, CO_2 пайда болот. Коэнзим-А синтетазанын АДФдин, H_3PO_4 катышуусунда сукцинил-коэнзим-Адан янтар кислотасы, АТФ пайда болуп, Ко-А баштапкы абалына келет.

Андан кийин янтар кислотасы H_2 бөлүп чыгарып кычкылданып, фумар кислотасы пайда болот. Фумар кислотасы бир молекула сууну кошуп алып, алма кислотасына (малат) айланат. Бул реакцияны фумараза же фумаратгидратаза ферменти катализдейт. Акырында НАД активдүү малатдегидрогеназанын жардамы менен алма кислотасы кычкылданып, щавелдик уксус кислотасы пайда болот. Щавелдик уксус кислотасы ацетил – коэнзим-Анын молекуласы менен реакцияга кирип, цикл кайрадан башталат.

Циклдин бир айлануусунда пировиноград кислотасынын кычкылануусунан үч молекула CO_2, беш жуп суутектин атому бөлүнүп чыгып, үч молекула суу реакцияга кирет. Кребстин циклинде суунун катышуусу дем алууда суу катышып, анын кычкылтеги субстратты кычкылдандырат, ал эми суутеги дем алуу пигменттеринин (дегидрогеназанын) жардамы менен абанын кычкылтегине берилет деген Палладиндин теориясынын тууралыгын далилдейт.

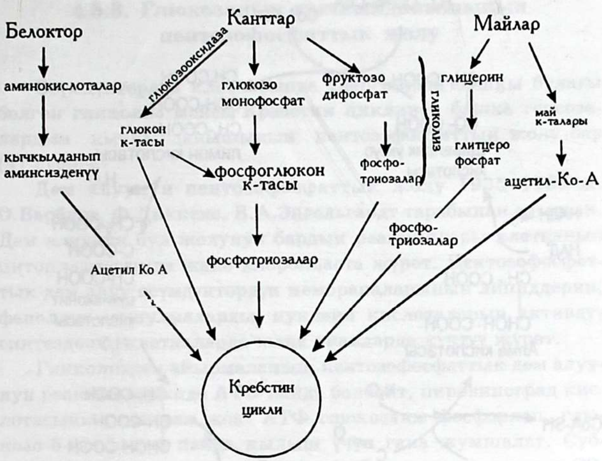
Өсүмдүктөрдүн организминде заттардын алмашуусунда Кребстин циклинин мааниси чоң. Ал белоктордун, углеводдордун, майлардын ж.б. кошулмалардын кычкылданышынын акыркы этабы болуп саналат. Субстратта кармалган энергиянын негизги бөлүгү циклдин реакцияларынын жүрүшүндө бошоп чыгып, АТФтин фосфаттык байланыштарындагы энергияга айланат.

Кребстин циклинде канча энергия бөлүнүп чыгат? Пировиноград кислотасынын кычкылдануусунун жүрүшүндө беш жолу суутектин атомдору бөлүнүп чыгып, үч НАДН, бир НАДФН жана $ФАДН_2$ пайда болот. Митохондриянын электрон ташуучу чынжырчасынын катышуусунда НАДНтын (НАДФН) ар бир молекуласынын кычкылдануусунда үчтөн молекула АТФ, ал эми $ФАДН_2$нин ар бир молекуласынын кычкылдануусунда экиден молекула АТФ синтезделинет. Ошентип, бир молекула пировиноград кислотасы толук кычкылданганда 14 молекула АТФ пайда болот. Андан башка Кребстин циклинде бир молекула АТФ субстраттык фосфорлоодо пайда болот. бардыгы 15 молекула АТФ болот. Ал эми гликолизде бир молекула глюкозадан эки молекула пировиноград кислотасы пайда болгондуктан бардыгы 30 молекула АТФ пайда болот.

Ошентип, дем алуу процессинде бир молекула глюкоза гликолизди жана Кребстин циклин өтүп кычкылданганда бардыгы 38 АТФ (8 АТФ гликолизде) пайда болот. Эгерде АТФтин акыркы фосфаттык байланышындагы энергия 41,87 кДж/моль (10 ккал/моль) болсо, анда аэробдук дем алууда энергиянын чыгышы 159 кДж/моль (380 ккал/моль) түзөт.

Кребстин циклинин мааниси энергиянын бөлүнүп чыгышы менен гана чектелип калбайт. Циклдин реакцияларынын жүрүшүндө пайда болгон көп аралык продуктулар ар түрдүү кошулмаларды синтездөө үчүн керектелинет. Алардын ичинен көп органикалык кислоталар азоттун алмашуусунда, белоктордун синтезделишинде жана ажырашында катышат. Кетокислоталар калыбына келип, аминдешип, аминокислоталарга айланат. Пировиноград кислотасынан аланин, щавелдик уксус кислотасынан аспарагин кислотасы, α-кетоглутар кислотасынан глутамин кислотасы пайда болот. Ацетил-Ко-А липиддердин, углеводдордун синтезделине катышат.

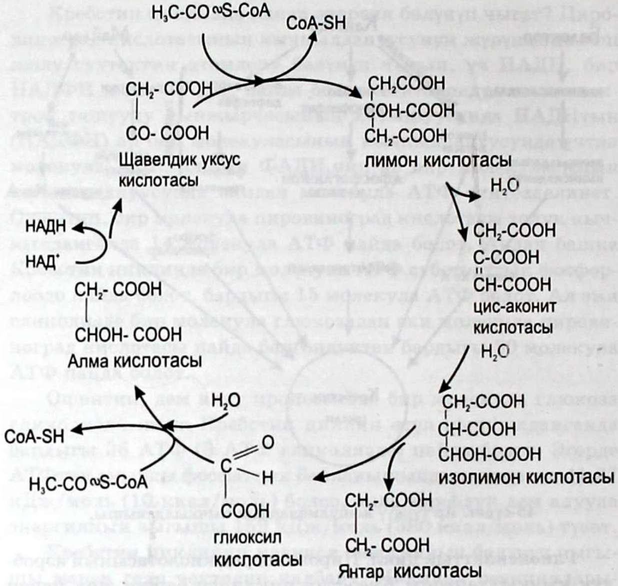
Ошентип, клетканын зат алмашуусунда Кребстин цикли борбордук орунду ээлейт. Бул циклдин реакциялары аркылуу белоктордун, майлардын, углеводдордун алмашуулары байланышат (45-сүрөт).



45-сүрөт. Ар түрдүү кошулмалардын кычкылданышы.

Глиоксилаттык цикл. Пировиноград кислотасынын аэробдук кычкылданышы Кребстин циклинен башка жол менен да жүрөт. Ал жол Г.Л.Корнберг жана А.Кребс тарабынан бактерияларда жана бубак козу карындарда байкалып, глиоксилаттык цикл деп аталган. Глиоксилаттык цикл запастык майлары кантка айлануучу майлуу уруктардын өркүндөрүндө активдүү жүрөт. Кребстин циклинен айырмаланып, бул цикл, митохондрияда жүрбөстөн, глиоксисома деп аталган майда денечелерде жүрөт. Жаныбарлардын клеткасында байкалган эмес.

Глиоксилаттык циклде ацетил-Ко-Адан жана щавелдик уксус кислотасынан лимон кислотасы синтезделинет (46-сүрөт). Кребстин циклиндегидей цис-аконит жана изолимон кислоталары пайда болот. Анан изолимон кислотасы изоцитрат – лиаза ферментинин таасири астында глиоксил жана янтар кислоталарына ажырайт. Глиоксилат малатсинтаза



46-сүрөт. Глиоксилаттык цикл.

ферментинин катышуусунда ацетил-Ко-Анын экинчи молекуласы менен реакцияга кирип, алма кислотасы синтезделинет. Алма кислотасы кычкылданып, щавелдик уксус кислотасы пайда болот (46-сүрөт).

Ошентип, Кребстин циклинен айырмаланып, глиоксилаттык циклде ар бир айланууда 2 молекула ацетил-Ко-А катышып, кычкылдандырыш үчүн эмес, янтар кислотасын синтездөө үчүн пайдаланат. Янтар кислотасы глиоксисомадан чыгып щавелдик уксус кислотасына айланып, биосинтездин башка процесстерине катышат. Майлар ажыраганда пайда болгон ацетил-Ко-А глиоксилаттык цикл аркылуу зат алмашуу циклге кирет.

4.5.3. Глюкозанын кычкылданышынын пентозофосфаттык жолу

Өсүмдүктөрдүн клеткасында энергиянын башкы булагы болгон гликолиз менен Кребстин циклинен башка гексозалардын кычкылданышынын пентозофосфаттык жолу бар (47-сүрөт).

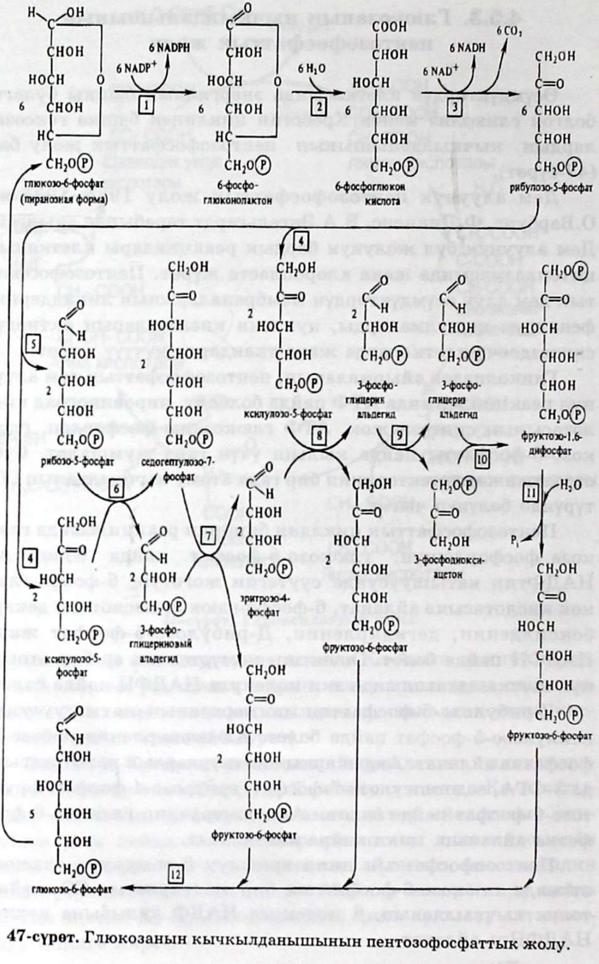
Дем алуунун пентозофосфаттык жолу 1935–1938-ж. О.Варбург, Ф.Диккенс, В.А.Энгельгардт тарабынан ачылган. Дем алуунун бул жолунун бардык реакциялары клетканын цитоплазмасында жана хлоропласта жүрөт. Пентозофосфаттык дем алуу өсүмдүктөрдүн мембраналарынын липиддерин, фенолдук кошулмаларды, нуклеин кислоталарын активдүү синтездөөчү клеткаларда жана ткандарда күчтүү жүрөт.

Гликолизден айырмаланып, пентозофосфаттык дем алуунун реакцияларында АТФ пайда болбойт, пировиноград кислотасынын синтези жок. АТФ глюкозаны фосфорлоп, глюкозо-6-фосфатты пайда кылыш үчүн гана жумшалат. Субстраттын көмүртектеринин бир гана атому кычкылданып CO_2 түрүндө бөлүнүп чыгат.

Пентозофосфаттык циклдин биринчи реакциясында глюкоза фосфорлошуп, глюкозо-6-фосфат пайда болот. Ал НАДФтин катышуусунда суутегин жоготуп, 6-фосфо-глюкон кислотасына айланат. 6-фосфо-глюкон кислотасы декарбоксилденип, дегидирленип, Д-рибулозо-5-фосфат жана НАДФН пайда болот. Ошентип, көмүртектин ар бир атомунун кычкылданышында эки молекула НАДФН пайда болот.

Д-рибулозо-5-фосфаттан эпимеразанын катышуусунда ксилулозо-5-фосфат пайда болот. Ал изомерленип рибозо-5-фосфатка айланат. Андан аркы айлануулардын натыйжасында 3-ФГА, седогептулозо-7-фосфат, эритрозо-4-фосфат, фруктозо-6-фосфат пайда болот. Ал изомерленип глюкозо-6-фосфатка айланып, цикл кайра кайталанат.

Пентозофосфаттык цикл аркылуу 6 молекула глюкоза өткөндө глюкозо-6-фосфаттын бир молекуласы CO_2 чейин толук кычкылданып, 6 молекула НАДФ калыбына келип, НАДФНга айланат.



47-сүрөт. Глюкозанын кычкылданышынын пентозофосфаттык жолу.

Пентозофосфаттык циклдин мааниси:

1) түрдүү биосинтездер (майларды, липиддерди) үчүн керектүү НАДФНтын митохондриядан, хлоропласттардан башка булагы;

2) нуклеин кислоталарынын, нуклеотиддердин (НАД, НАДФ, ФАД, Ко-А) составына кирүүчү пентозалар (рибоза, дезоксирибоза) синтезделет;

3) ар түрдүү сандагы көмүртектүү кошулмаларды синтездөөнүн булагы;

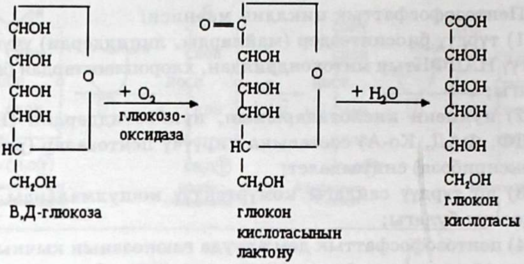
4) пентозофосфаттык дем алууда глюкозанын кычкылданышы 12 реакцияда бүтөт. Ал эми гликолиздик жолдо 30дан ашык реакция жүрүш керек.

4.5.4. Канттардын түз кычкылданышы (глюкозанын пировиноград кислотасына айланышынын Энтнер-Дудоровдун жолу)

Гликолиздик кычкылданууда глюкоза эки жолу фосфорлонот. Пентозофосфаттык кычкылданууда бир эле фосфорлонуу жүрөт. Кээ бир организмдер фосфорлонбогон глюкозаны кычкылдандырууга жөндөмдүү. Канттардын бул түз кычкылдануусу кээ бир бактерияларда, козу карындарда, жаныбарларда жана балырларда аныкталган. Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдө кычкылдануунун бул жолу байкалган эмес.

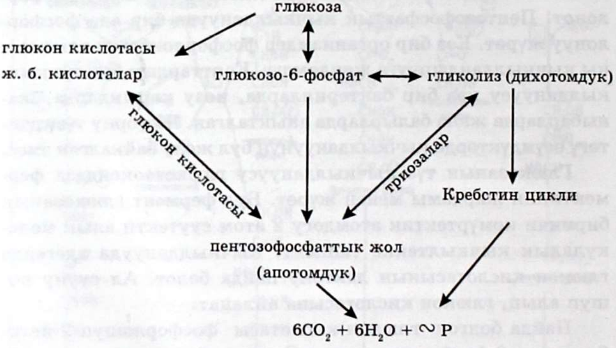
Глюкозанын түз кычкылдануусу глюкозооксидаза ферментинин жардамы менен жүрөт. Бул фермент глюкозанын биринчи көмүртектик атомдогу 2 атом суутекти алып молекулалык кычкылтекке ташыйт. Кычкылданууда адегенде глюкон кислотасынын лактону пайда болот. Ал сууну кошуп алып, глюкон кислотасына айланат:

Пайда болгон глюкон кислотасы фосфорлошуп 2-кето-3-дезокси-6-фосфоглюкон кислотасын пайда кылып, анан эки триозага ажырап, пировиноград кислотасы аркылуу Кребстин цикли боюнча кычкылданат. Айлануунун бул жолу Энтнер-Дудоровдун жолу деп аталат, 1952-ж. ачылган. Глюкозанын Энтнер-Дудоровдун жолу менен ажырашында бир молекула АТФ, эки молекула НАДФН пайда болот.



Дем алуунун бул жолу пентозофосфаттык жолду Кребстин цикли менен байланыштырат.

Дем алуунун ар түрдүү жолдору – гликолиз, ди- жана трикарбондук кислоталардын цикли, пентозофосфаттык жол жана канттардын түз кычкылданышы өз ара тыгыз байланыштагы процесстер (48-сүрөт).



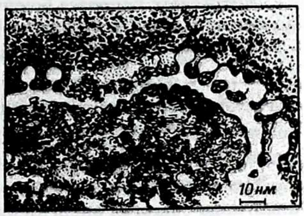
48-сүрөт. Дем алуунун ар түрдүү жолдорунун өз ара байланышы.

Гликолиз жана пентозофосфаттык кычкылдануу цитоплазмада, хлоропласттарда жүрөт. Алардын субстраты жалпы-глюкозо-6-фосфат, фруктозо-6-фосфат жана 3-фосфо-глицерин альдегиди.

Нормалдуу шартта пентозофосфаттык кычкылдануу дем алуунун 10–40% түзөт. Анаэробдук шартта гликолиз үстөмдүк кылат. Пентозофосфаттык кычкылдануу чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарында (кургакчылыкта, калий жана жарык жетишсиз болгондо, картайганда, туздуу чөйрөдө) активдүү жүрөт.

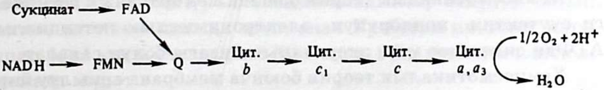
4.6. Дем алуунун электрон ташуучу чынжырчасы. Кычкылдандырып фосфорлоо

Дем алуу субстраты кычкылданганда бөлүнүп чыккан электрондор ташуучу чынжырча аркылуу молекулалык кычкылтекке ташылат. Электрондордун ташылышы менен бирдикте АТФ синтезделинет.



49-сүрөт. Дем алуу ферменттерин кармаган митохондриянын ички мембранасынын бетинде жайгашкан шар формасындагы F– бөлүкчөлөр.

Дем алуунун электрон ташуучу чынжырчасы митохондриянын ички мембранасында жайгашкан (49-сүрөт). Митохондриянын электрон ташыгыч чынжырчасы сукцинаттан (НАДН), Q – убихинондон (күкүрттүү темир) цитохромдордон – $в$, c_1, c, a_1, a_3 турат. Алар төмөнкүдөй тартипте жайгашышат:



Сукцинаттын же НАДНтын эки электрону электрон ташыгыч чынжырча аркылуу молекулалык кычкылтекке ташылып, натыйжада суу пайда болот.

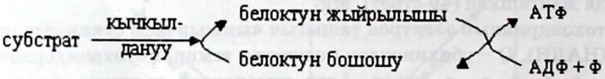
Кычкылдандырып фосфорлоо

Митохондриянын электрон ташуучу чынжырчасы аркылуу электрондордун ташылышы менен бирдикте АДФ фосфорлонуп, АТФ пайда болушу **кычкылдандырып фосфорлоо** деп аталат.

Кычкылдандырып фосфорлоонун механизми боюнча үч гипотеза бар: химиялык, механикалык-химиялык, хемиосмотикалык.

Химиялык гипотеза боюнча митохондрияда электрон ташыгычтар менен убактылуу кошулуп, жогорку энергиялуу байланышты пайда кылуучу белоктук интермедиаторлор бар. Убактылуу пайда болгон комплекс ажыраганда андагы жогорку байланыштагы энергия АДФке берилип, АТФ синтезделинет. Бирок митохондрияда жогорку энергиялуу интермедиатордук белок табылган эмес.

Механикалык-химиялык гипотеза боюнча электрон ташылганда бошогон энергия адегенде белоктун механикалык (жыйрылуу) энергиясына өтүп, андан кийин АТФтин энергиясына айланат:



Бирок, бул гипотеза да далилденген эмес.

Хемиосмотикалык теория боюнча мембрананын бетиндеги суутектин иондорунун электрохимиялык потенциалы АТФди синтездөө үчүн энергиянын булагы болуп саналат.

Хемиосмотикалык теория боюнча мембрана аркылуу бир жакка электрондор да, протондор да ташыла алат. Ал эми экинчи (карама-каршы) жагына жалаң электрондор гана ташылып, протондор ташылбайт. Натыйжада мембрананын бир жагында H^+ иондору топтолуп потенциалдык айырма пайда болот. Анын энергиясы АТФке өтөт.

АТФтин синтезделиниши АТФазанын жардамы менен жүрөт. АТФаза митохондриянын ички мембранасынын бе-

тиндеги тоголок баштуу белоктук бөлүкчөлөрдө (F_1) жайланышкан. F_1 комплекси мембрана менен экинчи белоктук комплекс F_0 аркылуу байланышат. F_0дун катализдик активдүүлүгү жок. F_0 комплекси мембрана аркылуу H^+ иондору ташылуучу каналча болуп саналат. Фосфаттык ион жана АДФ F_1 комплекси менен байланышат. Протондор фосфаттагы бир атом кычкылтек менен кошулуп суу пайда болуп, бөлүнүп чыгат. АДФден жана фосфордун атомунан АТФ синтезделет.

4.7. Дем алуунун субстраттары. Дем алуу коэффициенти

Углеводдор өсүмдүктөрдүн негизги дем алуу субстраты. Жөнөкөй углеводдор жетишсиз болгондо запастык полисахариддер, белоктор жана майлар гидролизденип, жөнөкөй кошулмаларга ажырагандан кийин дем алуу субстраты боло алышат.

Запастык углеводдор – инулин, крахмал, гемицеллюлоза ж.б. гидролизденип, моносахариддерге ажырайт.

Запастык майлар майлуу уруктардын өркүндөрүнүн дем алуусуна жумшалат. Алар липазанын жардамы менен май кислоталарына жана глицеринге ажырайт. Бул процесс сферосомаларда жүрөт. Глицерин фосфорлонуп, кычкылданып, фосфоглицерин альдегидине айланат.

Май кислоталарынан катары менен ацетил-Ко-А түрүндөгү эки көмүртектүү ацетилдик калдыктар бөлүнүп чыгып, глиоксилаттык циклди өтүп, анан Кребстин циклине киришет. Май кислоталарынын баштапкы айлануулары глиоксисомада жүрөт.

Запастык майлардан канттар синтезделгенде сферосомалар, глиоксисомалар, митохондриялар, пластидалар жана цитоплазманын ферменттик системалары катышат.

Запастык белоктор гидролизденип аминокислоталарга ажырап, кычкылданып, ацетил-Ко-А же кетокислоталарга айлангандан кийин Кребстин циклине кирип, дем алуу үчүн субстрат болот.

Карап өткөн бардык субстраттар толук кычкылданып, CO_2 жана суу пайда болуп, энергия бөлүнүп чыгат.

Дем алууда бөлүнүп чыккан CO_2нин санынын дем алууга жутулган O_2нин молунун санына болгон катышы **дем алуу коэффициенти** (ДК) деп аталат. Гексозалар үчүн ал бирге барабар:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O; \quad ДК = 6CO_2 : 6O_2 = 1.$$

Субстратты кычкылдандыруу үчүн керек болгон кычкылтектин саны субстраттын молекуласында кармалган анын санына тескери пропорциялаш. Субстраттын молекуласында кычкылтектин атомдору канчалык аз болсо, кычкылдандырууга ошончолук көп кычкылтек жумшалат. Углеводдорго салыштырганда молекуласында кычкылтек аз кармалган май кислоталары кычкылданганда ДК бирден кичине болот. Мисалы, стеарин кислотасы кычкылданганда ДК=0,69.

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O; \; ДК = 18CO_2 : 26O_2 = 0{,}69.$$

Углеводдорго караганда көбүрөөк кычкылданган органикалык кислоталардын кычкылданышы үчүн азыраак O_2 жумшалып ДК чоң болот:

$$2C_2H_2O_4 + O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O; \quad ДК = 4CO_2 : O_2 = 4.$$

Дем алуу коэффициенти кычкылданууучу субстраттын касиети менен гана аныкталбайт. Ал чөйрөдөгү кычкылтектин санына, кычкылдануунун аягына чейин толук жүрүшүнө, организмдин жашына, клеткалардын, ткандардын кычкылтек менен жабдылышына да жараша болот.

Кычкылтек жетишсиз болгондо (катуу калың кабыктуу уруктарда, суудагы тамырда) ачуу процесси күчтүү жүрүп, ДК өсөт. Эгерде субстрат толук кычкылданбай ткандарда органикалык кислоталар жыйылып, бөлүнүп чыккан CO_2 саны төмөндөсө дем алуу коэффициенти да төмөндөйт. Мөмөлөр бышканда анын дем алуусу төмөндөп, ДК жогорулайт.

Дан өсүмдүктөрүнүн уруктарынын запастык заты негизинен углеводдор болгондуктан ДК бирге жакын. Ал эми майлуу уруктар өңгөндө дем алуу коэффициенти ар түрдүү чоңдукта болот. Өнүүнүн башталышында уруктун дем алуусуна андагы аз санда кармалган углеводдор жумшалып ДК =1. Бир-эки күндөн кийин ДК 0,3–0,4ке чейин төмөндөйт. Анткени бул мөөнөттө жутулган кычкылтек майлардын углеводдорго айланышына жумшалат. Андан кийин ДК чоңоюп 0,7–0,8 же бирге жакындайт.

4.8. Дем алуунун башкарылышы

Клетканын функциялык активдүүлүгүнүн өсүшү дем алуунун активдүүлүгүн жогорулатат. Бул төмөнкүчө түшүндүрүлөт. Клетканын функциялык активдүүлүгү өскөндө энергетикалык процесстерге АТФ жумшалат. Натыйжада клеткада АДФтин концентрациясы өсөт. АДФтин көбөйүшү электрондордун ташылышын жана кычкылдандырып фосфорлоонун жүрүшүн ылдамдатат. Ошентип АДФтин концентрациясы кычкылдануунун (дем алуунун) жүрүшүн башкарат.

Дем алуунун башкарылышы ар кандай деңгээлде жана ар түрдүү жолдор менен жүрөт. Дем алуу эң биринчи иретте субстраттын түрү анын составы, саны аркылуу башкарылат. Гликолиздин, Кребстин циклинин, электрон ташыгыч чынжырчанын ферменттеринин активдүүлүгүнө, метаболиттердин табиятына, санына жараша болот. АТФ, АДФ, НАДН, НАД дем алуунун процесстерин активдештирет же начарлатат.

Гликолиздин жөнгө салынышы анын бир нече участогунда ишке ашырылат. Глюкозанын гликолиз процессине тартылышы гексокиназа ферментинин деңгээлинде жөнгө салынат. Фосфорлоо реакциясынын продуктусунун (глюкозо-6-фосфаттын) көп болуп кетиши ферменттин активдүүлүгүн басат.

Гликолизди башкаруунун экинчи участогу фосфофрукто-киназанын аракетинин деңгээлинде жүрөт. Бул ферменттин активдүүлүгү АТФтин жогорку концентрациясында на-

чарлайт, ал эми АДФ менен органикалык фосфаттын таасири астында жогорулайт.

Гликолиздин жүрүшүн башкаруу андан кийин пируваткиназа жана пируватдегидрогеназа комплекстеринин деңгээлинде жүрөт. Ацетил-Ко-Анын пайда болушун АТФтин жогорку концентрациясы начарлатат.

Кребстин циклинин жүрүшүн жөнгө салуу циклдин төрт дегидрогеназасынын (изоцитратдегидрогеназа, α-кетоглутаратдегидрогеназа, сукцинатдегидрогеназа, малатдегидрогеназа) НАДНга жана НАДга көз карандылыгы менен байланышкан. Цитратсинтазанын активдүүлүгүн АТФтин жогорку концентрациясы жана өзүнүн продукциясы цитрат басат. Изоцитратдегидрогеназаны НАДН активдештирет, цитрат начарлатат. α-кетоглутаратдегидрогеназанын активдүүлүгүн реакциянын продукциясы сукцинил-Ко-А басат, аденилат – жогорулатат. Малатдегидрогеназаны оксалоацетат жана АТФ начарлатат.

Кычкылдануунун пентозофосфаттык жолу НАДФтин концентрациясы аркылуу жөнгө салынат. Клеткада НАДФН көп керектөөчү синтездик процесстердин көп жүрүшү кычкылданган НАДФтин санын көбөйтүп пентозофосфаттык кычкылданууну активдештирет. Органикалык эмес фосфат гликолизди начарлатып, пентозофосфаттык кычкылданууну ылдамдатат.

Эритрозо – 4-фосфат гликолиздин ферменттеринин активдүүлүгүн начарлатып, углеводдордун кычкылдануусун гликолиздик жолдон пентозофосфаттык жолго салат.

4.9. Ички жана тышкы чөйрөнүн факторлорунун дем алууга тийгизген таасири

Кычкылтек. Дем алуунун реакциясынын теңдемеси көрсөткөндөй нормалдуу шартта бул процесс кычкылтектин үзгүлтүксүз катышуусу менен жүрөт. Ошону менен бирге дем алуу субстратынын айланууларында аэробдук процесстер менен бирдикте анаэробдук процесстер да жүрөт, мисалы, гликолиз, ачуу. Ошондуктан кычкылтектин концентрациясы-

нын 21% тен 9% ке чейин төмөндөшү өсүмдүктөрдүн дем алуусун анча өзгөртпөйт. Кычкылтек менен түз байланышуучу цитохромоксидаза да кычкылтектин төмөнкү концентрацияларында иштей ала тургандыгы далилденген. Бул мисалдар эволюцияда өсүмдүктөрдүн дем алуу системасы кычкылтеги аз шартта келип чыккандыгын, өсүмдүктөрдүн органдарынын дем алуу жүрүүчү ички ткандарында кычкылтектин басымынын кескин өзгөрүүлөрүнө (7,5%–17,4%) туруктуулугун аныктайт.

Дайыма суу каптап турган шарттарда (сазда) өсүүчү өсүмдүктөрдүн кычкылтектин жетишсиздигине ыңгайланышкан атайын системалары (аэренхиманын пайда болушу, нитраттардын кычкылтегин пайдалануу жөндөмдүүлүгү) же ачуунун продуктуларын (спиртти, сүт кислотасын ж.б.) зат алмашуу процесстерине пайдалануучу механизмдери бар.

Л.Пастер жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдү кычкылтеги жок жайга жайгаштырганда көмүркычкыл газы үзгүлтүксүз бөлүнүп чыга берерин байкаган. Өсүмдүктөрдүн мындай шарттагы (кычкылтексиз) дем алуусу анаэробдук дем алуу деп аталып, өсүмдүктө спирт топтолот:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 127{,}1 \text{ кДж.}$$

Жашыл өсүмдүктөрдүн мындай дем алуусу белгилүү бир мөөнөткө чейин гана жүрөт. Андан кийин ал өлөт. Эгерде өсүмдүктү ошол мөөнөттүн ичинде кайра кычкылтек менен камсыз кылса, анда ал кайра калыбына келип, нормалдуу өсө берет. Кычкылтексиз шартта өсүмдүктөрдүн узак жашай албастыгынын себеби, биринчиден – анаэробдук дем алуунун продуктуларынан (спирт, органикалык кислоталар) өсүмдүктүн ткандары ууланып өлөт. Экинчиден, бул дем алууда аз энергия бөлүнүп чыгып, өсүмдүк энергиянын жетишсиздигинен өлөт.

Таза кычкылтектүү атмосферада өсүмдүктөрдүн дем алуусу төмөндөйт. Ал эми ал чөйрөдө узак убакыт турса өсүмдүк өлөт. Анткени артык баш кычкылтек клеткалардагы кычкылдануу процесстерди күчөтүп, мембраналардын липидде-

рин кычкылдандырып бузат. Натыйжада зат алмашуунун көп процесстеринин жүрүшү бузулат.

Көмүр кычкыл газы. Көмүр кычкыл газынын жогорку концентрациясы, дем алуунун аяккы продуктусу катарында, бул процесстин жүрүшүн төмөндөтөт. CO_2нин концентрациясы жогорулаганда декарбоксилдөө реакциясынын жүрүшү, CO_2нин бөлүнүп чыгышы жана дем алуу коэффициенти төмөндөйт. CO_2 липиддерде жакшы эрийт. Ошондуктан анын көп жыйылышы мембраналарга таасир тийгизет. Көмүр кычкыл газы анаэробдук шартта заттардын алмашуусун жөнгө салат, үттөрдүн жабылышына өз таасирин тийгизет.

Температура. Дем алуу химиялык реакциялардын системасынан тургандыктан анын жүрүшү температурага да байланыштуу. Белгилүү температуралык чекке чейин бул процесстин жүрүшү Вант-Гоффтун эрежесине (температура 10^0C жогорулаганда химиялык реакциянын ылдамдыгы эки эсе өсөт) баш ийет. Нөлдөн 20^0C чейин дем алуунун Q_{10} 2–3кө барабар. 20^0C жогору Q_{10} төмөндөшү мүмкүн. Мунун себеби – жогорку температурада кычкылтектин эригичтиги төмөндөйт.

Өсүмдүктөрдүн ар бир түрү үчүн дем алуунун оптималдык, максималдык жана минималдык температуралары бар. Кыштоочу өсүмдүктөрдө дем алуу -25^0C да байкалат, мисалы, карагайдын ийне жалбырагында. Дем алуунун оптималдык температурасы көпчүлүк өсүмдүктөр үчүн 35^0–40^0C, фотосинтездикинен 5^0–10^0C жогору. Максималдык температура 45^0–55^0C.

Суунун саны. Өсүмдүктөрдүн ткандарындагы суунун саны дем алууга таасирин тийгизет. Өркүн суусун тез жоготкондо дем алуусу тез өсөт. Бирок, суусун жоготуу узакка созулса дем алуунун жүрүшү төмөндөйт.

Кургак уруктарда (10–11% нымдуулук) дем алуу жокко эсе. Нымдуулугу 14–15%ке көбөйгөндө дем алуу 4–5 эсе, 30–35% нымдуулукта миң эсе өсөт. Мында урук сакталган жайдын температурасы чоң ролду ойнойт. Нөлдөн 10^0Cга чейинки температурада нымдуулуктун дем алууга тийгизген таасири анча эмес. 18^0–25^0Cда нымдуулуктун дем алууга тий-

гизген таасири көрүнүктүү өсөт. Үрөндөрдү нымдуу жерде сактаганда алардын дем алуусунун тез жогорулашынан температура өсүп, үрөндүн ысышына («күйүшүнө») алып келет.

Жарык. Өсүмдүктөрдүн жашыл органдарында жарыктын дем алууга тийгизген таасирин изилдөө татаалыраак. Анткени ал органдарда бир эле учурда фотосинтез да, дем алуу да жүрөт.

Фотосинтез менен дем алуунун чоңдуктарынын (жутулган жана бөлүп чыгарылган CO_2 санынын) барабар болгондогу жарыктын күчү ***компенсациялык точка*** деп аталат.

Өсүмдүктүн жашыл эмес органдарынын дем алуусуна жарыктын тийгизген таасирин изилдөө кыска толкундуу нурлар – көк, жашыл (400–500 нм), ультрафиолеттик нурларга жакын (380 нм) нурлар дем алууну активдештире тургандыгын көрсөткөн. Бул нурлардын таасири астында дем алуунун күчөшү жарыктын кычкылдандырып-калыбына келтирүү процессине тийгизген таасири менен түшүндүрүлөт.

Механикалык күчтөрдүн таасири. Механикалык аракеттер бир аз убакытка дем алууну (бир нече минутадан бир саатка) күчөтөт. Басуу – анча чоң эмес, кайруу – күчтүүрөөк, кесүү – өтө күчтүү таасир көрсөтөт.

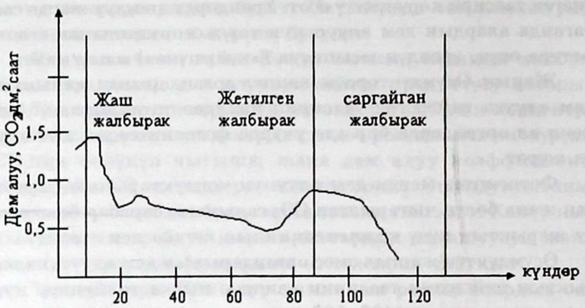
Ткандарды жаралантуу (бир бүтүндүгүн бузуу) кычкылтектин жутулушун күчөтөт. Анын себеби:

1) жабыркаган клеткалардан бөлүнүп чыккан фенолдор ж.б. заттар бат кычкылданат;

2) дем алуу субстраты көбөйөт;

3) бузулган клеткалык структураларды жана мембрананын потенциалын калыбына келтирүү процесстери активдештирилет.

Онтогенезде дем алуунун өзгөрүшү. Өсүмдүктөрдүн онтогенезинде дем алуунун активдүүлүгү өзгөрөт. Өсүмдүктөрдүн жаш органдары жана ткандары активдүү дем алат. Жалбырак ачылып, аянты чоңойгонго чейин дем алуусу жогору болот (50-сүрөт). Жалбырактын өсүүсү токтогондо дем алуунун өсүүсү да токтоп, андан кийин максималдык маанисинин жарымына барабар болгон деңгээлге чейин төмөндөп, ошол абалда бир топ мезгилге чейин сакталат. Кийин жалбырак сар-



50-сүрөт. Вегетациялык мезгилдин ичинде жалбырактын дем алуусу.

гайганда дем алуу кескин жогорулап, жалбырак түшөөрүндө кайра төмөн түшөт.

Өсүмдүктөрдүн гүлдөө жана мөмө байлоо мезгилинде дем алуу активдүү жүрөт. Анткени бул мезгилде зат алмашуу процесстери активдүү жүргөн, энергия талап кылынуучу жаңы органдар жана ткандар пайда болот. Мөмөлөр толук бышып жетилүүсүнүн алдында (эки-үч күн) дем алуусу өтө өсүп, андан кийин төмөндөй баштайт.

Ошентип, дем алуунун активдүүлүгү өсүмдүктүн өсүшүнө жана өөрчүшүнө жараша өзгөрөт.

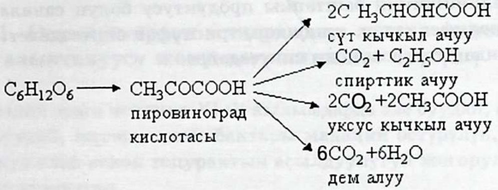
Дем алуунун ачуу процесстери менен байланышы

Л.Пастер караңгыда, кычкылтек жок чөйрөдө өсүмдүк CO_2ни бөлүп чыгарып, спирт пайда кыларын байкаган. Өсүмдүктөрдө да микроорганизмдердей эле спирттик ачуу жүрөт деген ойго келген. Ал кездеги окумуштуулар спиртти дем алуудагы аралык продукт деп эсептешкен. Бирок, спирттин ткандарда көп топтолушу аларды ууландырат.

С.П.Костычевдин жүргүзгөн изилдөөлөрүндө кыска мөөнөткө кычкылтексиз чөйрөдө кармалып, анан кычкылтектүү чөйрөгө алып келген өсүмдүктүн дем алуусу кескин жогорулаган. Анткени анаэробдук чөйрөдө ткандарда жы-

йылган аралык продукт кычкылтектүү чөйрөдө ылдам кычкылдана баштайт.

С.П.Костычевдин, К.Нойбергдин ж.б. окумуштуулардын жүргүзгөн изилдөөлөрүнүн натыйжасында дем алуу жана ачуунун бардык түрлөрү пировиноград кислотасы аркылуу өз ара байланышта экендиги далилденген.



Ошентип дем алуу менен ачуу процесстери генетикалык байланышта. Эки процесс үчүн глюкозанын айланышынын баштапкы этабы – гликолиз – жалпы.

Жыйынтыктап айтканда, дем алууда дем алуу субстраттарынын химиялык энергиясынын айланышы жүрөт. Гликолиздин реакцияларында жана дем алуу циклдерде (ди-, трикарбондук кислоталардын жана пентозофосфаттык циклдерде) коферменттер калыбына келип, митохондриянын электрон ташыгыч чынжырчасында абанын кычкылтеги менен кычкылданышат. Дем алууда бөлүнүп чыккан энергия субстраттык жана кычкылдандырып фосфорлоонун натыйжасында АТФтин энергиясына айланат.

Өсүмдүктөрдүн зат алмашуусунда дем алуу борбордук орунду ээлейт. Дем алуунун реакцияларынын жүрүшүндө пайда болгон пировиноград, кетоглутар, щавелдик уксус кислоталары, ацетоальдегид, пентозалар, фосфорлошкон эритроза ж.б. аралык продуктулар аркылуу углеводдордун, белоктордун, майлардын алмашуулары, нуклеин кислоталарынын, ферменттердин, фитогормондордун синтезделиниши байланышкан. Пировиноград, кетоглутар, щавелдик уксус кислоталарынын аминдешүүсүнөн аланин, глутамин, аспарагин аминокислоталары пайда болот. Ацетоальдегид кычкылда-

нып уксус кислотасын пайда кылат. Анын эки молекуласы конденсацияланып май кислотасы пайда болот. Пентозалар нуклеин кислоталарын, флавиндик ферменттерди синтездөөгө керектелинет. Фосфоэнолпировиноград кислотасынан жана фосфорлошкон эритрозадан шиким кислотасы синтезделинет. Шиким кислотасы көп циклдик кошулмалардын синтезделинишинин баштапкы продуктусу болуп саналат. Андан полифенолдор, хинондор, триптофан синтезделет. Триптофандан гетероауксин синтезделет.

5. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН МИНЕРАЛДЫК ЗАТТАР МЕНЕН АЗЫКТАНУУСУ

5.1. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусу жөнүндөгү илимдин өнүгүшү

Биздин эрага чейинки VI–V кылымдарда эле буудай, арпа, кара буудай, жүгөрү, мөмө бактары маданий өстүрүлүп, кык жана күл алар өскөн топурактын асылдуулугун жогорулатуу үчүн колдонулган.

Өсүмдүктөрдүн азыктануусун илимий изилдөө максатында биринчи физиологиялык экспериментти голландиялык жаратылыш изилдөөчү Я.Б.Гельмонт 1629-ж. жүргүзгөн. Ал карапа идишке кургак топуракка талдын бутагын отургузуп, жаандын суусу менен сугарып, 5 жыл өстүргөн. 5 жылдан кийин өсүмдүктү да, кургак топуракты да таразага тартканда өсүмдүктүн массасы баштапкы массасынан 33 эсе көп болгон. Ал эми топурактын массасы 56,6 гр гана азайган. Мындан Я.Гельмонт өсүмдүктүн массасы суунун эсебинен түзүлөт деген тыянакка келген. Ошентип, өсүмдүктөрдүн ***суу менен азыктануу теориясы*** келип чыккан. Бул теория ботаникада узакка сакталган.

Өсүмдүктөр татаал азыктык заттарды топурактан алышат – деген Аристотелдин (384–322 б.э.ч.) божомолдоосун XVIII кылымдын аягында XIX кылымдын башында немецтик агроном А.Тэер өөрчүтүп, өсүмдүктөрдүн ***гумустук азыктануу теориясын*** сунуш кылган. Топурактын өңү канчалык каралжын болсо, анын асылдуулугу ошончолук жогору болоору белгилүү болгон. Топуракта органикалык калдыктар же гумус (чириндилер) канчалык көп болсо, анын өңү ошончолук каралжын болот. Гумустук теория боюнча өсүмдүктөр суу жана гумус менен азыктанат. Тэер жана аны жактоочулар өсүмдүктөрдүн түшүмдүүлүгүн жогорулатыш үчүн

топуракка органикалык заттарды, кык чачыш керек дешкен. Өсүмдүктөрдүн азыктануусунун гумустук теориясы өсүмдүктөрдүн тиричилигинде күлдүн, селитранын ж.б. минералдык заттардын ролун түшүндүрө алган эмес.

Н. Т. Соссюр 1804-ж. өсүмдүктөр азотту жана башка минералдык элементтерди тамыры аркылуу топурактан ала тургандыгын аныктаган. 1837-ж. француздук агрохимик Ж. Б. Буссенго минералдык туздар гана бар (күл, селитра) таза кумда өсүмдүктү өстүрүүгө мүмкүн экендигин байкаган.

Немецтик химик Ю. Либих 1840-ж. өсүмдүктөрдүн ***минералдык азыктануу теориясын*** негиздеген. Бул теория боюнча топурактын асылдуулугун андагы минералдык заттар түзөт. Ю. Либих топурактагы чиринди CO_2ни пайда кылыш үчүн эле керек деп эсептеген. CO_2 топурактагы минералдык заттардын кармалышын көбөйтөт.

Ю. Либих өсүмдүктөрдүн тамыры аркылуу азыктануусун биринчилерден болуп негиздеп, топуракка минералдык жер семирткичтерди чачууну сунуш кылган. Ал «минимум законун» түзгөн. Бул закон боюнча топуракта минималдык санда кармалган заттардын жетишсиздигин жоймоюнча топуракка минералдык заттарды канча алып келсе да ал түшүмдү жогорулатпайт. Ал ошондой эле «кайра кайтаруу законун» да негиздеген. Бул закон боюнча түшүм менен кошо кеткен минералдык заттарды топуракка кайра кайтарып туруу керек. Минералдык заттарды кайтарып берип турбаса топурактын асылдуулугу жоголот деген. Бул закондор негизинен туура. Бирок кээ бир Либихтин жолун жолдоочулар бул закондордун негизинде «топурактын асылдуулугунун төмөндөө законун» чыгарышкан. Бул закондун туура эместигин дыйканчылыктын алдыңкы тажрыйбалары далилдеди. Агротехниканы жана минералдык жер семирткичтерди туура колдонгондо айыл чарба өсүмдүктөрүнүн түшүмдүүлүгү дайыма өсөт.

Либихтин өсүмдүктөрдүн азыктануусу жөнүндөгү окуусунда жетишпеген жактары да болгон. Биринчиден – топурактын органикалык заттары өсүмдүк үчүн эле керек эмес. Ал топурактын асылдуулугун арттыруучу микроорганизм-

дер үчүн да керек. Экинчиден – өсүмдүктөр азотту аммиак түрүндө абадан алат деген. Үчүнчүдөн – топуракка минералдык заттардын гана кайра кайтарылышын айткан. Органикалык калдыктарды күйгүзүп күлүн чачыш керек деген.

И. Кноптун, Ю.Сакстын (1859) жүргүзгөн изилдөөлөрү «Гумустук теорияга» толук сокку урган. Алар азот, фосфор, күкүрт, калий, кальций, магний, темир (жети элемент) кармалган сууда өсүмдүктү бышып жетилүүгө чейин нормалдуу өстүрүүгө мүмкүн экендигин далилдешкен. Алардын жүргүзгөн тажрыйбалары өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусун толук далилдеп, вегетациялык методду колдонууга негиз салган. И.Кноп иштеп чыккан азыктык эритме бүгүнкү күнгө чейин колдонулууда.

Вегетациялык методду колдонуп жана жогорку тактыктагы сандык изилдөөлөрдү жүргүзүп, Ж.Буссенго жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөр атмосфералык азотту сиңирип алууга жөндөмсүз экендигин, ага чанактуу өсүмдүктөр гана жөндөмдүү экендигин далилдеген. 1880-ж. микробиолог Г.Гельригель чанактуу өсүмдүктөр түймөкчү бактериялар менен симбиоздукта жашап, атмосфералык азотту сиңире тургандыгын аныктаган. Орус ботаниги М.С.Воронин бул бактерияларды 1866-ж. биринчи байкаган.

Топурактагы жүрүүчү биологиялык процесстерди С.Н.Виноградский изилдеген. Ал топурактык микробиологиянын негиз салуучусу болуп саналат. Азыркы кезде топуракта жашоочу микроорганизмдердин өтө көп түрү белгилүү:

1) аммонификаторлор азоттуу органикалык кошулмаларды (белокторду, нуклеин кислоталарын, мочевинаны ж.б.) ажыратып, аммиак бөлүнүп чыгат;

2) азотфиксаторлор молекулалык азотту сиңирүүчү микроорганизмдер;

3) нитрификаторлор – кычкылтектин жардамы менен аммиакты нитраттарга чейин кычкылдандыруучу микроорганизмдер;

4) денитрификаторлор – нитраттык азотту калыбына келтирип молекулалык азотко айландыруучу микроорганизмдер.

Топуракта целлюлозаны ажыратуучу, күкүрттүн, фосфордун, темирдин жаратылышта айлануулларында катышуучу микроорганизмдер да бар. Кээ бир микроорганизмдер өсүмдүктөрдү витаминдер, аминокислоталар менен жабдыйт. Ошондуктан өсүмдүктөрдүн жашоосунда топурактагы микроорганизмдердин мааниси өтө чоң.

5.2. Өсүмдүктөрдө минералдык элементтердин кармалышы

Өсүмдүктөр чөйрөдөн аз же көп санда химиялык элементтердин мезгилдик системасындагы дээрлик бардык элементтерди жутуп алууга жөндөмдүү. Ошондой болсо да функцияларын башка элементтер менен алмаштырууга мүмкүн болбогон, өсүмдүктөрдүн нормалдуу жашашы үчүн өтө керектүү элементтердин тобу бар. Бул топ 19 элементтен турат.

Көмүртек	Калий	Цинк
Суутек	Кальций	Молибден
Кычкылтек	Магний	Бор
Азот	Темир	Хлор
Фосфор	Марганец	Натрий
Күкүрт	Жез	Кремний
		Кобальт

Бул негизги элементтердин ичинен 16 элемент накта минералдык элемент болуп саналат. Көмүртекти, суутекти жана кычкылтекти өсүмдүктөр CO_2, O_2, H_2O түрүндө кабыл алышат.

C, H, O, N органогендер деп аталат. Анткени организм негизинен ушул элементтерден түзүлөт. Көмүртек ткандардын кургак массасынын орточо 45%, кычкылтек – 42, суутек – 6,5, азот – 1,5, ал эми бардыгы биригип 95% түзөт. Калган 5% күлдүк заттарга: фосфор, күкүрт, калий, кальций, магний, темир, алюминий, кремний, натрий ж.б. туура келет.

Өсүмдүктөрдө кармалган санына жараша минералдык элементтер бир нече топторго бөлүнөт:

1) макроэлементтер – көмүртек, кычкылтек, суутек, азот, калий, кальций, магний, натрий, фосфор, күкүрт, алюминий. Бул элементтердин өсүмдүктөрдө кармалышы ондогон проценттерден проценттин жүздөн бирине чейин ($10–10^{-2}$) болот;

2) микроэлементтер: марганец, бор, жез, цинк, молибден, кобальт ж.б. кармалышы проценттин миңден бир жана жүз миңден бир бөлүгүн ($10^{-3}–10^{-5}$) түзөт;

3) ультрамикроэлементтер: цезий, селен, кадмий, сымап, алтын, күмүш, радий. Бул топтогу элементтердин кармалышы проценттин миллиондон бир бөлүгүн (10^{-6}) түзөт;

Элементтердин өсүмдүктө кармалган саны өсүмдүктөрдүн түрүнө, чөйрөнүн шарттарына жараша өзгөрөт. Ал турмак бир эле элементтин бир эле өсүмдүктүн ар түрдүү органдарында кармалган саны ар башка. Өсүмдүктүн органдарынын ичинен күлдүк заттарды жалбырактары көп, уруктары жана сабактары азыраак кармайт.

Дан өсүмдүктөрүнүн саманы кремнийге бай (күлдүн 40% тен ашыгын түзөт). Картошка жана кызылчанын тамыры калийди көп кармайт (күлдүн 50% түзөт). Кайчылаш гүлдүү өсүмдүктөрдө сульфат күлдүн $\frac{1}{4}$ түзөт.

Өсүмдүктөрдүн картаюусу менен бирге аларда кальцийдин саны да өсөт. Мисалы, картайган эмендин кабыгында кальций күлдүн 90% ашыгын түзөт.

Өөрчүшүнүн ар кандай этаптарында өсүмдүктөрдүн минералдык элементтерге муктаждыгы ар түрдүүчө өзгөрөт. Мисалы, күздүк буудай аркылуу азот менен калийдин максималдуу жутулуусу гүлдөп, дан байлоосунун башталышына чейин, ал эми фосфордун жутулуусу уруктун бышып жетилишине чейин созулат.

Азот, фосфор, калий жана магний жетишсиз болгондо, биринчи иретте, эски жалбырактар жабыр чегишет. Бул аты аталган элементтер өсүмдүктө кыймылдуу болуп, топуракта жетишсиз болгондо эски жалбырактардан жаш жалбырак-

тарга, өсүү точкасына ташылып, алардын нормалдуу өсүүсүнө шарт түзүлөт. Ал эми темир, бор, цинк, кальций жетишсиз болгондо биринчи иретте жаш жалбырактар жана өсүү точкасы жабыр чегет да төмөн жайланышкан эски жалбырактар нормалдуу жашоосун уланта берет. Демек, бул элементтер өсүмдүктө туруктуу кошулмаларды пайда кылып, кыймылсыз бекип, башка органдарга ташылып, кайра пайдаланылбайт. Биринчи группадагы элементтер (кыймылдуу) өсүмдүктүн өөрчүшүнүн баштапкы этаптарында күчтүү жутулат. Экинчи группадагы (туруктуу кошулма пайда кылуучулар) элементтердин жутулушу органикалык заттардын синтези менен бир ылдамдыкта же андан арттараак жүрөт.

Жаздык дан өсүмдүктөрү өсүүсүнүн биринчи 30–40 – күндөрүндө чөйрөдөн фосфорду активдүү жутуп алып, өсүүсүнүн кийинки этаптарында анын жетишсиздигине туруктуу болот.

Элементтердин концентрациясы да өсүмдүктөрдүн өөрчүшүнүн этаптарында ар түрдүү таасир тийгизет. Мисалы, элементтердин жогорку концентрациясы уруктун өнүп чыгышын, тамыр системасынын өөрчүшүн, синтездик процесстердин (белоктун синтезделинишин) жүрүшүн начарлатат. Элементтердин концентрациясына, өзгөчө сабиздин, пияздын өркүндөрү сезгич. Дан өсүмдүктөрдүн (буудайдын, арпанын, жүгөрүнүн) жана кызылчанын өркүндөрүнүн сезгичтиги төмөн.

Өсүмдүктөрдүн өөрчүшүнүн ар башка этаптарында азыктык элементтерди ар түрдүү талап кылышы өсүмдүктөрдү минералдык элементтер менен кошумча азыктандыруу методун колдонууга негиз салат.

Азыктык элементтерди өсүмдүктөрдүн өөрчүү этаптарына жараша бөлүп-бөлүп берүү менен синтездик процесстердин жүрүшүн, продукциянын составын жана сапатын өзгөртүүгө болот. Мисалы, эфир майын вегетативдик органдарынан алуучу өсүмдүктөрдү (жалбыз, каз таман) гүлдөөсүнүн алдында азот менен кошумча азыктандыруу эфир майынын топтолушун 30–40% ке жогорулатат. Анткени, азот өсүм-

дүктүн физиологиялык картаюусун токтотуп, жалбыракта эфир майынын синтездөө мөөнөтүн узартат. Ал эми бул фазада фосфорду берүү өсүмдүктүн картайышын тездетип, эфир майы аз топтолот.

Эфир майын гүлдөрүнөн жана уруктарынан алуучу өсүмдүктөрдү (шалфей, анис, кориандр) вегетациясынын экинчи жарымында азот менен кошумча азыктандыруу алардын гүлдөөсүн жана уруктарынын бышып жетилишин кечиктирип, эфир майынын аз топтолушуна алып келет.

Буудайды дан байлоонун алдында азоттук жер семирткичтер менен кошумча азыктандыруу буудайдын түшүмдүүлүгүн жогорулатып, данында белоктун кармалышын көбөйтөт.

Жер семирткичтердин жардамы менен топуракта тамыр системасынын өөрчүшүн да жөнгө салууга болот. Фосфор менен семиртилген топуракта тамыр начар бутактанат. Ал эми азоттуу топуракта тамыр күчтүү бутактанат. Кургак жерлерде топурактын жогорку катмарына фосфорду чачуу өсүмдүктүн тамырынын бутактануусуз топурактын төмөнкү нымдуу катмарына чейин өсүүсүнө шарт түзөт. Ал эми топурактын төмөнкү нымдуу катмарына азоттук жер семирткичтерди берип, тамырды бутактантып, өөрчүтүүгө болот.

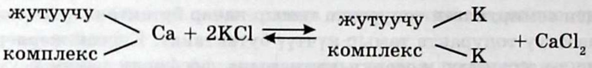
Минералдык азыктык заттардын жардамы менен өсүмдүктөрдүн чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына туруктуулугун арттырууга болот. Азоттун туздары өсүмдүктөгү байланган жана коллоиддик байланган сууну азайтат. Фосфордун жана калийдин туздары, тескерисинче көбөйтөт. Байланган суу өсүмдүктүн кургакчылыкка жана суукка туруктуулугун жогорулатат.

5.3. Топурак азыктык минералдык элементтердин булагы

Азыктык минералдык элементтерди өсүмдүк топурактан алат. Топурактын пайда болушунда анда жүргөн физикалык-химиялык кубулуштардын жана микроорганизмдердин тиричилик аракеттеринин ролу чоң.

Топурактын төмөнкү катмарындагы минералдык заттарды тамыры менен соруп алып, топурактын жогорку катмарын азыктык заттарга байытып, топурактын асылдуулугун жогорулатууда өсүмдүктөрдүн өзү да катышат. Топурактын асылдуулугу анын ар түрдүү химиялык кошулмаларды жутуп алуу, тутуу жөндөмдүүлүгү менен байланышкан. Ар түрдүү топурактар жутуп алуу жөндөмдүүлүгүнүн денгээли, көлөмү, жутулган катиондордун составы менен мүнөздөлөт. Минералдык элементтер топуракка 1) механикалык, 2) физикалык, 3) физикалык-химиялык, 4) химиялык, 5) биологиялык жолдор менен жутулат.

Көрсөтүлгөн бардык жутулуу топурактын органикалык эмес жана органикалык бөлүкчөлөрү аркылуу ишке ашырылып, ал бөлүкчөлөр топурактын жутуучу комплекси деп аталат.



Физикалык-химиялык жутулуу көбүрөөк мааниге ээ. Бул жутулууда топурактын катуу бөлүкчөлөрүндө кармалган катиондордун бир бөлүгү топурактык эритмедеги же жер семирткич катарында топуракка берилген катиондордун эквиваленттик саны менен алмашат. Аниондор да жутулууга жөндөмдүү. Мисалы, фосфор жана азот кислоталарынын аниондору.

Ар түрдүү топурактын жутуу жөндөмдүүлүгү ар башка. Топурактын жутуу жөндөмдүүлүгү андагы кармалган органикалык жана минералдык бөлүкчөлөрдүн көлөмүнө, органикалык заттардын кармалышына, топурактын бөлүкчөлөрүнүн жутулуучу катион менен каныккандыгына байланыштуу болот. Топуракта органикалык заттар канчалык көп болсо, жутулуучу катион канчалык аз кармалса, ал катиондун топуракка жутулуусу ошончолук жакшы жүрөт.

Ар түрдүү топуракта жутулган иондордун составы ар башка. Эгерде суутектин иондору көп жутулган болсо, ал алмашылып, топурактык эритмеге өтсө, топурактын кычкылдуу-

лугу өсөт. Эгерде топуракта алюминийдин иондору көп жутулган болсо, ал топурактык эритмеге сүрүлүп чыкканда өсүмдүктүн тамырын ууландырышы мүмкүн.

Ошентип, топурактык жутуучу комплекс топурак менен жер семирткичтердин байланышын, топурактын кычкылдуулугун, өсүмдүктөрдүн жер семирткичтерди пайдалануусун жөнгө салууда чоң роль ойнойт.

Топурактын асылдуулугун жогорулатууда микроорганизмдердин да ролу чоң. Топуракта жашаган микроорганизмдер өсүмдүктөрдүн тамырынын тегерегине жакын жайланышып, бири-бирине пайда келтиришип, симбиоздукта жашашат. Өсүмдүктөрдүн тамыры менен козу карындардын симбиозу ***микориз,*** ал эми бактериялар менен симбиозу ***бактериориз*** деп аталат. Эгерде микроорганизмдер тамырдын үстүнкү бетинде симбиоздук кылса ***эктотрофтук симбиоз,*** тамырдын ичинде болсо ***эндотрофтук симбиоз*** деп аталат. Чанактуу өсүмдүктөр менен түймөкчү бактериялардын ортосундагы симбиоздук жашоо эндотрофтук симбиозго мисал болот.

Бир гектар айдоо аянтындагы топуракта жашаган микроорганизмдердин саны жүз миллиондорго, миллиарддарга жетип, массасы 6–7 т түзөт. Микроорганизмдердин бул зор массасы өзүнүн тиричилик продуктулары менен жана өлгөндөн кийин топуракка калган калдыктары менен топуракты байытат. Мисалы, азотфиксаторлор, аммонификаторлор, нитрификаторлор, серобактерлер, чиритүүчү бактериялар ж.б.

Топурактагы ар түрдүү органикалык калдыктар менен азыктанышып, аларды минералдык заттарга айландырып, микроорганизмдер топурактын структурасын түзүүдө да катышат.

Топуракта жүргөн биологиялык жана химиялык процесстердин натыйжасында органикалык заттардын татаал комплекси – гумус түзүлөт. Гумустун составы ажыраган органикалык заттардын химиялык составына жана ажыратууга катышкан микроорганизмдердин физиологиясына байланыштуу болот.

5.4. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусун изилдөөнүн методдору

Өсүмдүктөрдүн азыктык заттарга муктаждыгын, ал заттардын өсүмдүктүн физиологиялык процесстерине, түшүмдүүлүгүнө, сапатына тийгизген таасирин изилдеш үчүн өсүмдүктөр белгилүү шарттарда өстүрүлөт. Изилдөөнүн тактыгын жогорулатыш үчүн тажрыйба участоктору көп жолу кайталанып коюлат.

Өсүмдүктөрдү талаада өстүрүп изилдөө изилдөөнүн **талаалык методу** деп аталат. Талаада жүргүзүлгөн тажрыйбада бардык жерде бирдей оптималдык шартты түзүүгө мүмкүн эмес. Ар бир азыктык заттын таасирин айрым изилдеш үчүн, өсүмдүктүн элементти пайдаланыш мүмкүнчүлүгүн аныктоо үчүн тажрыйбалар атайын түзүлгөн, дайыма текшерилип туруучу оптималдык шартта коюлат. Изилдөөнүн мындай жолу **вегетациялык метод** деп аталат. Бул методдо өсүмдүктөр топурак толтурулган атайын идиштерге өстүрүлөт. Өсүмдүктүн өсүшү үчүн оптималдык шартты түзүп, бир гана фактордун (мисалы азот) таасирин изилдөө үчүн вегетациялык метод өтө ыңгайлуу.

Бирок вегетациялык тажрыйбада өсүмдүк үчүн жасалма шарт түзүлгөндүктөн алынган маалыматтар табигый маанисинен алысыраак. Ошондуктан изилдөөнүн талаа методу менен вегетациялык метод айкалыштырылып жүргүзүлөт.

Вегетациялык методду биринчи Ж.Буссенго колдонгон. Ю.Сакс, Кноп, Г.Гельригель, Д.И.Менделеев, Д.И.Тимирязев, Д.Н.Прянишников ж.б. бул методду андан ары өөрчүтүшүп, өздөрүнүн изилдөөлөрүндө колдонушкан. Минералдык элементтердин физиологиялык маанисин, азыктык элементтерди өсүмдүккө берүүнүн оптималдык дозасын, мөөнөттөрүн аныктоодо, өсүмдүктөрдүн суу алмашуусун, кургакчылыкка, тузга туруктуулугун ж.б. физиологиялык проблемаларды изилдөөлөрдө вегетациялык метод кеңири колдонулат.

Топурак менен байланышпаган таза физиологиялык процесстерди изилдеш үчүн өсүмдүктөр ***кумда*** жана ***сууда*** өстүрүлөт. Кумда жана сууда өсүмдүк нормалдуу өсүш үчүн керектүү

минералдык элементтер кошулат. Өсүмдүк өстүрүлгөн идиштеги суу мезгил-мезгили менен алмаштырылып, тамыр системасына аэробдук шарт түзүш үчүн күнүгө аба үйлөтүлүп турат.

Кумда жана сууда өстүрүлгөн өсүмдүктөрдү азыктандырыш үчүн белгилүү составдагы азыктык эритме түзүлөт. Өсүмдүк нормалдуу өсүп өөрчүп, жогорку продукцияны бериш үчүн азыктык эритмеде биринчиден, зарыл болгон бардык элементтер кармалыш керек; экинчиден, азыктык элементтер өсүмдүктөр нормалдуу өсө турган санда жана катышта болуш керек; үчүнчүдөн, өстүрүлгөн өсүмдүктүн түрү үчүн оптималдуу кычкылдуулук такай сакталыш керек.

Окумуштуулар азыктык эритмелердин көп түрлөрүн түзүшкөн. Алардын ичинен кээ бирлери төмөнкүлөр:

Кноп менен Гельригель түзгөн азыктык аралашмалар бири-бирине окшошураак болуп, төмөнкүдөй составда болот:

$Ca(NO_3)_2$	– 0,492 г
KH_2PO_4	– 0,136 г
$MgSO_4$	– 0,060 г
$FeCl_3$	– 0,025 г
KCl	– 0,075 г

Бул аралашмадагы $Ca(NO_3)_2$ аниондору өсүмдүк аркылуу бат сиңирилип, катиондор эритменин щелочтуулугун жогорулатат. Ошондуктан бул эритме колдонулганда анын кычкылдуулугу текшерилип туруш керек.

Д.И.Прянишников сунуш кылган эритмеде азот кычкыл кальцийдин ордуна азот кычкыл аммоний алынган. Д.И.Прянишниковдун азыктык эритмесинин составы төмөнкүдөй (1 кг кумга эсептелген):

NH_4NO_3	– 0,240 г
KCl	– 0,150 г
$CaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$	– 0,172 г
$MgSO_4$	– 0,060 г
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	– 0,344 г
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	– 0,025 г

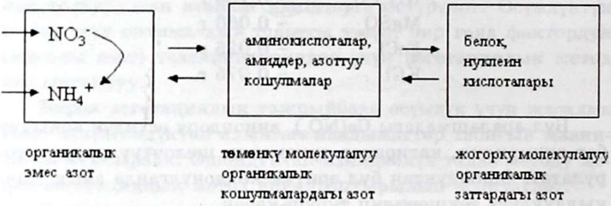
Өсүмдүктөрдүн нормалдуу өсүшү үчүн азыктык эритмеде негизги элементтердин эле болушу жетишсиз. Эритмеге микроэлементтер да кошулат.

5.5. Негизги азыктык элементтердин физиологиялык мааниси.

5.5.1. Азот

Химиялык элементтердин ичинен өсүмдүктөрдүн жашоосунда азот өзгөчө орунду ээлейт. Азоттун физиологиялык мааниси анын өсүмдүктөрдүн жашоосунда, көбөйүүсүндө башкы ролду ойногон белоктордун, аминокислоталардын жана нуклеин кислоталарынын составына кириши менен байланышкан.

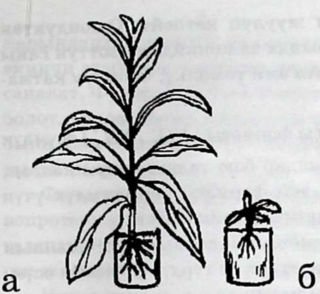
Өсүмдүктүн клеткасында азот үч формада кездешет – органикалык эмес азот, төмөнкү молекулалуу кошулмалардагы азот жана жогорку молекулалуу кошулмалардагы азот:



Азоттук күчтүү азыктанууда бардык азот кармоочу фракциялар, өзгөчө амиддик кошулмалар, көбөйөт.

Жашыл өсүмдүктөрдө жалпы азоттун 80–95% белоктук азот, 10% нуклеин кислоталарындагы азот, 5% аминокислоталардын жана амиддердин азоту түзөт.

Чөйрөдө азот жетишсиз болгондо өсүмдүктүн өсүүсү токтолуп, бутактануусу начарлап, жалбырактары майда өңү бозомтук болот (51-сүрөт). Хлорофиллдин бузулушунан жалбырактар сары, кызыл сары, кызыл түстө болуп, ткандары курган өлөт. Азот жетишпегенде вегетациялык өсүү кыскарып, уруктар эрте бышат. Азоттун жетишсиздигинен бирин-



51-сүрөт. Азот жетиштүү кармаган (а), азот жок (б) чөйрөдө өстүрүлгөн тамеки.

чи иретте сабакта төмөнкү жайгашкан карган жалбырактар жабыр чегишет. Алардагы сууда эрий турган азоттук кошулмалар сабактын жогорку бөлүгүндө жайланышкан жаш жалбырактарга жана өсүү точкаларга ташылып келип пайдаланылат.

Азоттун булактары жана сиңирилиши

Жаратылышта молекулалык азот абанын массасынын 75,6%тин түзөт. Топурактан өсүмдүк сиңирип ала турган азоттун саны топурактагы жалпы азоттун 0,5–2% барабар.

Өсүмдүктөрдүн азыктанышы үчүн азоттун булагы нитраттык (NO_3^-) жана аммонийдик (NH_4^+) азот болуп саналат.

Нитраттын (NO_3^-) иондору кыймылдуу, топуракта начар кармалып, тез жуулуп топурактын төмөнкү катмарына кетет. Топуракта нитраттык азоттун саны өсүмдүктүн аны сиңирип алышына, нитрификациялоочу микроорганизмдин активдүүлүгүнө жана жуулуп кетишине жараша өзгөрүп турат. Нитраттык азот топуракта жаз айларда көп кармалат. Бул микроорганизмдердин активдүүлүгүнүн жогорулашы менен байланышкан.

Аммонийдин (NH_4^+) катиондору начар кыймылдуу, топурактын терс заряддалган бөлүкчөлөрү менен жакшы бай-

ланышта болуп, топурактан жуулуп кетпейт. Ошондуктан топурактын жогорку катмарында аммонийдик азоттун саны жалпы азоттун 5–6% түзөт. Ал эми төмөнкү, чополуу катмарында – 20%.

Топурактагы азоттун кайсы формасы (NO_3^-, NH_4^+) өсүмдүк аркылуу сиңирилери көп жылдар бою талаш болуп келген. Кийинки кезде гана азоттун эки формасы тең өсүмдүк үчүн азыктык зат боло ала тургандыгы далилденген.

Өсүмдүктөрдөгү азоттук кошулмалардын алмашышын изилдеп, Д.Н.Прянишников азоттун ар түрдүү формасы өсүмдүк аркылуу сиңириле тургандыгын толук аныктаган.

5.5.1.1. Нитраттык азоттун сиңирилиши

Топурактан жутулган нитраттар өсүмдүк үчүн уу болбогондуктан өсүмдүктө бир топ санда жыйналат (тамекиде, кант кызылчасында). Топурактан өсүмдүккө жутулган нитраттар азоттуу органикалык кошулмаларды синтездөө үчүн пайдаланылат. Аны үчүн алар адегенде калыбына келип, аммиакка айланат.

Нитраттын калыбына келиши эки этапта жүрөт. Биринчи этапта нитрат эки электронду алып, нитритке чейин калыбына келет ($NO_3^- \rightarrow NO_2$). Бул реакцияны нитратредуктаза катализдейт. Экинчи этабында нитрит 6 электронду кошуп алып, нитритредуктаза ферментинин жардамы менен аммиакка чейин калыбына келет.

$$NO_3^- \xrightarrow[\text{нитратредуктаза}]{2e^-} NO_2^- \xrightarrow[\text{нитритредуктаза}]{6e^-} NH_4^+$$

$$\text{I } NO_3^- + \text{НАДН} + H^+ \xrightarrow{2e^-} NO_2^- + \text{НАД}^+ + H_2O$$

$$\text{II } NO_2^- + 6\text{ФД} + 8H^+ \xrightarrow{6e^-} NH_4^+ + 6\text{ФД}^+ + 2H_2O$$

Калыбына келүүнүн биринчи этабында жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдө электрондордун донору НАДН, козу

карындарда, жашыл балырларда – НАДФН. Реакциянын экинчи этабында электрондордун донору ферредоксин болуп саналат. Ферредоксин жалбырактын хлоропласттарында гана болот. Ошондуктан нитраттар өсүмдүктүн тамырында калыбына келгенде реакциянын экинчи этабында да НАДН катышышы мүмкүн.

Ферменттер нитратредуктаза жана нитритредуктаза – флавопротеиндер. Нитратредуктазаны молибден, нитритредуктазаны жез активдештирет. Нитраттардын калыбына келиши жалбырактарда да, тамырда да жүрөт.

Нитраттардын жалбыракта сиңирилиши фотосинтез менен байланышкан. Фотосинтез – АТФдин жана аммиакты кошуп алуучу субстраттын (органикалык кислоталардын) булагы.

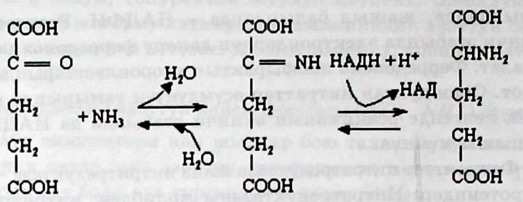
5.5.1.2. Аммиактын сиңирилиши. Аминокислоталардын, амиддердин пайда болушу

Топурактан жутулуп алынган аммиак, нитраттардын калыбына келүүсүнөн пайда болгон аммиак жана молекулалык азотту сиңирүүдөн пайда болгон аммиак аминокислоталарды жана амиддерди пайда кылып, өсүмдүк аркылуу сиңирилет. Аммиактын сиңирилишинде аминдештирүү жана амиддештирүү реакцияларынын ичинен глутамин кислотасын жана глутамин амидин синтездөө реакциялары башкы ролду ойнойт.

α-кетоглутар кислотасы калыбына келип аминденип, глутамин кислотасы пайда болот. Бул реакцияны глутаматдегидрогеназа ферменти катализдейт.

$$\text{α-кетоглутар кислотасы} + NH_3 + \text{НАД(Ф)Н} + H^+ \rightleftarrows$$
$$\text{L глутамин кислотасы} + \text{НАД(Ф)} + H_2O$$

Реакциянын биринчи этабында субстраттар кошулуп, иминокислота пайда болот. Иминокислота НАД(Ф)Н катышуусунда андан ары калыбына келип, глутамин кислотасы пайда болот.



а - кетоглутар кислотасы   а - иминоглутар кислотасы   глутамин кислотасы

Р.Ли жана Б.Мифлин 1974-ж. удаасы менен жүргөн эки реакцияда аммонийдин сиңирилишин ачышкан. Бул реакциялар глутаминсинтетаза жана глутаматсинтаза ферменттери менен катализденет.

Глутаминсинтетазанын таасири астында глутамин кислотасы аммиакты кошуп алып глутаминге айланат. Ошентип, клеткада глутамин кислотасы гана пайда болбостон глутамин (амид) да пайда болот:

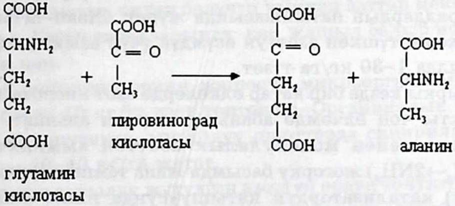
$$HOOC - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - NH_3$$

Глутаматсинтаза ферментинин жардамы менен глутаминдин амиддик группасы α – кетоглутар кислотасына ташылып, жаңы глутамин кислотасы пайда болот. Реакция ферредоксин же НАДФНтын катышуусу менен жүрөт.

Глутаминсинтетаза – глутаматсинтаза системасы аркылуу хлоропласттарда нитраттардын калыбына келишинен пайда болгон аммиак сиңирилет деп эсептешет. Глутаматдегидрогеназа караңгыда жана аммонийдик азыктанууда активдүү. Ал эми глутаминсинтетаза-глутаматсинтаза – жарыкта жана нитраттык азыктанууда активдүү болот. Аммиактын өсүмдүк аркылуу сиңирилишинин эки жолунда тең (глутаматдегидрогеназанын жана глутаминсинтетаза – глутаматсинтазанын катышуусунда) глутамин кислотасы (глутамат) топтолот.

Өсүмдүктө аммиак α – кетоглутар кислотасынан башка да органикалык кето – жана альдегиддик кислоталар менен кошулуп, биринчи аминокислоталарды пайда кылат. Мисалы, щавелдик уксус кислотасы, пировиноград кислотасы, гидроксипировиноград кислотасы калыбына келип аминденип, аспарагин кислотасы ($COOHCH_2CHNH_2COOH$), аланин (CH_3CHNH_2COOH), серин ($CH_2OHCHNH_2COOH$) пайда болот. $NH_3 + {}^{-}CH_3COCOOH + 2H \rightarrow CH_3CHNH_2COOH + H_2O$. Суутектин донору НАДН болот.

Организмдерде жаңы аминокислоталардын синтезделинишинин дагы бир жолу аминокислотанын амин группасынын кетокислотага ташылышы болуп саналат. Бул реакцияны 1937-ж. А.Е.Браунштейн жана М.Г.Крицман ачып, ***кайрадан аминдештирүү*** реакциясы деп аталган. Кайрадан аминдештирүү реакцияларында амин группасынын негизги донору глутамин жана аспарагин кислоталары болуп саналат. Реакцияны аминотрансфераза ферменти катализдейт.



Тирүү организмдерде көпчүлүк аминокислоталардын синтезделиниши кайрадан аминдештирүү реакциясынын жардамы менен жүрөт. Бул процесстерде борбордук орунду дикарбондук кислоталар – щавелдик уксус жана кетоглутар кислоталары ээлейт. Анткени бир негиздүү кислоталарга караганда эки негиздүү кислоталар менен аммиак жеңил жана бат реакцияга кирет. Натыйжада пайда болгон аминокислоталар аминогруппасын башка кетокислоталарга беришип, өздөрү кайра кетокислоталарга айланышат.

Өсүмдүктөр аммонийдик азот менен көп азыктанганда алардын ткандарында амиддер – глутамин жана аспарагин

көп топтолорун Э.Шульце, Д.Н.Прянишников, А.Чибнелла байкашкан. Д.Н.Прянишников амиддердин өсүмдүктөр үчүн маанисин жогору коюп, аларды азотту зыянсыздандыруучу, запастоочу, транспорттоочу кошулмалар деп караган.

Ошентип, кетокислоталар жана алардан пайда болгон глутамин менен аспарагин кислоталары организм үчүн уу аммиакты кошуп алып, зыянсыздандырып, биологиялык өзгөчө мааниге ээ.

5.5.1.3. Молекулалык азоттун биологиялык сиңирилиши

Молекулалык азоттун өсүмдүк үчүн азыктык формага айлануусу жаратылышта химиялык жана биологиялык эки жол менен жүрөт. Молекулалык азоттун анча көп эмес сандагы NH_4^+ жана NO_3^- иондоруна химиялык жол менен айланышы фотохимиялык процесстердин жана атмосферадагы электрдик заряддардын натыйжасында жүрөт. Жаан-чачын менен кошо жерге түшкөн азоттун өсүмдүк үчүн азыктык формасы бир жылда 1–30 кг/га түзөт.

Азыркы кезде бир катар өлкөлөрдө азот кислотасын жана аммиакты чоң өлчөмдө абанын азотунан алышат. Химиялык жол менен молекулалык азоттон аммиакты алуу ($N_2+3H_2 \rightarrow 2NH_3$) жогорку басымда жана температурада (500°C жогору) катализатордун катышуусунда ишке ашырылат. Ушундай жол менен алынган аммиактан аммонийдик жер семирткичтер алынат. Бирок, азоттук жер семирткичтер аркылуу өсүмдүктөрдүн түшүмү менен кошо алынып кеткен азоттун бир бөлүгү гана кайра топуракка кайтарылат. Түшүм менен алынып кеткен азоттун ордун негизинен биологиялык жол менен сиңирилген азот толуктайт. Микроорганизмдер атмосфералык азотту жутуп, калыбына келтирип (NH_3), жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөр азыктык зат катарында пайдалануучу формага айландырат.

Азотту биологиялык синирүүчү микроорганизмдер эки топко бөлүнөт: 1) эркин жашоочу азот сиңирүүчүлөр ; 2) жогор-

ку түзүлүштөгү өсүмдүктөр менен симбиоздо жашоочу азот сиңирүүчү микроорганизмдер.

Анаэробдук, спора пайда кылуучу, эркин жашоочу азот сиңирүүчү бактерияны орус окумуштуусу С.М.Виноградский 1893-ж. ачып, Л.Пастердин урматына Clostridium pasteurianum деп атаган. Кийин 1901-ж. М.Бейеринк аэробдук, эркин жашоочу азот сиңирүүчү бактерияны – Azotobakterди ачкан. Кийинки мезгилде эркин жашоочу азот сиңирүүчү көп микроорганизмдер табылган. Азыркы мезгилде эркин жашоочу молекулалык азотту сиңирүүчүлөргө Azotobacter, Beijerinkia, Clostridium урууларындагы бактериялар, фотосинтездөөчү бактериялар жана цианобактериялар (көк жашыл балырлар) кирет. Azotobacterден жана Beijerinckiaдан башкалары бүт анаэробдор.

Эркин жашоочу азот сиңирүүчү бактериялар – гетеротрофтук организмдер. Даяр углеводдор менен азыктанышып, целлюлозаны ж.б. полисахариддерди ажыратууга жөндөмдүү. Азотобактер жана бейеринк көбүнчө өсүмдүктүн тамырына жакын жашашып, андан бөлүнүп чыккан заттар менен азыктанышат. Күрүч талааларында көк жашыл балыр ностоктун мааниси чоң.

Азот сиңирүүчү эркин жашоочу микроорганизмдер жылына орточо 10 кг/га азот топтошот. Органикалык калдыктарга бай топуракта, ыңгайлуу шарттарда сиңирилген азоттун саны 20–40 кг/га жетет.

Өсүмдүк аркылуу жутулган азоттун ордун толуктоодо симбиоздук азот сиңирүүчүлөрдүн мааниси чоң. Симбиоздукта жашоочу азот сиңирүүчүлөр негизинен чанактуу өсүмдүктөрдүн тамырында түймөкчөлөрдү пайда кылып симбиоздукта жашайт. Алар ризобиум уруусундагы бактериялар, кээ бир актиномицеттер жана цианобактериялар. Азыркы кезде симбиоздук жол менен атмосфералык азотту сиңирүүчү 190го жакын өсүмдүктөрдүн түрү белгилүү (жийде, чычырканак, ольха ж.б.). Кээ бир тропикалык дарактарда жана бадалдарда симбиоздук бактериялардын түймөкчөлөрү алардын жалбырактарында пайда болот. Жалбырактарда түймөкчөнү пайда кылууга носток уруусундагы цианобактериялар да жөндөмдүү.

Азот сиңирүүчү цианобактерия менен козу карындын симбиозу болгон эңилчектер башка өсүмдүктөр өспөгөн бийик тоолордо жана аска таштарда өсүп, жаратылышта маанилүү ролду ойнойт.

Чанактуу өсүмдүктөр менен симбиоздо жашаган Ризобиум бир жылда бир гектарда орточо 100–400 кг азот сиңирет. Люпин бир жылда 500–600 кг, беде – 250–300, төө буурчак – 50–60 кг азот топтойт.

Бактериялык клетка топурактан өсүмдүктүн тамыр түктөрү аркылуу тамырдын клеткасына келип, бөлүнүп тез көбөйүп, тамырда түймөкчөнү пайда кылат. Түймөкчөдөгү бактериялар көлөмү жагынан баштапкы бактериядан 40 эсеге жакын чоң болуп, ***бактероиддер*** деп аталышат. Алардын денесинде нитрогеназа деп аталган ферменттик системасы бар.

Айыл чарбасында чанактуу өсүмдүктөрдүн азот сиңирүүчүлүгүн жогорулатыш үчүн алардын уруктарын себердин алдында «нитрагин» деп аталган түймөкчү бактерияларды кармаган препарат менен аралаштырышат.

5.5.1.4. Азот сиңирүүнүн механизми

Атмосфералык азоттун молекуласы N_2 (N≡N) өтө туруктуу, химиялык реакцияларга оңой менен кирбейт. Анын үч коваленттик байланышынын энергиясы 940 кДж/моль. Бул байланыштарды үзүш үчүн катализатор, жогорку температура жана басым талап кылынат. Микроорганизмдердин нормалдуу басымда жана температурада молекулалык азотту сиңирүүсүндө нитрогеназа ферменти чоң ролду ойнойт. Нитрогеназа молибден жана темир кармоочу жогорку молекулалуу белоктон жана темир кармоочу төмөнкү молекулалуу белоктон турат.

Азоттун радиоактивдүү изотобун колдонуу менен жүргүзүлгөн изилдөөлөр азотфиксация калыбына келтирүүчү процесс экендигин жана анын натыйжасында аммиак пайда боло тургандыгын далилдеген.

Азоттун калыбына келиши үч баскычта жүрөт:

$$N{\equiv}N \rightarrow NH{=}NH \rightarrow NH_2{-}NH_2 \rightarrow NH_3 + NH_3$$

Азоттун сиңирилиши үчүн электрондор жана АТФдин энергиясы керек. Мисалы, бир моль азотту сиңириш үчүн 30–40 моль АТФ жумшалат. Ар түрдүү микроорганизмдерде фотосинтез, дем алуу, ачуу, процесстери электрондордун жана АТФтин булагы болуп саналат. Эркин жашоочу азот сиңирүүчүлөр топурактагы органикалык калдыктардын углеводдорунун кычкылдануусунан пайда болгон электрондорду жана АТФди пайдаланышат. Симбиоздо жашаган бактериялар электрондордун жана АТФтин булагы катарында кожоюн өсүмдүктүн жалбырагында синтезделинип тамырдагы түймөкчөгө келип түшкөн фотосинтездин продуктуларын пайдаланышат.

Бардык азот сиңирүүчү микроорганизмдерде молекулалык азотту сиңирүү механизми окшош. Азот сиңирүүчү бактериялык клеткадагы Кребстин цикли:

1) энергиянын булагы болуп кызмат кылат;

2) ферредоксин аркылуу нитрогеназаны электрондор менен камсыз кылат;

3) синтезделинген аммиак менен реакцияга кирип, аминокислоталарды пайда кылуучу кетокислоталардын булагы болуп саналат.

5.5.1.5. Азоттун жаратылышта айланышы

Топурактагы гумустун (чириндинин), өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын калдыктарынын азот кармоочу органикалык заттарын микроорганизмдер ажыратышып, органикалык азотту өсүмдүктүн тамыры аркылуу жутулуучу минералдык формаларына (NO_3^-, NH_4^+) айландырышат. Бул процесс бир нече баскычтан туруп ар түрдүү микроорганизмдердин катышуусу менен жүрөт (52-сүрөт).

Азоттуу органикалык заттардын аммиак бөлүп чыгарып, ажырашы ***аммонификация*** деп аталат. Аммиактын бөлүнүп чыгышы ар түрдүү жолдор менен жүрөт:

1) кычкылтектин катышуусу менен:

$$R\text{-}CHNH_2COOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow R\text{–}CO\text{-}COOH + NH_3$$

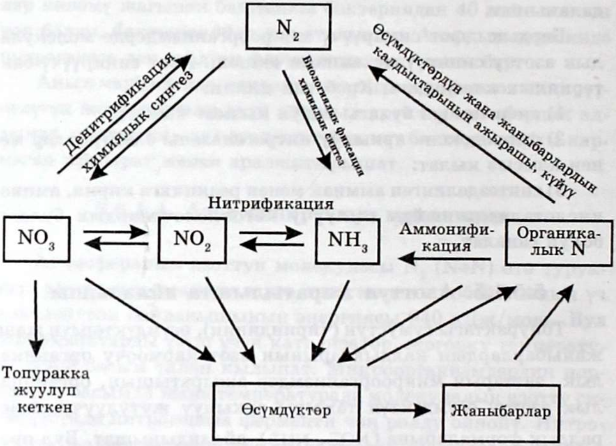
2) декарбоксилденип, дезаминдештирүү:

$$R\text{-}CHNH_2COOH + O_2 \rightarrow R\text{-}COOH + CO_2 + NH_3$$

3) гидролиздик дезаминдештирүү:

$$R\text{-}CHNH_2COOH + НАД + H_2O \rightarrow R\text{-}CO\text{-}COOH + NH_3 + НАДН_2$$

Аммонификацияны аэробдук жана анаэробдук микроорганизмдер жүргүзөт. Аммонификацияда пайда болгон аммиактын бир бөлүгү өсүмдүктөр жана микроорганизмдер аркылуу жутулуп алынат. Калганы кычкылданып, нитрит жана нитрат пайда болот:



52-сүрөт. Азоттун жаратылышта айланышынын схемасы.

Аммиактын кычкылданып, нитратка айланышы ***нитрификация*** деп аталат. Нитрификация эки баскычтуу процесс. Эки түрдүү автотрофтук бактериялар – Nitrosomonas (нитросомонас) жана Nitrobacter (нитробактер) жүргүзүшөт. Бул бактерияларды С.М. Виноградский ачкан, хемосинтетиктер.

Nitrosomonas аммиакты азоттуу кислотага кычкылдандырат:

$$2NH_3 + 3O_2 \rightarrow 2HNO_2 + 2H_2O$$

Nitrobacter азоттуу кислотаны азот кислотасына чейин кычкылдандырат:

$$2HNO_2 + O_2 \rightarrow 2HNO_3$$

Пайда болгон нитрат микроорганизмдер, өсүмдүктөр аркылуу сиңирилип, алардын азоттуу органикалык кошулмаларына айланат.

Нитраттардын бир бөлүгү калыбына келип, газ абалдагы азотко айланып, абага өтөт. Бул процесс ***денитрификация*** деп аталат.

$$NO_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

Денитрификацияны анаэробдук микроорганизмдер жүргүзөт. Бул процесс аба жетишсиз, суу каптаган топурактарда күчтүү жүрөт.

Ошентип, азот – атмосфера, топурак жана тирүү организмдердин ортосунда айланып жүрүүчү кыймылдуу элемент.

5.5.2. Фосфор

Фосфор азот сыяктуу өсүмдүктөрдүн азыктануусунда башкы элементтердин бири. Ал өсүмдүк аркылуу жогорку кычкылы түрүндө (PO_4^{3-}) жутулуп, органикалык кошулмалардын составына өзгөрүүсүз кирет. Өсүмдүктө кармалган фосфор анын кургак массасынын 0,2–1,3% түзөт. Өсүмдүктүн органдарынын ичинен анын көбөйүү органдары фосфорго бай. Мисалы, уруктарда анын кармалышы вегетативдик органдарга караганда 5–10 эсе көп. Өсүмдүктө фосфор тышкы чөйрөдөгүдөн жүз эсе көп кармалат. Өсүмдүк боюнча органикалык эмес фосфат формасында жалбырактарга, өсүү точкасына, мөмөлөргө ташылат.

Фосфор ***жетишсиз*** болгондо өсүмдүктүн жалбырактары майда, ичке болуп, өңү көгүш-жашыл, бозомтук болот. Өсүмдүктүн өсүүсү токтолуп, мөмөлөрдүн, уруктардын бышып жетилүүсү кечигет. Фосфордун жетишсиздигинин бул тышкы

белгилери өсүмдүктөгү физиологиялык-биохимиялык процесстердин жүрүшүнүн бузулушунун натыйжасында келип чыгат. Фосфордун жетишсиздигинен кычкылтектин жутулушу начарлап, дем алууга катышуучу ферменттердин активдүүлүгү төмөндөп, митохондриядан тышкары кычкылдануу күч алат. Фосфор кармоочу органикалык кошулмалардын, полисахариддердин ажырашы күчөп белоктордун, нуклеотиддердин синтези начарлайт.

Фосфордун жетишсиздигинен өсүмдүктөр өсүшүнүн жана өөрчүшүнүн баш жагында өзгөчө жабыр чегишет. Өсүмдүктөрдүн өөрчүшүнүн кийинки мезгилинде фосфор менен нормалдуу азыктандыруу анын өөрчүшүн тездетип, түшүмдү коромжусуз жыйнап алууга шарт түзөт (түндүктө суук түшкөнгө чейин, түштүктө кургакчылыкка чейин).

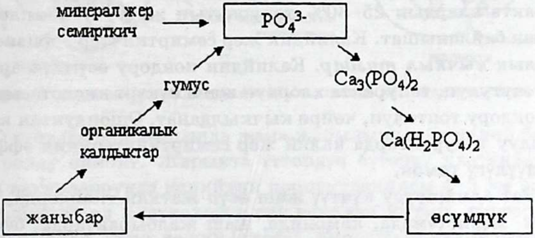
Өсүмдүктөрдүн ткандарында фосфор органикалык кошулмалар, фосфор кислотасы жана анын туздары түрүндө кездешет. Белоктордун, нуклеин кислоталарынын, фосфолипиддердин, канттардын фосфордук эфирлеринин, витаминдердин, энергетикалык алмашууда катышуучу нуклеотиддердин (АТФ, НАД) ж.б. көп кошулмалардын составына кирет. Фосфор клетканын энергетикасында өзгөчө ролду ойнойт. АДФ жана АТФ энергияга бай фосфаттык байланыштарды кармаган кошулмалар. Көпчүлүк ферменттик реакцияларда АТФ фосфорлоочу агент болуп саналат. АТФ запастаган энергия организмдин бардык тиричилик процесстерине жумшалат.

Фосфор бир катар коферменттердин (НАД, НАДФ), флавинадениндинуклеотиддин составына кирип, реакцияга катышуучу заттарды фосфорлоштуруп активдештирип, клетканын зат алмашуу процесстерине катышат.

Нуклеин кислоталарынын составына кирип, фосфор тукум куучулукта да катышат. Нуклеин кислоталарын түзүүчү мономерлер – нуклеотиддер бири-бири менен фосфор кислотасы аркылуу байланышат.

Өсүмдүктөрдө фосфордун негизги запастык формасы фитининозитфосфор кислотасынын $C_6H_6O_6(H_2PO_3)_6$ кальций – магний тузу болуп саналат.

Өсүмдүк фосфорду топурактан алат. Топурактын айдоо катмарында бир гектарда 2,3–4,4 т фосфор (P_2O_5) кармалат. Анын $\frac{2}{3}$ бөлүгүн фосфор кислотасынын туздары, $\frac{1}{3}$ бөлүгүн фосфор кармоочу органикалык кошулмалар түзөт. Топурактагы фосфордун кошулмаларынын көп бөлүгү сууда начар эрип, өсүмдүктөр аларды жакшы пайдалана алышпайт. Топуракта минералдык фосфор негизинен $Ca_3(PO_4)_2$, аз санда $FePO_4$, $AlPO_4$ формасында кармалат. Бул кошулмалар сууда начар эригендиктен өсүмдүктөр аркылуу аз сиңирилет. Алар топурак эритмесиндеги кислоталардын таасири астында сууда эрүүчү өсүмдүктөр аркылуу жакшы сиңирилүүчү формага ($CaHPO_4$, $Ca(H_2PO_4)_2$) өтөт (53-сүрөт).



53-сүрөт. Фосфордун жаратылышта айланышы.

Органикалык калдыктардын жана гумустун фосфору топурактагы микроорганизмдердин жардамы менен минералдашып, сууда начар эрүүчү туздар пайда болот. Өсүмдүктөрдүн тамыры, микроорганизмдер бөлүп чыгарган органикалык жана минералдык кислоталардын таасири астында ал туздар фосфордун сууда эрүүчү туздарына айланышат:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2CO_3 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2CaCO_3$$
$$Ca_3(PO_4)_2 + 4HNO_3 \rightarrow Ca(H_2PO_4)_2 + 2Ca(NO_3)_2$$

Пайда болгон фосфордун сууда эрүүчү туздары микроорганизмдер, өсүмдүктөр аркылуу сиңирилет, бир бөлүгү жуу-

луп кетет. Фосфордун эрий турган формага өтүшү бул элементтин биологиялык айлануусунун негизги кыймылдаткычы болуп саналат.

5.5.3. Калий

Калий – өсүмдүккө керектүү элементтердин бири. Өсүмдүктө анын кармалышы кургак массасынын 0,5–1,2% түзөт. Ал клеткада тышкы чөйрөгө караганда 100–1000 эсе көп. Топуракта калий фосфордон 8–40 эсе, азоттон 5–50 эсе көп кармалат. Топуракта калий органикалык калдыктардын составында топурактын коллоиддик бөлүкчөлөрүнө кармалган абалда, минералдык туздар түрүндө кездешет.

Калийдик жер семирткичтер сууда жакшы эришет. Топуракта алардын 25–80% топурактын жутуучу комплекси менен байланышат. Калийдик жер семирткичтер – физиологиялык ***кычкыл туздар***. Калийдин иондору өсүмдүк аркылуу жутулуп, топуракта хлордун жана күкүрт кислотасынын аниондору топтолуп, чөйрө кычкылданат. Ошондуктан кычкылдуу топурактарда калий жер семирткичтеринин эффективдүүлүгү төмөн.

Зат алмашуусу күчтүү жаш өсүп жаткан ткандарда, мисалы меристемада, камбийде, жаш жалбырактарда, бүчүрлөрдө калий көп кармалат. Клеткаларда калий органикалык кошулмалардын составына кирбейт, негизинен иондук формада болуп, кыймылдуу жана экинчи пайдаланууга жөндөмдүү. Калий эски жалбырактардан жаш жалбырактарга ташылганда анын ордун натрий ээлейт.

Өсүмдүктөрдүн клеткасында калийдин 80%ке жакыны вакуоляда кармалып, клеткалык ширенин катиондорунун негизги массасын түзөт. Бул элементтин анча көп эмес бөлүгү (1%) митохондриянын, хлоропласттардын белоктору менен бекем байланышып, ал органоиддердин туруктуулугун сактайт. 20%ке жакын калий протоплазманын коллоиди менен байланышкан. Калийдин коллоид менен байланышы жарыкта күчтүү, караңгыда начар.

Калий клеткадагы органикалык жана органикалык эмес терс заряддалган аниондорду нейтралдоочу негизги ион болуп саналат. Ал цитоплазманын коллоиддик жана химиялык касиеттерин аныктап, клетканын дээрлик бардык процесстерине таасирин тийгизет. Бул элемент цитоплазманын коллоиддеринин гидраттык абалын сактап, анын суу тутуу жөндөмдүүлүгүн тескейт. Цитоплазманын суу тутуу жөндөмдүүлүгүнүн жогорулашы өсүмдүктөрдүн суукка жана кургакчылыкка туруктуулугун арттырат.

54-сүрөт. Үттүн ачылышында жана жабылышында калийдин катышышы.

Үттөрдүн ачылышында жана жабылышында калий башкы ролду ойнойт. Жарыкта үттөрдүн бүтөөчү клеткаларынын вакуолдорунда калийдин концентрациясы 4–5 эсе өсөт. Натыйжада ал клеткаларга суу сорулуп кирип, тургордук абалга келип, үттүк тешик ачылат. Караңгыда калий бүтөөчү клеткалардан чыгып, тургордук басым азайып, үттүк тешик жабылат (54-сүрөт).

Калий ферменттик системалардын активаторлорунун бири. Азыркы кезде калий активдештирүүчү 60ка жакын фермент белгилүү. Ал фосфаттын органикалык кошулмалар менен байланышы үчүн, фосфаттык группалар ташылуучу реакциялар үчүн, белокторду, полисахариддерди синтездөө үчүн, флавиндик дегидрогеназалардын компоненти рибофлавинди синтездөө үчүн керек. Калийдин таасири астында картошкада крахмалдын, кант кызылчасында канттын, мөмөлөрдө жана жемиштерде моносахариддердин, өсүмдүктөрдүн клеткалык кабыкчасында целлюлозанын, пектиндин кармалышы көбөйөт. Ушулардын негизинде дан эгиндеринин

жыгылууга туруктуулугу, була берүүчү өсүмдүктөрдүн буласынын сапаты, өсүмдүктөрдүн микроорганизмдер козгоочу ооруларга туруктуулугу жогорулайт.

Физикалык жана химиялык касиеттери калийге окшош бир валенттүү катиондор (NH_4^+, Pb^+), өзгөчө натрий, физиологиялык процесстерде калийди алмаштыра алышат. Бирок, калийдин гана иондору керек болгон ферменттерди натрий начар активдештирет. Натрийдин оң таасири калийдин жетишсиздигинде жакшы байкалат. Калий жетиштүү болгондо натрийдин ашык кармалышы өсүмдүк үчүн зыяндуу.

Окумуштуулардын жүргүзгөн изилдөөлөрүндө өсүмдүктөрдө калий аз кармалганда натрийдин, магнийдин, кальцийдин, фосфаттын, аммиактын, суутектин клеткада кармалышы көбөйөрү байкалган. Калий аммиактын сиңирилишин тездетет. Калий жетишсиз өсүмдүктөрдө аммиак ашык жыйналып, өсүмдүктү ууландырат.

Калийди өсүмдүктөр өөрчүшүнүн баштапкы этабында көп талап кылып, вегетативдик массасынын өскөн мезгилинде көбүрөөк жутушат. Өсүмдүккө калийдин топурактан жутулушу гүлдөөрүнүн алдында мөмө байлагандан кийин токтолот. Калий капустада, күн карамада, бадыраңда көп кармалат.

Калийдин ***жетишсиздигинен*** жалбырактар саргайып, алардын чети жана учу күрөң түстү алып, кызыл дат сыяктуу темгилдер пайда болот. Бул участоктордогу ткандар бузулуп өлөт. Жалбырактын саргайышы эски жалбырактардан жаш жалбырактарга карай, жалбырактын төмөнкү бөлүгүнөн жогору, четинен ортосун карай жүрөт. Калий жетпегенде, биринчи иретте, камбийдин, жогорку өсүү точкалардын, өткөрүүчү түтүктөрдүн функциялары бузулат. Муун аралыктары жакшы өөрчүбөй, каптал бутактар күчтүү өөрчүйт. Фотосинтездин продуктулары начар ташылып, фотосинтездин жүрүшү акырындайт.

5.5.4. Күкүрт, кальций, магний ж.б. макроэлементтер.

5.5.4.1. Күкүрттүн өсүмдүктөрдө кармалышы жана айланышы

Күкүрт өсүмдүктүн кургак массасынын 0,2–1,0% түзөт. Өсүмдүккө негизинен сульфат (SO_4^{2-}) түрүндө жутулат. Белокко бай өсүмдүктөрдө (чанактууларда) жана кайчылаш гүлдүүлөр тукумундагы өсүмдүктөрдө көп кармалат.

Өсүмдүктө дайыма кычкылдык формада гана сакталган фосфордон айырмаланып, күкүрт өсүмдүктө кычкылданган (SO_4) да, калыбына келген (H_2S) да абалда кездешет.

Тамыр аркылуу сульфат (SO_4^{2-}) түрүндө жутулуп өткөрүүчү түтүктөр аркылуу өсүп жаткан жаш органдарга, жалбырактарга ташылып келип, зат алмашуу процессине кирет.

Сульфат жана калыбына келген күкүрт (күкүрттүү аминокислоталар, глутатион) флоэма боюнча жалбырактан жаш органдарга жана запастоочу органдарга ташылат. Урукта калыбына келген формада сакталып, урук өнгөндө кычкылданган күкүрткө (SO_4^{2-}) өтөт.

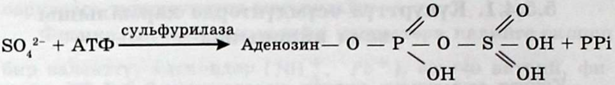
Урук бышып жаткан мезгилде сульфаттык күкүрттүн саны азайып, калыбына келген күкүрт көбөйөт. Ал эми урук өнгөн мезгилде тескерисинче, органикалык күкүрт азайып, сульфаттык күкүрт көбөйөт. Демек, өнүп жаткан урукта белок ажыраганда пайда болгон күкүрт кычкылданып, (SO_4^{2-}) айланат.

Күкүрттүн сиңирилиши

Күкүрт кармоочу органикалык кошулмалардын көпчүлүгүндө күкүрт калыбына келген формада болот. Ошондуктан тамыр аркылуу жутулган сульфат өсүмдүктө калыбына келип, органикалык кошулмаларга айланат.

Кадимки шартта күкүрттүн оксиди инерттүү. Ошондуктан ал адегенде АТФдин катышуусу менен активдештири-

лет. Андан кийин метаболиттик циклге кирет. Оксиддин активдештирилүүсү төмөнкүдөй жүрөт:

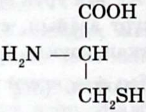


АТФ – сульфурилазанын жардамы менен сульфат АТФтеги пирофосфорилдик группанын ордуна келип, аденозин-5-фосфосульфат (АФС) жана пирофосфат (PPi) пайда болот.

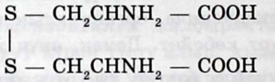
Аденозинфосфосульфат (АФС) түрүндө активдешкен сульфат 8 электронду кабыл алып, калыбына келет. Бул калыбына келүү реакциясы АФС – редуктазанын жардамы менен ишке ашырылат. Сульфаттын калыбына келүү процессинин толук реакциясы:

SO_4^{2-} +АТФ+8Н+О – ацетилсерин → цистеин + ацетат+$3H_2O$+ +АМФ +PPi

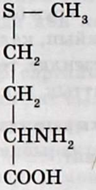
Калыбына келген күкүрттөн аминокислота, аминокислотадан белок пайда болот. Күкүрттүн өсүмдүктө алгачкы пайда болгон органикалык кошулмасы цистеин. Цистеинден цистин, метионин пайда болот.



цистеин



цистин



метионин

Күкүрт маанилүү аминокислоталардын цистеин жана метиониндин составына кирет. Метионин алмашылбай турган аминокислота.

Полипептиддик чынжырчадагы дисульфиддик байланыш (цистиндеги S-S байланыш) белоктун молекуласынын туруктуулугун чыңдайт.

Күкүрт маанилүү биологиялык кошулмалардын – коэнзим-А жана витаминдердин (тиамин, биотин, липойдук кислота) составына кирет. Коэнзим-Анын жогорку активдүүлүгү анын молекуласындагы SH – группасы менен байланышкан. Коэнзим-Анын составындагы SH – байланышынын жардамы менен жогорку энергиялуу ацетил – Ко-Аны пайда кылып кислоталардын ацетилдик группасы менен байланышат:

$$CH_3 - CO \sim S - KoA$$

Липой кислотасы α – кетокислоталардын кычкылданып декарбоксилдешүүсүнүн коэнзими. Бул витаминдин SH – группасы көп кычкылданып-калыбына келтирүү реакцияларында катышат.

Көп ферменттердин активдүүлүгүн белоктордун SH – группасы аныктайт. НАД, НАДН, ФАД катализдик активдүү белокко SH – группасы аркылуу байланышат.

Клеткадагы күкүрт аминокислоталардан, белоктордон башка да кошулмалардын составына кирет. Мисалы, пияздын эфирдик майында, горчицада, глюкозиддерде кармалат.

Күкүрт ***жетишсиздикте*** жалбырактар саргаят жана кубарат. Азот жетишсиздикке окшош. Бирок, андан айырмаланып, саргаюу адегенде жаш жалбырактарда башталат. Бул күкүрт эски жалбырактарда кошулмалар менен туруктуу байланышта болуп, жаш органдарга начар ташыла тургандыгын далилдейт.

Өсүмдүккө күкүрт жетпегенде күкүрт кармоочу аминокислоталардын жана белоктордун синтезделиниши, фотосинтез начарлап, өсүмдүктүн өсүүсү токтолот. Хлоропласттардын структурасы бузулат.

Күкүрт кармоочу кошулмалардын жаратылышта айланышы негизинен өсүмдүктөрдүн жана микроорганизмдердин катышуусу менен жүрөт. Автотрофтук өсүмдүктөр күкүрттү топурактан (SO_4^{2-}) түрүндө жутуп, органикалык кошулмалардын SH – группасына чейин калыбына келтиришет. Калыбына келген күкүрт өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын калдыктары менен топуракка түшүп, сапрофиттик микро-

организмдердин жардамы менен минералдашып H_2S пайда болот.

Күкүрттүү суутектин (H_2S) бир бөлүгү эрибей турган формага (FeS), бир бөлүгү атмосферага өтөт. Өңсүз күкүрт бактериялары – хемосинтетиктер аэробдук шартта, кызыл жана жашыл күкүрт бактериялары – фотосинтездөөчүлөр анаэробдук шартта H_2Sти эркин күкүрткө жана сульфатка чейин кычкылдандырышат:

$$H_2S \rightarrow S \rightarrow SO_3^{2-} \rightarrow SO_4^{2-}$$

Сульфатты (SO_4^{2-}) калыбына келтирүүчү бактериялар аны кычкылтектин булагы катары пайдаланышат:

$$SO_4^{2-} + 4H_2 \rightarrow S^{2-} + 4H_2O.$$

Топуракта органикалык жана органикалык эмес формада кездешет. Органикалык эмес күкүрттүн топурактагы негизги формасы – сульфат $CaSO_4$, $MgSO_4$, Na_2SO_4 туздары түрүндө кездешет.

5.5.4.2. Кальций

Өсүмдүктөрдүн 1 г кургак массасында 5–30 мг кальций кармалат. Кальций цитоплазмалык структуралардын туруктуу составдык элементи болуп саналат. Ал магний менен бирдикте ядронун составына кирип, нуклеотиддердин байланышуусунда катышат. Кальцийдин пектиндик заттар менен байланышкан кошулмасы клеткалык кабыкчалардын бири-бирине биригип байланышуусун бекемдейт.

Калийден айырмаланып, кальций клетканын коллоиддеринин гидрофильдүүлүгүн жана клеткада суунун кармалышын төмөндөтөт.

Өсүмдүктөгү кальций кайталанып пайдаланылбайт. Ал картайган ткандардын клеткаларынын вакуолдорунда кристаллдарды пайда кылып, туруктуу жайланышат.

Кальцийдин физиологиялык мааниси анын топурактагы жана клеткадагы кислоталык иондорду нейтралдоочу, мем-

браналарды стабилдөөчү касиеттери менен байланышкан. Мембрананын фосфолипиддери менен байланышып, мембрананы стабилдештирет. Кальций жетпегенде мембрананын өткөргүчтүгү жогорулап, жарылып, бөлүктөргө ажырайт. Бул элемент аммонийдин, марганецтин, темирдин иондорунун жогорку концентрацияларынын ууландыруучу таасирлерин четтетет. Өсүмдүктөрдүн тузга чыдамдуулугун жогорулатып, топурактын кычкылдуулугун төмөндөтөт. Ошондуктан азыктык эритмелерди түзүүдө кальций баланстык ион катарында колдонулат.

Кальций бир катар ферменттерди – дегидрогеназаларды (глутаматдегидрогеназа, малатдегидрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа), амилазаны, фосфатазаларды активдештирет. Бул процесстерде кальций фермент менен субстратты байланыштырат. Кальций клетканын микротүтүкчөлөрүнүн түзүлүшүнө катышып, цитоплазмалык скелеттин, бөлүнүү аппаратынын пайда болушуна таасирин тийгизет.

Кальцийдин жетишсиздигинен биринчи иретте жаш меристемалык ткандар жана тамыр системасы жабыр чегет. Жаңы бөлүнгөн клеткаларда клеткалык кабыкча пайда болбойт. Натыйжада бул элементтин жетишсиздигине мүнөздүү көп ядролуу клеткалар пайда болот. Тамыр түктөрүнүн жана каптал тамырлардын пайда болушу токтолуп, тамырдын өсүшү начарлайт. Кальцийдин жетишсиздигинен пектиндик заттар көөп, клеткалык кабыкча былжырап, клеткалар бузулат. Натыйжада өсүмдүктүн тамырлары, жалбырактары, сабактарынын бөлүктөрү чирип өлөт. Жалбырактардын учтары, четтери адегенде агарып, анан карарып кетет. Жалбырактары бырышып, түтүкчөгө оролушат. Мөмөлөрдө ооруга чалдыккан бөлүктөр пайда болот.

Көпчүлүк топурактарда кальций жетиштүү санда. Чымдуу топурактарда, кычкылдуулук жогорулаганда кальцийдин жетишсиздиги байкалат.

Магний. Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдө магнийдин кармалышы кургак массасынын 0,02–3,1%, балырларда 3,0–3,5% тин түзөт. Ал картошкада, кызылчада, чанактууларда, тамекиде, кыска күндүк өсүмдүктөрдө – жүгөрүдө, таруудa өзгөчө көп кармалат. Магний өсүүдөгү жаш ткандарда,

көбөйүү органдарында жана запастоочу ткандарда көп кармалат.

Өсүмдүктө кыймылдуу, ксилема аркылуу да, флоэма аркылуу да ташылып, экинчи пайдаланууга жөндөмдүү элемент.

Магнийдин башка элементтерден өзгөчөлүгү – ал хлорофиллдин составына кирип, 10–12% тин түзөт. Аны башка элемент алмаштыра албайт.

Магний фотосинтезде электрондун II фотосистемадан I фотосистемага ташылышында керек. НАДФтин калыбына келүү реакциясын активдештирет. Фосфаттык группалардын ташылышын катализдөөчү ферменттердин кофактору. Антекени ал комплекстик кошулмаларды пайда кылууга жөндөмдүү. Кребстин циклинин жана гликолиздин көп ферменттик системалары магний менен активдештирилет. ДНК- жана РНК-полимераза ферменттерин активдештирип, нуклеин кислоталарынын синтезинде катышат.

Калий, марганец, алюминий, кальций иондору магнийдин антогонисттери.

Магний жетишсиздикте жалбырактардын тарамыштарынын жашыл араларында ачык жашыл, сары түстөгү темгилдер жана сызыкчалар пайда болуп, өсүмдүк хлороз оорусу менен ооруйт. Жалбырактын четтери магний жетишсиздикке мүнөздүү сары, кызыл, кочкул кызыл түстө болот. Жалбырактын саргайышы хлоропласттардын бузулушун далилдейт.

Магний жетишсиздиктин белгилери биринчи иретте эски жалбырактарда байкалып, кийин жаш органдарга жана жалбырактарга таралат. Өсүмдүктөрдү узакка жана күчтүү жарыктандыруу магнийдин жетишсиздигинин белгилерин күчөтөт.

Магнийдин жетишсиздиги өсүмдүккө фосфордун жутулуусун начарлатат. Натыйжада өсүмдүктө фосфор кармоочу органикалык кошулмалар азаят. Полисахариддердин, белоктордун синтезделиниши начарлап, клеткаларда моносахариддер, аминокислоталар көбөйөт.

Өсүмдүктөрдө ***кремний*** да кармалат. Бул элемент көп кармалган өсүмдүктөрдүн сабактары катуу, бышык болот. Жылууга туруктуу.

Кремний жетпегенде дан өсүмдүктөрүнүн (арпа, жүгөрү, сулуу) жана эки үлүштүү өсүмдүктөрдүн (бадыран, чанактуулар, тамеки) өсүүсү начарлап, түшүмдүүлүгү төмөндөйт. Клеткалык органоиддердин ультраструктурасы бузулат.

Темир. Өсүмдүктөрдүн 1 кг кургак массасында 20–80 мг же 0,02–0,08% темир кармалат.

Темир жетишсиздикте өсүмдүктөр жалбырактын хлороз оорусу менен оорушат. Өсүмдүктөрдүн азыктык элементтердин жетишсиздигинен оорушу хлороз деп аталат. Башка минералдык элементтер жетпегенде байкалуучу темгилдик хлороздон айырмаланып, темир хлорозунда жалбырактар адегенде тегиз ачык жашыл түстө болуп, кийин саргаят. Саргайган жалбырактардын ткандары өлбөйт. Хлороздун белгилери жаш жалбырактарда байкалат. Бул оору менен көбүнчө капуста, картошка, сулуу жана мөмө-жемиш бактары (алма, алмурут, кара өрүк, дан куурай ж.б.) карбонаттык жана щелочтук топурактарда оорушат. Темир щелочтуу топурактарда фосфор, көмүр, кремний кислоталарынын сууда эрибей турган туздары түрүндө болуп өсүмдүктөр аны пайдалана алышпайт. Кычкылдуу топурактарда темир сууда жакшы эрий турган формада болуп, өсүмдүккө жетиштүү санда жутулат.

Темир жетишсиздиктин негизги жана биринчи белгиси жалбырактардын жашыл пигментинин бузулушу болуп саналат. Хлорофиллдин химиялык составы толук изилденгенге чейин темир бул пигменттин составына кирет деп эсептешкен. Кийин темир хлорофиллдин составына кирбестиги белгилүү болду. Хлороздун себеби темир жетпегенде темир кармоочу ферменттик системалардын бузулушунан өсүмдүктө дем алуунун энергиясынын жетишсиздиги болуп саналат.

Темир Fe – протеиддердин, цитохромдун, цитохромоксидазанын, каталазанын, пероксидазанын, ферредоксиндин составына кирет. Бул ферменттер фотосинтездин жана дем алуунун реакцияларында катышып, өсүмдүктөрдүн биосинтездик функциясында чоң ролду ойнойт.

Цитохромдор, цитохромоксидаза дем алуу чынжырчасында электрондордун аралык ташыгычтарынын ролун аткарып, калыбына келип, кычкылдандыруу процессине катышышат.

Темир бардык фотосинтездөөчү клеткаларда кармалуучу темирдүү белок – ферредоксиндин активдүү борбору болуп, фотосинтездин фотохимиялык реакциясында электрондордун НАДФке ташылышында, хлорофилл-белоктук комплексти пайда кылууда катышат.

Составында темир кармоочу ферменттер каталаза жана пероксидаза суутектин перекисин ажыратышат. Пайда болгон кычкылтек органикалык субстратты кычкылдандырууга жумшалат. Зат алмашуу процесстеринде пайда болуп, клеткаларда топтолгон, организм үчүн уу перекистерди ажыратып зыянсыздандырып, бул ферменттер тирүү организм үчүн чоң роль ойнойт.

5.5.5. Микроэлементтер. Өсүмдүктөрдүн зат алмашуусунда микроэлементтердин мааниси

Жаныбарлардын, өсүмдүктөрдүн жана микроорганизмдердин жашоосунда өтө аз санда керектелүүчү минералдык азыктык элементтер микроэлементтер деп аталат. Алар өсүмдүктөрдө проценттин миңден, жүз миңден бир бөлүгүндөй санда гана кармалат (0,001–0,0001%). Бирок микроэлементтер өтө аз санда кармалгандыгына карабастан өсүмдүктөрдүн тиричилигинде башкы функцияларды аткарып, башка минералдык элементтер менен алмаштырылбайт. Тигил же бул микроэлемент жетпей калганда өсүмдүктөрдө физиологиялык, өсүү жана өөрчүү процесстеринин жүрүшү бузулуп, өсүмдүктөр бир катар оорулар менен оорушат, ооруларга жана зыянкечтерге каршы иммунитеттерин жоготушат.

Микроэлементтердин өсүмдүктөрдүн тиричилигинде мындай чоң мааниси алардын клеткада органикалык кошулмалар менен байланышып активдүү органикалык – минералдык комплекстик кошулмаларды пайда кылышы, көптөгөн биохимиялык процесстерди катализдөөчү ферменттердин составына кирип алардын активдүүлүгүн жогорулатышы менен түшүндүрүлөт. Органикалык комплекстик байланыштагы микроэлементтин активдүүлүгү анын иондук абалындагыга салыштырганда жүз, миң кээде миллион эсе өсөт. Мисалы,

пирролдук шакекчеде кармалган темирдин активдүүлүгү иондук темирдин активдүүлүгүнөн миң эсе күчтүү. Ал эми каталаза ферментинде кармалган темир он миллион эсе активдүү. А.И.Опариндин (1957) изилдөөсү боюнча органикалык заттар менен комплекстик байланышкан 1 мг темирдин активдүүлүгү 10 т таза темирдин катализдик аракетине барабар.

Азыркы кезде металлдар аркылуу активдештирилүүчү 200дөн ашык фермент белгилүү. Металлдардын ферменттерди активдештирүүсү эки жол менен жүрөт: биринчиден, металл ферменттин составына анын ажырагыс бөлүгү болуп кирип, башка элементтер менен алмашылбайт. Мисалы, пероксидаза менен каталазада – темир, аскорбиноксидаза менен полифенолоксидазада – жез, карбоангидраза менен карбоксипептидазада – цинк бул ферменттердин составына ажырагыс болуп кирип, алардын активдүүлүгүн жогорулатат. Экинчиден – металлдар ферменттин составына ажырагыс болуп кирбей эле аларды активдештирет. Мында металлдын белгилүү ферментке таандыгы сакталбайт. Аны башка элементтер алмаштыра алышат. Мисалы, фосфоглюкомутаза ферментин магний да, марганец да, цинк да активдештире алышат.

Катализдик процесстерде ферменттердин ролу химиялык реакцияга кирүүчү молекулаларды дүүлүккөн абалга келтирип, активдештирүү болуп саналат. Реакцияга кирүүчү молекулалардын реакциялык жөндөмдүүлүгүнүн жогорулашы ал молекулалар менен байланышкан металлдын (микроэлементтин) электрондук булутчасынын өзгөрүшү (суюлушу же коюланышы) менен аныкталат. Ошентип, микроэлементтердин физиологиялык процесстердин жүрүшүнө тийгизген таасири алардын физикалык-химиялык касиеттерине, электрондук катмарынын түзүлүшүнө байланыштуу болот.

Ферменттер жана органикалык комплекстик кошулмалар аркылуу көп сандаган биохимиялык жана физиологиялык процесстерге катышып, өсүмдүктөргө микроэлементтердин тийгизген таасири өтө көп жактуу.

Микроэлементтер цитоплазманын физикалык-химиялык касиеттерин өзгөртүп, анын зат алмашуу процесстерине таа-

сир тийгизет. Микроэлементтердин таасири астында клеткада осмостук активдүү заттардын кармалышы көбөйүп, ткандардын суу тутуу жөндөмдүүлүгү артып, өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка, суукка туруктуулугу жогорулайт.

Бул элементтер кычкылданып-калыбына келүү процесстерине, углеводдук, белоктук жана азоттук алмашууларга катышышат. Микроэлементтердин таасири астында жалбырактарда хлорофиллдин кармалышы көбөйүп, фотосинтездин жүрүшү жакшырат.

Азыркы кезде микроэлементтердин физиологиялык-биохимиялык процесстерде катышуу механизмин изилдөө теориялык жана практикалык чоң мааниге ээ.

Ар бир микроэлемент өсүмдүктөрдүн тиричилигинде белгилүү физиологиялык функцияларды аткарып, башка элементтер менен алмаштырылбайт. Бир катар микроэлементтердин физиологиялык маанисине токтолобуз.

Бор. Микроэлементтердин ичинен кеңири изилденгени жана негиздүүлөрүнүн бири бор. Анын өсүмдүктүн 1 кг кургак массасында кармалышы 0,0001% же 0,1 мг. Өсүмдүк аркылуу бор кислотасынын аниону түрүндө жутулат. Өсүмдүктөрдүн органдарынын ичинен репродукциялык (көбөйүү) органдарында баарынан көп кармалат. Бордун жетишсиздигинде бир үлүштүү өсүмдүктөргө караганда эки үлүштүүлөр көбүрөөк жабыркайт.

Бор – өсүмдүктүн жашоосунун бардык этаптарында керектүү элемент. Ал кайра кайталанып пайдаланылбайт. Бор жетишсиздикте биринчи иретте өсүмдүктүн өсүү точкалары карайып өлөт.

Бор жетпеген өсүмдүктөрдө меристеманын клеткаларынын бөлүнүшү токтолот. Өткөрүүчү түтүктөрдүн (флоэманын, ксилеманын) структуралары бузулуп, алар аркылуу заттардын, өзгөчө канттардын, өсүү точкасына, запастоочу жана көбөйүү органдарга ташылышы начарлайт. Натыйжада көбөйүү органдардын өөрчүшү начарлап, мөмөлөр, уруктар аз байлайт же такыр пайда болбойт. Жалбырактын клеткаларында фотосинтездин продуктулары – кант, крахмал жыйылып фотосинтездин андан ары жүрүшүнө тоскоолдук кылат.

Бор жетпегенде, биринчи иретте, өсүп жаткан жаш органдар жабыр чегип, ооруга чалдыгат. Ал эми картайган органдарда жетиштүү санда кармалып, ооруганы байкалбайт. Бул өсүмдүк аркылуу сиңирилген бор клетканын компоненттери менен туруктуу байланышып, кыймылсыз абалга өтүп, кийинки пайда болгон жаш органдар аркылуу экинчи пайдаланылбай тургандыгын далилдейт.

Бордун жетишсиздиги глюкозанын фосфордук эфиринин, АТФдин синтезделишине, фенолдук алмашууга тескери таасир тийгизет. Макроэнергиялык байланыштуу кошулмалардын (АТФ) синтезинин бузулушу энергияны талап кылуу менен жүрүүчү процесстердин, мисалы, белоктордун, углеводдордун, нуклеин кислоталарынын синтезинин жүрүшүн токтотот. Окумуштуулардын жүргүзгөн изилдөөлөрү боюнча бор жетпеген эки үлүштүү өсүмдүктөрдүн клеткаларында фенолдор көп жыйналат. Анын натыйжасында белоктордун, нуклеин кислоталарынын синтезделиниши бузулуп, клеткаларда өсүү точкаларын өлтүрүүчү уу заттар пайда болот.

Ушул кезге чейин составына бор кирген же ал активдештирген бир да фермент табыла элек. Химиялык реакцияларда бор субстрат менен комплексте байланышып, анын активдүүлүгүн жогорулатат. Бор түрдүү органикалык заттар, алардын ичинде белоктор, углеводдор, фенолдор, органикалык кислоталар, витаминдер коэнзимдер ж.б. менен реакциялык активдүү комплекстик кошулмаларды пайда кылат. Бордун углеводдук алмашууга, канттардын синтезделишине, ассимиляттардын өсүмдүктүн ткандарына жана органдарына тарап жылышына ж.б. көп зат алмашуу процесстеринин жүрүшүнө тийгизген күчтүү таасири бул элементтин активдүү комплекстерди пайда кылуу жөндөмдүүлүгү менен түшүндүрүлөт.

Цинк өсүмдүктөрдүн азыктанышы үчүн керектүү элементтердин бири. Өсүмдүктөрдүн 1 кг кургак массасында 15–60 мг цинк кармалат. Бул элементтин көбүрөөк концентрациясы жалбырактарда, көбөйүү органдарында, өсүү точкаларында жана уруктарда байкалган. Өсүмдүккө Zn^{2+} катиону түрүндө жутулат.

Өсүүнүн токтошу, майда жалбырактардын пайда болушу, муун аралыктарынын өсүүсүнүн токтошунан жалбырактардын чокмороктошуп бир орунга топтолушу, жалбырактардын агарышы, майда, формасы бузулган мөмөлөрдүн пайда болушу ***цинк жетпеген*** өсүмдүктөрдүн мүнөздүү белгиси болуп саналат.

Цинктин жетишсиздигинен өзгөчө цитрустук өсүмдүктөр жана мөмө-жемиш дарактары көп жапа чегишет. Цитрустук өсүмдүктөрдө цинк жетишпегенде жогорудагы жазылган белгилерден башка дагы жалбырактардын сары темгилдүүлүгү байкалат. Цинктин жетишсиздигинен жапа чеккен өсүмдүктөргө цинк кармаган туздарды чачканда же топуракка бергенде цинк жетишсиздиктин белгилери жоголот. Цинк жетишпеген өсүмдүктөрдө фосфордук алмашуу бузулуп, фосфор тамырда жыйналып, анын жер үстүндөгү органдарга ташылышы, органикалык формадагы фосфорго айланышы токтоп, нуклеотиддерде, липиддерде жана нуклеин кислоталарында кармалган фосфордун саны азаят. Бул өсүмдүктөрдү цинк менен камсыз кылганда бул бузулуулар калыбына келет. Өсүмдүктө цинк аз кармалганда сахарозанын, крахмалдын саны азайып, органикалык кислоталар, азоттун белоктук эмес кошулмалары – амиддер жана аминокислоталар көбөйөт. Клеткалардын бөлүнүшүнүн ылдамдыгы 2–3 эсе төмөндөйт. Натыйжада клеткалардын чоюлуп өсүшү, ткандардын адистештирилиши бузулуп, жалбырактардын формалары, өлчөмү өзгөрөт.

Тирүү организмдерде цинктин физиологиялык ролу анын бир катар ферменттердин составына кирип, көп ферменттерди активдештирип, кычкылданып-калыбына келтирүү реакцияларына катышуусу менен байланышкан. Цинк карбоангидраза, карбоксипептидаза ж.б. ферменттеринин составына кирет. Карбоангидраза көмүр кислотасынын ажыроо реакциясын катализдейт: $H_2CO_3 \rightarrow H_2O+CO_2$

Ажыроодо пайда болгон CO_2 фотосинтезде пайдаланууга жарайт.

Цинк гликолиздин ферменттерин – гексокиназаны, энолазаны, триозофосфатдегидрогеназаны, альдолазаны активдештирет.

Жогоруда көрсөткөндөй, цинктин жетишсиздигинин мүнөздүү белгиси – өсүүнүн токтолушу. Башка элементтерден айырмаланып, цинк ауксиндин синтезинде катышат. Ауксин (индолилуксус кислотасы) триптофан аминокислотасынан пайда болот. Триптофан цинк активдештирүүчү триптофан – синтетаза ферментинин жардамы менен синтезделинет. Цинк жетпегенде ауксиндин кармалышы кескин төмөндөйт.

Жез. Өсүмдүктө кармалышы 0,0002% же 1 кг кургак массада 2 мг. Өсүмдүккө Cu^{2+} формасында жутулат. Бул элементке өсүмдүктүн өсүп жаткан органдары жана уруктары бай.

Жездин жетишсиздиги өзгөчө чымдуу саздак топурактарда байкалат. Жез жетпегенде хлорофиллдин бузулушунан жалбырактар саргаят (хлороз), жалбырактардын учтары агарат, өсүү точкалары өлүп, каптал бутактары күчтүү өсөт. Дан өсүмдүктөрү дан байлабайт.

Жез жетпеген мөмө-жемиш бактарынын – алманын, алмуруттун, кара өрүктүн, шабдалынын жана цитрус өсүмдүктөрүнүн сабактарынын учу кургап, өлүп жаш каптал бутактарынын саны көбөйөт, жогорку жалбырактарында темгилдүү хлороз пайда болот.

Бул микроэлемент хлорофиллдин синтезделишине, фотосинтезге, дем алууга, суу алмашууга, өсүмдүктүн өсүүсүнө жана туруктуулугуна таасирин тийгизет. Зат алмашуу процесстеринде катышуусу анын физикалык-химиялык касиеттери менен аныкталат: 1) жездин иондору белоктор, аминокислоталар ж.б. заттар менен туруктуу комплекстик кошулмаларды пайда кылат; 2) жез өзгөрүлмөлүү валенттүү болгондуктан ал электрондордун донору да акцептору да боло алат.

Жездин физиологиялык мааниси анын кычкылданып-калыбына келүүчү процесстерге катышуусу, жез кармоочу белоктордун жана ферменттердин составына кириши менен байланышкан. Ал аскорбин кислотасынын, дифенолдордун кычкылдануусун катализдөөчү ферменттер – аскорбиноксидазанын, полифенолоксидазанын, ортодифенолоксидазанын

жана тирозиназанын составына кирет. Биринчи жана экинчи фотосистемалардын (ФС I, ФС II) арасында электрон ташыгыч пластоцианиндин жана дем алуу чынжырчасындагы цитохромоксидазанын составына кирип, жез фотосинтез жана дем алуу процесстерине катышат.

Азоттук алмашууга, молекулалык азотту сиңирүүгө катышуучу нитратредуктаза ж.б. бир катар ферменттердин составына кирет.

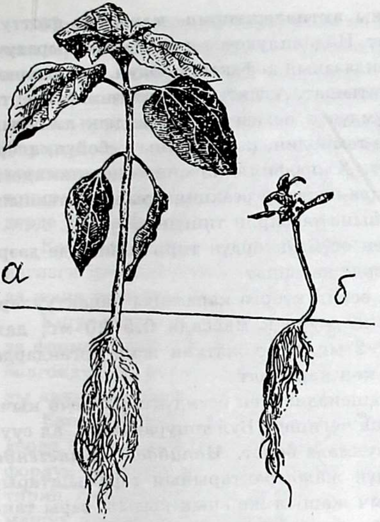
Жез кармоочу фермент полифенолоксидаза ауксиндин активдүүлүгүн төмөндөтөт. Натыйжада бул микроэлемент өсүмдүктү ауксиндин жогорку концентрациясынын зыяндуу таасиринен сактайт.

Ошентип, өсүмдүктөрдүн тиричилигинде жездин физиологиялык мааниси ар кырдуу.

Марганец да башка микроэлементтер сыяктуу алмаштырылгыс, өсүмдүктөр үчүн керектүү азыктык элемент. Анын өсүмдүктөрдө орточо кармалышы 0,001% же 1 кг кургак массада 1 мг түзөт. Клеткага Mn^{2+} формасында жутулуп, жалбырактарда көбүрөөк кармалат.

Өсүмдүктөргө ***марганецтин жетишсиздигинин*** негизги белгиси жалбырактарда майда хлороздук темгилдердин пайда болушу болуп саналат. Жалбырактын тарамыштарынын араларында майда сары тактар пайда болуп, кийин ал тактардын ордундагы ткандар өлөт, өсүү токтолот (55-сүрөт). Марганец жетпегенде сулуу «боз так» оорусу менен ооруйт. Бул ооруда жалбыракта майда боз тактар пайда болуп, алар бирибирине кошулуп узун сызыкчага айланып, жалбырак буурул түскө келип өлөт. Башка дан өсүмдүктөрү, кант кызылчасы жана буурчак да марганец жетпегенде ушундай «дат» оорусу менен оорушат. Марганецтик жер семирткичтерди бергенде оорунун белгилери жоголот. Марганецтин жетишсиздигинен өсүмдүктөр көбүнчө нейтралдык жана щелочтук топурактарда оорушат. Анткени бул топурактарда ал сууда эрибей турган формада болот.

Марганец организмдин бардык негизги процесстери жана функциялары менен байланышкан. Анын фотосинтезге, дем алууга, хлорофиллдин синтезине, азоттук, ауксиндик жана



55-сүрөт. Марганец жетиштүү (а) жана марганец жетишсиз (б) өскөн күн карама.

темирдик алмашууга жана өсүү процесстеринде катыша тургандыгы далилденген.

Марганецтин физиологиялык ролу анын ферменттик процесстерге катышуусу менен аныкталат. Бул микроэлементтин ферменттердин составына кириши азыркыга чейин белгисиз. Бирок, ал кычкылданып-калыбына келтирүүчү процесстерди, декарбоксилдөөнү, гидролизди, группалардын ташылышын катализдөөчү көп ферменттерди активдештирет.

Марганецтин иондору фотосинтезде суунун молекуласынын ажырап, кычкылтек бөлүнүп чыгышына жана көмүр кычкыл газынын калыбына келишине катышат. Ал канттын көп пайда болушуна жана анын жалбырактан агып кетишине шарт түзөт. Дем алуудагы Кребстин циклиндеги эки дегидрогеназа ферменттери – малатдегидрогеназа жана изоцитратдегидрогеназа марганецтин иондору менен активдештирилет.

Нитратредуктазаны активдештирип, марганец азоттук алмашууда да катышат. Индолилуксус кислотасын ажыратуучу фермент ауксиноксидазанын кофактору болуп, бул элемент өсүү процесстеринде катышат. Азыктык эритмеге марганецти кошпой койгондо өсүмдүктө негизги минералдык азыктык элементтердин, өзгөчө темирдин, кармалышы көбөйүп, алардын катышы бузулат. Хлорофиллдин синтезделишиндеги кычкылданып, калыбына-келтирүү реакцияларында катышып, пигменттин кармалышына таасирин тийгизет.

Ошентип, марганец өсүмдүктөрдүн тиричилигинде дээрлик бардык процесстерде катышат.

Молибден. Башка өсүмдүктөргө караганда чанактуууларда көп кармалат, 1 кг кургак массада 0,5–20 мг; дан өсүмдүктөрүндө – 0,2–2 мг. Өсүп жаткан жаш органдарда жана жалбырактарда көп кармалат.

Молибдендин жетишсиздигинен өсүмдүктөр өзгөчө кычкыл топурактарда жапа чегишет. Бул топурактарда ал сууда эрибей турган кошулмада болот. ***Молибден жетпегенде*** көпчүлүк өсүмдүктөрдүн жалбырактарынын тарамыштарынын араларында саргыч жашыл же ачык кызыл, сары тактар пайда болот. Жалбырактарда темгил пайда болуу менен бирге молибден жетпеген капустанын жалбырактары соолуй баштайт. Ал эми картошка менен томаттын жалбырактары кайрылып оролуп калат. Гүлдүү капустанын жалбырактары ичкерип, жипче формага айланат.

Бул микроэлемент нитратредуктазанын составына кирип, нитраттардын калыбына келишинде катышат. Чанактуу өсүмдүктөрдүн тамырларындагы атмосфералык азотту сиңирүүчү түймөкчө бактериялардын нитрогеназа ферментинин активдүү борбору.

Молибден жокто ткандарда көп сандагы нитраттар жыйналып, чанактуулардын тамырында түймөкчөлөр пайда болбойт, өсүмдүктердүн өсүүсү токтоп, жалбырактардын формасы өзгөрөт.

Нитраттар нитриттерге чейин калыбына келгенде электрондор молибдендин атому аркылуу ташылат; электрондордун донору НАДН же НАДФН болот.

Молибден аминдештирүү жана кайра аминдештирүү реакцияларын активдештирип, аминокислоталардын жана белоктордун алмашуусунда катышат.

Кобальттын өсүмдүктөрдө орточо кармалышы 0,0002% же 1 кг кургак массада 0,2 мг. Өсүмдүктөрдө кобальт иондук формада жана порфириндик кошулма – витамин B_{12} түрүндө кездешет. Витамин B_{12} өсүмдүктөрдө синтезделинбейт. Аны топурактан алышат. Ал топуракта жашаган микроорганизмдерде пайда болот.

Кобальтка чанактуу өсүмдүктөр жана кызылча бай. Анын негизги массасы өсүмдүктүн жалбырактарында, сабактарында жана тамырында топтолот.

Ушул убакытка чейин составында кобальт кармаган бир да фермент белгилүү боло элек. Өзгөрүлмө валенттүү металл болгондуктан кычкылданып-калыбына келүүчү реакцияларды активдештирет.

Башка металлдар менен бирдикте кобальт карбоксилдөөдө, декарбоксилдөөдө катышат. Пептиддердин жана фосфордук эфирлердин гидролиздик реакцияларын активдештирип, белок синтездөө, дем алуу, азоттук жана энергия алмашуу процесстерине катышат.

Чанактуу өсүмдүктөрдө кобальт жетишсиздиктин белгилери азот жетишсиздиктин белгилерине окшош. Бул микроэлементтин негизги физиологиялык ролу анын молекулалык азотту сиңирүүгө катышуусу менен аныкталат.

5.6. Минералдык заттардын өсүмдүккө жутулуп кириши.

5.6.1. Минералдык заттардын клетканын кабыкчасы аркылуу жутулушу

Топурактык эритмеде минералдык азыктык заттар өсүмдүктөрдү толук канааттандырбай турган аз санда кармалат. Алардын басымдуу бөлүгү топуракта коллоиддик бөлүкчөлөр жана органикалык заттар менен байланышкан абалда болот. Ошондуктан өсүмдүктөрдүн топурак аркылуу азыктануусунда алардын тамырынын азыктык элементтерди жутуп алуу жөндөмдүүлүгү чоң ролду ойнойт.

Өсүмдүктөрдүн тамыр системасы топурактан сууну жана минералдык азыктык заттарды жутуп алат. Бул эки процесс өз ара байланыштуу. Бирок, алардын жутулуу механизмдери ар башка.

Тамырдын түкчөлөрү топурактын бөлүкчөлөрүнө тыгыз жайланышып, топурак эритмесинен жана топурактык жутуучу комплекстен минералдык заттарды тартып алып жутушат (21-сүрөт).

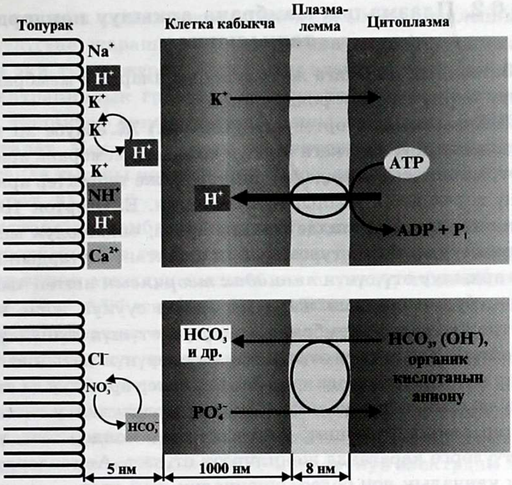
Тамырдын түкчөлөрүнө жутулуп кирген минералдык заттар тамырдын ткандары аркылуу ташылып, ксилеманын трахеиддерине жана түтүкчөлөрүнө келип түшөт (21-сүрөт). Андан кийин тамырдык басымдын жана транспирациянын тартуу күчүнүн жардамы аркылуу суу менен кошо ксилеманын түтүкчөлөрү боюнча жогору карай өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарына көтөрүлөт. Ксилемалык соктогу минералдык азыктык элементтерди жер үстүндөгү органдардын ткандары жана клеткалары жутуп алып, аларды зат алмашуу процесстерине пайдаланышат.

Өсүмдүктөрдүн ар түрдүү органдарында минералдык элементтер бирдей санда топтолбойт. Клеткада кармалган көпчүлүк минералдык заттардын саны алардын тышкы чөйрөдөгү концентрациясы менен туура келбейт. Мисалы, актиниянын клеткаларында азот менен калий тышкы чөйрөгө караганда ондогон эсе көп кармалат. Бул клеткалар тышкы чөйрөдөн заттарды концентрациянын градиентине каршы жутуп алууга гана жөндөмдүү болбостон, заттарды тандап жыйноого да жөндөмдүү экендигин далилдейт.

Минералдык заттардын топурактан жутулуп алынышында жана алардын ткандар аркылуу ташылышында клеткалык кабыкча катышат (56-сүрөт).

Клеткага заттардын жутулушу тез жана жай эки фазада жүрөт. Жутулуунун баштапкы фазасында заттар клеткалык кабыкчага адсорбциялык алмашуунун жардамы менен тез жутулат. Жутулуунун экинчи фазасы плазмалык мембрана аркылуу жүрүп, жай өтөт.

Тамырдын клеткалары менен топурактын бөлүкчөлөрү бири-бирине өтө тыгыз жайланышкандыктан заттар клетка-



56-сүрөт. Топурактын бөлүкчөлөрү менен тамырдын клеткаларынын ортосунда иондордун алмашышы.

лык кабыкчага адсорбцияланып жутулганда тамырдын клеткасы менен топурактын жутуучу комплексинин ортосунда иондорду алмашуу жүрөт. Клеткалардын зат алмашуу процесстеринин натыйжасында пайда болуп бөлүнүп чыккан H^+ иондору жана CO_3^{2-}, органикалык кислоталардын аниондору топурактын катиондору жана аниондору менен алмашылат. Мисалы, H^+ иондору тышкы чөйрөдөгү натрийдин, кальцийдин, аммонийдин катиондору менен, ал эми органикалык кислоталардын аниондору чөйрөдөгү фосфор, азот, туз кислоталарынын аниондору менен алмашылат (56-сүрөт).

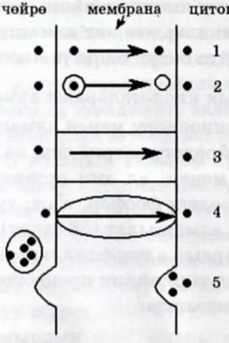
Клеткалык кабыкчага заттардын адсорбцияланып жутулушу тамырдын клеткаларынын тиричилик процесстеринин активдүүлүгү менен тыгыз байланышта.

5.6.2. Плазмалык мембрана аркылуу иондордун ташылышы

Заттардын клеткага жутулушунда алардын мембрана аркылуу өтүшү негизги ролду ойнойт.

XIX кылымдын ортосунда (1867-ж.) Ж.Траубе ар түрдүү заттардын тирүү клеткага өтүшүн изилдеп, мембрана аркылуу өтүүчү заттар же липидде эриши керек, же тешиктер аркылуу өтүшү керек деген жыйынтыкка келген. Е. Овертон 1895-ж. заттар канчалык липидде жакшы эрисе, ошончолук мембрана аркылуу оңой өтө тургандыгын аныктап, заттардын мембрана аркылуу өтүүсүнүн ***липиддик теориясын*** иштеп чыккан. Бирок, бул теориянын жардамы менен суунун жана күчтүү электролиттердин мембрана аркылуу өтүшүн түшүндүрүүгө болбойт. Р.Колландер өзүнүн изилдөөлөрүнүн натыйжасында заттар клеткага липидде эрип да, тешиктер аркылуу да өтүшөт деген жыйынтыкка келген. Төмөнкү молекулалуу заттар тешиктер аркылуу өтүшөт. Бир валенттүү иондор эки, үч валенттүүлөргө караганда жеңилирээк өтүшөт. Аниондордун заряды канчалык чоң болсо, ошончолук жай өтөт.

Азыркы кезде иондордун жана ар түрдүү кошулмалардын клеткалык мембрана аркылуу ташылышынын бир нече жолу белгилүү (57-сүрөт):



1. Липидде эриген заттардын диффузия жолу менен өтүшү.
2. Ташыгыч белоктун жардамы менен өтүү.
3. Мембранадагы тешиктер аркылуу.
4. Мембранадагы активдүү ташыгычтардын (насостун) жардамы менен ташылуу.
5. Эндоцитоз, экзоцитоз жолу менен өтүү.

57-сүрөт. Заттардын мембрана аркылуу ташылышы.

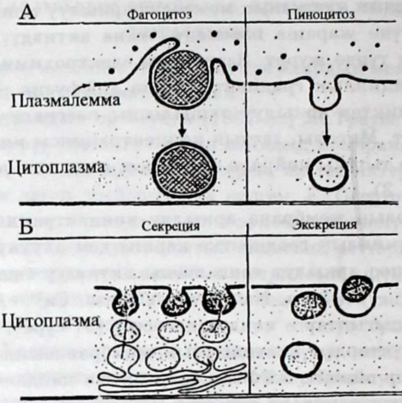
Заттардын клеткалык мембрана аркылуу ташылышы активдүүлүгүнө жараша пассивдүү жана активдүү ташылыш болуп эки түрдө жүрөт. Заттардын электрохимиялык жана концентрациялык градиент боюнча диффузия жолу менен жана тешиктер аркылуу ташылышы пассивдүү ташылыш деп аталат. Мисалы, заттын концентрациясы клеткадагыга караганда тышкы чөйрөдө чоң болсо, анда ал клеткага өтөт (57-сүрөт, 3).

Заттардын мембрана аркылуу концентрациялык жана электрохимиялык градиентке каршы дем алуунун энергиясын жумшоо аркылуу ташылышы активдүү ташылыш деп аталат. H^+ – АТФаза, Na^+, K^+ – АТФаза, Ca^{2+} –АТФаза активдүү ташыгычтар – иондук насостор (57-сүрөт, 4).

Өсүмдүктөрдүн клеткасынын мембранасында H^+ насос өзгөчө роль ойнойт. АТФтин энергиясын пайдалануу менен биологиялык мембрана аркылуу H^+ иондорунун ташылышы H^+ – насос же протондук помпа деп аталат. H^+ – насос активдештирилгенде мембрананын H^+ иондорунун электрдик жана химиялык потенциалдары өсөт. Электрдик потенциал катиондордун (K^+, Mg^{2+}, Mn^{2+}, Ca^{2+} ж.б.), протондук потенциал аниондордун, канттын, аминокислоталардын жутулушунун энергетикалык негизи болот.

Заттардын мембрана аркылуу активдүү ташылышы мембранадагы атайын ташыгыч белоктордун жардамы менен да ишке ашырылат. Ташуучу белок ташылуучу зат менен убактылуу кошулманы пайда кылып, мембрана аркылуу цитоплазмага же тышкы чөйрөгө өткөргөндөн кийин андан бошонуп, өзү мембранада калат (57-сүрөт, 2). Мембрананын ташыгычтары туш келген заттар менен байланышып, өткөрө беришпейт. Алар заттарды тандап өткөрүшөт. Заттардын мембрана аркылуу активдүү ташылышынын бул жолу Остергаут сунуш кылган «ташыгычтар теориясынын» негизин түзөт.

Клеткага заттардын жутулушунун дагы бир жолу пиноцитоз жана эндоцитоз. Жутулуунун бул жолунда жутулуучу зат клеткалык мембрана менен курчалып алынып, цито-



58-сүрөт. Плазмалык мембрананын клеткага заттардын киришине жана чыгарылышына катышуусу. А-эндоцитоз; Б-экзоцитоз.

плазмага өткөрүлөт. Мындай жол менен клеткага жогорку молекулалуу кошулмалар (белоктор, углеводдор, полисахариддер, ферменттер ж.б.) жутулат (57-сүрөт, 5; 58-сүрөт).

5.6.3. Тамыр аркылуу заттардын жутулушунун башка процесстер (фотосинтез, дем алуу, суу алмашуу ж.б.) жана тышкы чөйрөнүн факторлору менен байланышы

Жогоруда айтылгандай, минералдык азыктык заттар топуракта анын коллоиддик жана органикалык бөлүкчөлөрү менен байланышта болуп, өсүмдүккө оңой менен жутулбайт. Алардын өсүмдүккө оңой жутула турган абалга өтүп, өсүмдүк аркылуу сиңиришинде топуракка тамырдан бөлүнүп чыккан заттар жана топурактын кычкылдуулугу чоң ролду ойнойт.

Өсүмдүктөрдүн тамырынан бөлүнүп чыккан заттар топурактын иондук составын жана кычкылдуулугун төмөнкүчө өзгөртөт: биринчиден, дем алууда пайда болгон HCO_3^- бөлүнүп

чыгып, топурактан жутулган аниондорду (NO_3^-) толуктайт, фосфордун эригич формасын көбөйтөт; экинчиден, бөлүнүп чыккан H^+ иондор топурактын алмашуу процесстерине активдүү катышат; үчүнчүдөн, бөлүнүп чыккан органикалык эмес заттар (калий, фосфор кислотасы) топурактын эритмесинин кычкылдуулугун өзгөртөт; төртүнчүдөн, бөлүнүп чыккан органикалык заттар (мисалы, органикалык кислоталар) чөйрөнүн кычкылдуулугун өзгөртөт, ризосферадагы микроорганизмдерге азык болот; бешинчиден, аниондордун жана катиондордун ар түрдүү ылдамдыкта жутулушуна байланыштуу топурактагы иондордун катышы өзгөрөт. Мисалы, нитраттар көп жутулганда топурактын pH щелочтук жакка оойт, аммонийдин жутулушу, тескерисинче, топуракты кычкылдантат.

Топурактын кычкылдуулугу азыктык заттардын өсүмдүккө жетиштүүлүгүнө чоң таасир тийгизет. Мисалы, топуракта жутулган кальцийдин катиондорунун бир бөлүгүн эле суутектин иондору менен алмаштыруу алюминийдин, темирдин ж.б. оор металлдардын өсүмдүк үчүн уулуулугун кескин жогорулатат. Кычкылдуу чөйрөдө фосфаттар сууда жакшы эриген формага айланып, алардын өсүмдүккө жутулуусу жогорулайт. Щелочтук чөйрөдө кальцийдин, темирдин, магнийдин, марганецтин, жездин, цинктин туздарынын сууда эригичтиги кескин төмөндөйт, өсүмдүккө жутулуусу начарлайт.

Чөйрөнүн кычкылдуулугу клетканын протоплазмасынын касиеттерин өзгөртөт. Мисалы, топурактын эритмесинин pH нын өзгөрүүсү протоплазманын коллоиддеринин гидратациялык процесстерин, клеткаларга, клетка кабыкчасына, цитоплазмага, клеткалык ширеге иондордун адсорбциясын жана десорбциясын өзгөртөт.

Суутектин иондорунун концентрациясы клетканын протоплазмасынын составындагы амфотердик кошулмалардын иондорго ажырашын мүнөздөйт. Суутектин иондорунун концентрациясы жогору болгон кычкылдуу чөйрөдө амфотердик кошулмалар (белок) негиздик касиетке ээ болуп, аниондор менен аракеттенишет. Ал эми щелочтук чөйрөдө алар кислоталык касиетке ээ болуп, катиондор менен байланышышат.

Өсүмдүктөрдүн тамыры чөйрөгө көп органикалык заттарды (органикалык кислоталар, канттар, витаминдер, ферменттер ж.б.) бөлүп чыгарат. Жүгөрүнүн төрт жумалык өсүмдүгүнүн тамырына келип түшкөн фотосинтездин продуктуларынын 7% чөйрөгө бөлүнүп чыгарылат. Тамырдан бөлүнүп чыккан заттар топурактагы ион алмашуу процесстерине катышат жана тамырдын тегерегиндеги микроорганизмдер үчүн азык болот. Микроорганизмдер топурактын минералдык элементтеринин айланышына катышып, ар түрдүү кислоталарды (май, сүт ж.б.) иштеп чыгарып, топурактын минералдык составына жана кычкылдуулугуна таасирин тийгизишет.

Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусуна фотосинтез тамырдан бөлүнүп чыккан заттардын булагы катары түз катышат жана тамырдын өсүүсү, зат алмашуусу үчүн керектүү продуктулардын булагы болуп кыйыр катышат. Фотосинтездин продуктусу болгон углеводдор тамырда жетиштүү санда болгондо гана аммонийдин топурактан өсүмдүккө жутулушу активдүү жүрөт. Фотосинтездин продуктулары топурактан өсүмдүккө жутулган минералдык элементтин акцептору.

Топуракта суунун кармалышы – тамырдын өсүүсүнө жана минералдык элементтердин өсүмдүккө жутулушуна таасир тийгизүүчү башкы факторлордун бири. Суу менен начар камсыз болгондо өсүмдүктөрдүн тамырлары, суу издеп, топуракка терең өсөт. Суу жана минералдык заттар жетиштүү шарттарда өсүмдүктөрдүн тамырлары анча терең кетпей жайыраак өсүп, анын өсүүсүнө жумшала турган органикалык заттар түшүмдүн топтолушуна жумшалат. Топурактан жутулган заттардын өсүмдүктөрдүн жер үстүндөгү органдарына жогору ташылуусунда транспирациянын соруу күчү катышат.

Минералдык азыктык элементтердин өсүмдүккө жутулуусунда дем алуунун чоң мааниси бар:

1) дем алуу заттардын жутулушу, сиңирилиши жана өсүмдүк боюнча жылышы үчүн керектүү энергияны берет. Бул процесстер үчүн көп энергия жумшалат. Заттардын диф-

фузиялык кыймылы үчүн мембрана аркылуу активдүү ташылышы үчүн, тышкы чөйрө менен протоплазманын, протоплазма менен клеткалык ширенин ортосундагы энергетикалык тоскоолдуктарды басып өтүү үчүн энергия талап кылынат;

2) дем алуу өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусунда тамыр менен топурактын ортосундагы адсорбциялык ион алмашууга керектүү H^+, CO_3^- иондорунун жана органикалык кислоталардын аниондорунун булагы болуп саналат.

Заттардын жутулушу жана өсүмдүктө жылышы температура менен да байланыштуу. Температура тамырдын жана минералдык элементтерди талап кылуучу органдардын өсүүсүнө, фотосинтезге, дем алууга ж.б. процесстерге тийгизген таасири аркылуу кыйыр жана түз таасир тийгизет.

Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусу жогоруда карап өткөн факторлордон башка чөйрөдөгү азыктык заттардын концентрациясы, иондордун өз ара байланыштары, өсүмдүктүн жалпы физиологиялык абалы жана тукум куучулук өзгөчөлүктөрү менен да байланыштуу.

5.6.4. Өсүмдүктүн тамыры – минералдык элементтерди жутуп алуучу жана татаал органикалык заттарды кайра синтездөөчү орган. Тамырдын өсүмдүктүн тиричилигиндеги мааниси

Пассивдүү жана активдүү жолдор менен тамыр түкчөсүнө жутулган иондор тамырдын паренхимасы аркылуу өткөрүүчү боого карай жылат. Иондордун бул жылышы радиалдык ташылыш деп аталат. Радиалдык ташылышта иондор клеткалык кабыкча аркылуу да, цитоплазма аркылуу да жылышат. Клеткалык кабыкчалар аркылуу жылышы ***апопласттык*** жылыш, цитоплазма аркылуу жылышы с***импласттык*** жылыш деп аталат.

Апопласттык жылыш концентрациянын градиенти боюнча суунун жардамы менен диффузиялык жана ион алмашуу жолу менен клеткалардын кабыкчасы аркылуу жүрөт.

Симпласттык жылыш цитоплазманын кыймылы, эндоплазмалык торчонун каналдары жана плазмодесмалар аркылуу ишке ашырылат. Мында да заттар концентрациянын градиенти боюнча жылышат. Анткени клеткага кирген заттар тез эле зат алмашуу процессине кирип, алардын клеткадагы концентрациясы төмөндөйт. Эндодермада заттар симпласттык жол менен гана ташылат.

Көпчүлүк иондор симпласттык жол менен гана ташылып, азот, фосфор, көмүртек, күкүрт, кальций, хлор зат алмашууга активдүү киришет. Башка иондор метаболизмге анча кирішпейт. Симпласттык жылууда вакуолдор өзгөчө орунду ээлейт. Алар заттардын өткөрүүчү түтүктөргө өтүшүн жөнгө салып турат. Иондордун вакуолго жутулушу алардын симпластагы концентрациясын төмөндөтөт. Натыйжада иондордун симпласт боюнча ташылышы үчүн концентрациялык градиент түзүлөт.

Тамырдын клеткалары аркылуу жылып түтүктөргө келип жеткен минералдык элементтер суу менен кошо транспирациянын жана тамырдык басымдын жардамы менен ксилема ж.б. өсүмдүктүн бөлүктөрү боюнча ташылат.

Тамырдын клеткаларына келип түшкөн элементтердин айланыштарынын эки түрү бар: метаболиттик жана метаболиттик эмес айлануу. Метаболиттик айланууда кабыл алынган элементтер протоплазманын структуралык элементтерин синтездөөгө катышат. Метаболиттик эмес айланууда жутулган минералдык элементтер сууда эрүүчү төмөнкү түзүлүштөгү кошулмаларды синтездөөгө пайдаланылат же эч кошулма пайда кылбастан ион түрүндө өткөрүүчү системага ташылат.

Өсүмдүктөрдүн тамыры, биринчи иретте, топурактан сууну жана минералдык заттарды жутуп алуучу органы. Экинчиден, тамырда өсүмдүккө жутулган иондордун бөлүгү же бардыгы кайра иштетилип (калыбына келтирилип, органикалык кошулмаларга кирип) ташылуучу формага айланат. Үчүнчүдөн, тамырда өсмдүктүн өсүшү жана өөрчүшү үчүн керектүү физиологиялык активдүү фитогормондор – цитокинин жана гиббереллин синтезделинет. Акырында, тамыр

минералдык элементтердин жутулушун жана ташылышын энергия менен камсыз кылат.

Тамырдын зат алмашуусунда жер үстүндөгү жалбырактарда (өзгөчө өсүүсү токтогон) синтезделген органикалык заттар жана топурактан жутулган минералдык элементтер катышышат. Органикалык заттар сахароза жана аз санда аминокислоталар түрүндө ташылып келип, алардан бардык органикалык заттар синтезделинет. Сахарозанын айлануулары инвертаза ферментинин катышуусу менен жүрөт. Ал фермент өткөрүүчү түтүктөрдө кармалбагандыктан ташылуу учурунда сахарозанын айлануулары жүрбөйт.

Тамырда сахарозанын айлануууларынан пайда болгон кошулмалар клеткалык кабыкчанын пайда болушуна, АТФ формасындагы энергияны берүүчү дем алууга, Кребстин циклинде органикалык кислоталарды пайда кылууга, запастык зат катарында жыйнала турган крахмалды синтездөөгө, катиондордун ташылышына жумшалат жана тамырдан чөйрөгө бөлүнүп чыгарылат.

Тамырдагы органикалык кислоталардын басымдуу бөлүгү аммиак менен кошулуп, аминокислоталарды пайда кылышат. Аминокислоталар жана амиддер азоттун жер үстүндөгү органдарга ташылуучу формасы болуп саналат. Алардан тамырдын белоктору, нуклеотиддер, нуклеин кислоталары ж.б. азот кармоочу кошулмалар синтезделинет.

Аминокислоталардын максималдуу синтези тамырдын тамыр түкчөлөрү бар бөлүгүндө жүрөт. Минималдык саны меристемада кармалат.

Тамырда витаминдер, алкалоиддер, фитогормондор синтезделинет. Алар тамырдын жана өсүмдүктүн жер үстүндөгү органдарынын зат алмашуусуна, заттардын жутулушуна, жаңы структуралык элементтердин түзүлүшүнө катышат.

Кыйыштыруу методун колдонуу менен жүргүзүлгөн изилдөөлөрдө тамырда кээ бир алкалоиддер жана каучук синтезделине тургандыгы көрсөтүлүп, тамырдын азыктык заттарды топурактан жутуп алуу функциясынан башка да заттарды кайра синтездөөгө жөндөмдүүлүгү далилденген.

А.А.Шмуктун жана Г.С.Ильиндин жүргүзгөн изилдөөлөрүндө алкалоид кармаган өсүмдүктөрдүн (тамекинин, меңдубананын) калемчелерин алкалоид кармабаган өсүмдүктөрдүн (томат, ит жүзүм) тамырына кыйыштырганда, жер үстүндөгү органдарынын жакшы өөрчүгөндүгүнө карабастан ал өсүмдүктөр алкалоидди синтездөөчү жөндөмдүүлүгүн жоготушкан. Тескерисинче, тамекинин, меңдубананын тамырына кыйыштырылып өстүрүлгөн томатта, ит жүзүмдө алкалоиддер жыйналгандыгы байкалган.

Радиоактивдүү изотопторду колдонуу менен жүргүзүлгөн тажрыйбаларда никотиндин өсүмдүктөрдө синтезделишинде тамыр катыша тургандыгы далилденген. Башка органикалык кошулмалардын да (белоктордун, пигменттердин, нуклеопротеиддердин, углеводдордун, ферменттердин ж.б.) өсүмдүктөрдүн жер үстүндөгү органдарында синтезделиниши, өсүмдүктөрдүн химиялык составы, биохимиялык реакциялардын жүрүшү тамыр системасында жүргөн синтездик реакцияларга байланыштуу экендиги кыйыштыруу методу аркылуу далилденген.

Тамыр системасында жүргөн процесстер өсүмдүктөрдүн жер үстүндөгү органдарынын зат алмашуусуна таасирин тийгизип, бүтүндөй өсүмдүктүн физиологиялык абалын аныктайт. Мисалы, өсүмдүктөрдүн өөрчүү этаптарынын өтүшүнө, өсүүсүнө, вегетациялык мезгилдин узактыгына, суукка жана ооруларга туруктуулугуна тамыр системасы таасир көрсөтө тургандыгы байкалган.

Өсүмдүктөрдүн жалпы физиологиялык абалына тамыр системасынын таасир кылуусу жалаң эле анын азыктык заттарды жутуп алуу жөндөмдүүлүгү менен аныкталбайт. Өсүмдүктүн тамырын бөлүп таштаганда же ал жапа чеккенде, өсүмдүк азыктык заттар жана суу менен толук камсыз болсо да, анын жер үстүндөгү органдарынын өсүүсү токтойт. Тамырдан ажыратылган сабактын меристемасы узакка өсө албайт. Ткандардын адистештирилүүсү жүрбөйт.

А.Л.Курсановдун изилдөөлөрүндө эч кандай жутуу функциясын аткарбаган фикустун аба тамырлары жер үстүндөгү органдарынын өсүшүнө чоң таасир көрсөтөөрү аныкталган.

Тамыр системасы жер үстүндөгү органдардын химиялык составына, өсүүсүнө, физиологиялык процесстерине таасирин тийгизүү менен бирдикте өзү кайра ошол органдарда тиричилик процесстеринин нормалдуу жүрүшүнө көз каранды.

Х.Доскаловдун ашкабакка коонду кыйыштыруу менен жүргүзүлгөн тажрыйбаларында ашкабактын тамырлары жалаң коондун жалбырактарында синтезделген ассимиляттык заттар менен азыктанганда өлүп калган. Ал эми ашкабакка өзүнүн 2–3 жалбырагын же сабагынын бир кичине бөлүгүн калтырып койгондо көпкө чейин нормалдуу жашай берген. Ошентип, өсүмдүктөрдүн тиричилик процесстери алардын бардык органдары бири-бири менен тыгыз байланышта болгондо гана нормалдуу жүрөт.

Жыйынтыктап айтканда, C, H, O, N өсүмдүктүн кургак массасынын 95%, калган элементтер 5%ин түзөт. Микроэлементтердин кармалышы 0,001%тен төмөн. Өсүмдүктөр азоттук азыктануу үчүн NO_3^- да, NH_4^+ да пайдаланышат. NO_3^- клеткаларда нитратредуктазанын жардамы менен аммиакка чейин калыбына келет. Атмосфералык азот калыбына келтирилген NH_3 формасында эркин жашоочу жана чанактуу өсүмдүктөрдүн тамырындагы симбиоздукта жашоочу түймөкчө бактериялардын жардамы менен сиңирилет. Аммонийдин клеткада сиңирилиши α-кетоглутамин кислотасынын жана глутаминдин пайда болушунан башталат. Фосфор өсүмдүккө PO_4^{3-} формасында жутулуп, калыбына келбестен, ошол бойдон органикалык кошулмаларга кирет. Күкүрт SO_4^{2-} формасында өсүмдүккө жутулуп, органикалык кошулмаларга киргенде калыбына келет.

Иондордун адсорбциялык алмашуусу жана алгачкы топтолуусу тамырдын клеткаларынын клеткалык кабыкчасынын эркин аралыктарында жүрүп, андан кийин плазмалык мембрана аркылуу цитоплазмага өтөт.

Заттардын мембрана аркылуу ташылышы пассивдүү жана активдүү жолдор менен ишке ашырылат. Пассивдүү ташы-

лыш диффузия, осмостук күч, мембранадагы тешиктер аркылуу жүрөт. Активдүү ташылыш энергиянын, ташыгычтардын жана H^+ – насосунун катышуусу менен ишке ашырылат.

Топурактан жутулган азыктык заттар тамырдын клеткалары аркылуу апопласттык жана симпласттык жол менен жылып, тамырдын борборундагы өткөрүүчү түтүктөргө жетип, транспирациянын жана тамырдык басымдын жардамы менен суу менен кошо жер үстүндөгү органдарга көтөрүлөт.

6. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ГЕТЕРОТРОФТУК ЖОЛ МЕНЕН АЗЫКТАНУУСУ

6.1. Гетеротрофтук өсүмдүктөр

Өсүмдүктөргө кирүүчү организмдердин дээрлик бардыгы органикалык азыктык заттарды өздөрү синтездөөчү автотрофтор. Бирок даяр органикалык азыктык заттарды сырткы чөйрөдөн алуучу факультативдик жана облигаттык гетеротрофтук өсүмдүктөр да бар. Гетеротрофтук өсүмдүктөр – сапрофиттер, мителер жана курт-кумурскалар менен азыктануучулар.

Сапрофиттер өсүмдүктөрдүн жана жаныбарлардын калдыктарынын органикалык заттары менен азыктанышат. Сапрофиттик жол менен азыктануучу өсүмдүктөргө диатомдук балырлар, орхидейлердин кээ бир түрлөрү мисал боло алат.

Диатомдук балырлар сууларда жарык жетпеген өтө терендикте жашашып, чөйрөдөгү даяр органикалык заттар менен азыктанышат. Сууда жакшы эрүүчү органикалык заттар көп болгондо хлорококтор жана эвглена балырлар да гетеротрофтук азыктанууга өтөт.

Тышкы чөйрөдөн канттар, аминокислоталар ж.б. клеткага мембрана аркылуу H^+ – насосунун, АТФдин энергиясынын жана ташыгычтардын жардамы менен өтөт.

Жабык уруктуу өсүмдүктөрдө сапрофиттик жол менен азыктануучулар сейрек учурайт. Алар хлорофиллди аз кармап, фотосинтездөөгө жөндөмсүз.

Орхидейлердин көп түрлөрү чөйрөнүн органикалык заттары менен азыктанганда козу карындар менен симбиоздукту пайдаланышат. Уруктарында запастык азыктык заттар аз болгондуктан бул өсүмдүктөр өөрчүшүнүн алгачкы этабында козу карындар менен симбиоздукта жашашат. Козу карындын гифтери уруктун ичине аралап кирип алып, жаңы өсүп

жаткан өркүндү органикалык заттар жана минералдык туздар менен камсыз кылып турат. Чоң өсүмдүктөрдө козу карындын гифтери тамырдын чет жактарында жайланышат. Мында сапрофит – козу карын. Ал эми өсүмдүк – анын митеси. Мына ушундай козу карындар менен симбиоздукта жашап, алардын жардамы аркылуу чөйрөнүн органикалык заттары менен азыктануучу өсүмдүктөр ***микотрофтук*** өсүмдүктөр деп аталат.

Мителер тирүү организмдердин органикалык заттары менен азыктанышат. Мителик кылып жашоочу козу карындар жана жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөр бар.

Мите козу карындардын гифтеринде ***гаустория*** деп аталуучу өсүндүлөрү болот. Гаустория өсүмдүктүн тамырынын клеткасына жанаша жайланышып же анын ичине кирип, өсүмдүктөн азыктык заттарды, биринчи иретте углеводдорду, соруп алат.

Даяр органикалык заттар менен азыктануучу жогорку түзүлүштөгү бир жана көп жылдык өсүмдүктөр эволюциянын жүрүшүндө жалбырактарын жана тамырларын жоготушкан. Фотосинтез жүргүзүүгө жөндөмдүү эмес. Мителик менен жашоочу жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөргө мисал ***оробанхе*** жана ***сары чырмоок*** (кускута).

Оробанхе көп маданий өсүмдүктөрдүн тамырында мителик кылат. Анын уруктары кожоюн өсүмдүктүн тамырынан бөлүнүп чыккан азыктык заттар болгондо гана өнө баштайт. Анын өркүнүнүн түйүлдүк тамыры кожоюн өсүмдүктүн тамырына жанашканда митенин тамыры гаусторияга (соруучу аппаратка) айланып, кожоюн өсүмдүктүн тамырынын клеткаларынын клеткалык кабыкчасын ээритүүчү гидролаздык ферменттерди бөлүп чыгарып, кабыкчаны эритип бузуп, клеткага кирип, азыктык заттарды активдүү соруп ала баштайт. Өсүп, өөрчүшү үчүн оробанхе кожоюн өсүмдүктөн көп сандагы азоттуу заттарды, углеводдорду, сууну, минералдык элементтерди, өзгөчө фосфорду соруп алат. Ал мителик кылган томаттарда белоктук азот 3 эсе, канттар 16 эсе азаят.

Сары чырмоок (кускута) жип түрүндө сабактуу, чырмалып өсүүчү чөп өсүмдүк. Кабырчыкка айланган өңсүз жалбы-

рактары менен кожоюн өсүмдүккө оролуп, тамырдын ролун аткаруучу гаусториясынын жардамы менен өсүмдүктүн сабагынын кабыгына жабышат. Диск формасындагы гаусториянын бир топ клеткалары өсүмдүктүн сабагынын паренхимасына кирип, борбордук өткөрүүчү түтүккө чейин жетип, андан органикалык заттарды, минералдык элементтерди жана сууну соруп алат.

Раффлезия да мите өсүмдүк. Ал тропикалык жармашып өсүүчү өсүмдүктөрдүн (лианалардын) тамырларынын ширеси менен азыктанат. Анын бардык тиричилиги жер алдында кожоюн өсүмдүктүн тамырынын ичинде өтөт. Жер үстүнө гүлү гана чыгат.

Мите өсүмдүктөр кожоюн өсүмдүктөн негизинен сахарозаны, глутамин жана аспарагин кислоталарын жана алардын амиддерин соруп алары радиоактивдүү изотопторду колдонуу менен жүргүзүлгөн изилдөөлөр далилдеген.

Курт-кумурскалар менен азыктануучу жабык уруктуу өсүмдүктөрдүн түрү 400дөн ашат. Булар көбүнчө азот жетпеген саздуу топурактарда, сууда өсүүчү өсүмдүктөр жана эпифиттер. Алар майда курт-кумурскаларды ж.б. майда организмдерди кармап алышып, бөлүп чыгарган активдүү заттарынын жардамы менен эритип, пайда болгон жөнөкөй продуктуларды кошумча азыктык зат катарында пайдаланышат.

Курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөрдүн жалбырактары фотосинтезди жүргүзүү менен бирдикте курт-кумурскаларды кармоочу органы да болуп саналат.

Бул өсүмдүктөр табылгасын ар түрдүү жолдор менен кармашат (59-сүрөт):

1) былжырлуу зат бөлүп чыгаруучу жалбырагына жабыштыруу (библис);

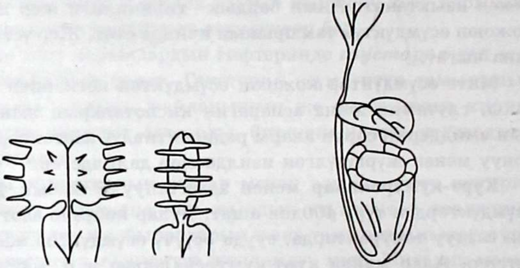
2) кумура же түтүкчө түрүндөгү атайын кармагычтарга түшүрүү (саррацения, гелиамфора, дарлингтония);

3) табылгасын жабышкак былжырлуу зат менен жабыштырып, жалбырагы же узун түктөрү менен ороо (жирянка, росянка);

4) капкан сыяктуу кармоочу жалбырактары менен табылгасын жаап кармоо (чымын кармагыч);

5) кармоочу ыйлаакчаларга табылганы суу менен кошо тартуу (ыйлаакча).

Курт-кумурскаларды кармоонун бардык жолдору аларды жакындатып өзүнө тартуу үчүн өсүмдүктөрдүн былжырлуу жыпар жыттуу нектарды ж.б. заттарды бөлүп чыгаруусуна негизделген. Кармоочу органдарынын тез кыймылы ал органдардын тургордук абалынын өзгөрүүсү, курт-кумурсканын кыймылынан дүүлүгүүнүн натыйжасында пайда болгон потенциал аркылуу ишке ашат.



чымын кармагычтын жалбырагы   дарлингтониянын жалбырагы

59-сүрөт. Курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөр.

Жогоруда көрсөтүлгөн жолдордун жардамы менен кармалган курт-кумурскалар өсүмдүктүн атайын без клеткаларынан иштелип чыккан зилдердин жардамы менен эритилет. Зилдердин составында ксилозадан, маннозадан, галактозадан, глюкурон кислотасынан турган полисахариддер, органикалык кислоталар, гидролиздөөчү ферменттер бар. Органикалык кислоталар зилдин чөйрөсүн кычкылдандырат.

Бул өсүмдүктөрдүн бөлүп чыгаруучу клеткаларында эндоплазмалык торчо жана Гольджинин аппараты жакшы өөрчүгөн. Кармоочу аппаратта пайда болгон жөнөкөй заттар өсүмдүктүн өткөрүүчү системасы аркылуу өтө тез сорулуп алынат. Мисалы табылганын ажырашынан пайда болгон заттар чымын кармагычтын клеткаларынын цитоплазмасында 5 минутадан кийин пайда болгон.

Микроорганизмдер начар өөрчүгөн, азотко жарды саздуу топурактарда өсүүчү өсүмдүктөр үчүн азыктануунун бул жолунун мааниси чоң. Алар курт-кумурскалардын денесинин ажырашынан пайда болгон аминокислоталарды, азотту, фосфорду, калийди, күкүрттү ж.б. элементтерди сиңирип алышып, өздөрүнүн тиричилик процесстерине пайдаланышат. Алардан денесинин жаңы бөлүкчөлөрү түзүлөт. Энергиянын булагы АТФ синтезделет ж.б.

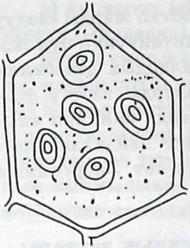
6.2. Өсүмдүктөрдүн өзүнүн органикалык заттары менен гетеротрофтук азыктануусу

Кадимки эле өсүмдүктөрдүн өсүп өөрчүшүндө өздөрүнүн запастык органикалык заттарынын эсебинен гетеротрофтук жол менен азыктануучу мезгилдери бар. Өнүп жаткан уруктар, вегетативдик жол менен көбөйүү органдары (пияз түп, картошка ж.б.) өсүүсүнүн башталышында өздөрүндөгү запастык органикалык заттардын эсебинен азыктанышат. Өсүмдүктүн тамырлары, мөмөлөрү, бүчүрлөрү да жалбыракта синтезделген органикалык заттар менен азыктанышат. Органдар өзүнүн запастык органикалык заттары менен азыктанганда татаал кошулмалар (белоктор, углеводдор, майлар ж.б.) адегенде гидролизденип, жөнөкөй кошулмаларга айланып, сиңирилүүчү формага өтүшөт.

Запастык азыктык заттар өсүмдүктөрдүн уруктарында, тамырларында, сабактарында, картошкада, пияз түптө топтолот.

Уруктарда белоктун кармалышы жогору. Чанактуулардын (20–30%), майлуу өсүмдүктөрдүн (17–42%) уруктарында баарынан көп кармалат. Дан өсүмдүктөрүнүн данында белок анын кургак массасынын 7–14% ин түзөт. Запастык белоктор алейрондук данчаларда жана белоктук денечелерде глобулиндик жана альбуминдик формада кармалат (60-сүрөт).

Алейрондук данчалар бир катар мембрана менен капталган. Андагы кармалган запастык белоктор кургак массасынын 70–80% ин түзөт. Алейрондук данчаларда запастык белоктордон башка углеводдор, фосфолипиддер, фитин, РНК, ща-

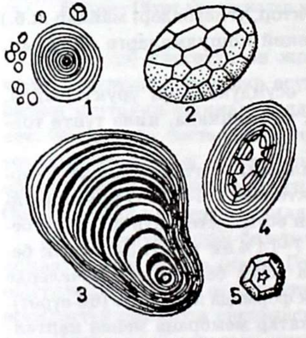


60-сүрөт. Буудайдын эндосперминин клеткасындагы алейрондук данчалар.

вель кислотасынын туздары да кармалат. Белоктук денечелер дан өсүмдүктөрүнүн крахмалдуу эндосперминде болот. Составы белоктон, крахмалдан, липиддерден жана гидролазалардан турат.

Жетиштүү ным болуп уруктар көпкөндө запастык белоктордун ажырашы башталат. Белокторду протеаза ферменти кычкыл чөйрөдө аминокислоталарга ажыратат (63-сүрөт). Пайда болгон аминокислоталар калканч аркылуу өтүп өсүп жаткан өркүнгө ташылып, анын жаңы белокторун синтездөөгө жумшалат. Запастык белоктордон бошогон алейрондук данчалар вакуолдорго айланышат.

Углеводдор белоктор сыяктуу негизги запастык азыктык зат. Уруктарда негизги запастык полисахарид – крахмал (61–62-сүрөттөр). Дан өсүмдүктөрүнүн уруктарынын кургак массасынын 50–76% ин крахмал түзөт (буудайда – 76%, арпада – 70% ке чейин, чанактууларда –50–60%).



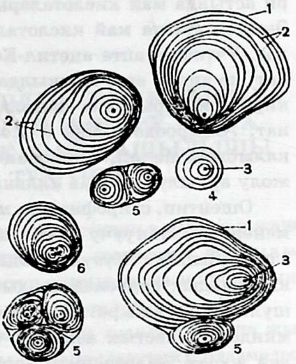
61-сүрөт. Крахмалдык данчалар: 1-буудайдыкы; 2-сулуунуку; 3-картошканыкы; 4-төө буурчактыкы; 5-жүгөрүнүкү.

Крахмал өнсүз пластиддерде (крахмал данчаларда) жыйналат. Урук өнгөндө адегенде андагы эркин канттар пайдаланылат. Андан кийин (өнүүнүн 2–3-күндөрүндө) фосфорилаза, амилаза гидролиздик ферменттеринин жардамы менен крахмал гидролизденет. Крахмал клеткада да, клеткадан тышкары да сиңирилет. Эки үлүштүү өсүмдүктөрдө анын сиңирилиши клеткада жүрүп, уруктун көпкөн саатынан башталат.

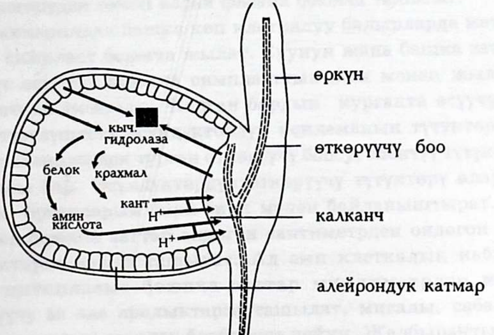
Запастык майлар сферосомаларда жайланышкан. Сферо-

сомалар – диаметри 0,5 мкм, бир катар мембрана менен капталган тоголок бүртүкчөлөр. Сферосомаларда майлар менен бирдикте липаза бар. Липазанын таасири астында майлар гидролизденет. Дан өсүмдүктөрүндө бул процесс урук көбөөрү менен башталат. Майлардын гидролизи өнүүнүн башталышында анча жогору эмес. Максималдык күчүнө уруктун көбүшүнүн 4–5-күндөрүндө кирет. Майлуу уруктарда запастык майлардын ажырашы көбүүнүн 2–3-күндөрүндө башталат.

Майлардын ажырашы үч этапта жүрөт. Биринчи этапта майлар липазанын тааси-



62-сүрөт. Картошканын түймөгүнүн клеткаларындагы запастык крахмалдын бүртүкчөлөрү: 1-пластиданын кабыкчасы; 2-крахмалдын катмарлары; 3-катмардын пайда болуу борбору; 4-жөнөкөй бүртүкчө; 5–6-татаал бүртүкчө.



63-сүрөт. Жүгөрүнүн уругу өнгөндө азыктануусу.

ри астында май кислоталарына жана глицеринге ажырайт. Экинчи этапта май кислоталарынан ацетил-Ко-А пайда болот. Үчүнчү этапта ацетил-Ко-А башка кошулмаларга айланат же андан ары кычкылданат. Ал глиоксилаттык циклге кирип, янтарь жана щавелдик уксус кислоталарына айланат. Ажыроодо пайда болгон экинчи продукт – глицерин калыбына келип, диоксиацетонго айланып, глюконогенез жолу аркылуу кантка айланат.

Ошентип, сапрофиттик, мителик жана курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөр гетеротрофтук жол менен азыктанышат. Жутулуп алынган даяр органикалык заттар кычкылдык гидролазалардын жардамы менен жөнөкөй кошулмаларга ажыратылып сиңирилет. Уруктардын эндоспер­миндеги запастык азыктык заттардын ажырашы да ушундай жүрөт. Эндоспермде органикалык кислоталардын жана кычкыл гидролазалардын таасири астында запастык заттар ажырап, алардын продуктулары калканч аркылуу сорулуп, өркүнгө өтөт. Анын энергетикалык жана түзүүчү процесстерине жумшалат.

7. ӨСҮМДҮКТӨ ЗАТТАРДЫН ТАШЫЛЫШЫ, ЗАТТАРДЫН ТӨМӨНТӨН ЖОГОРУ ЖАНА ЖОГОРУДАН ТӨМӨН КАРАЙ ТАШЫЛЫШЫ ЖӨНҮНДӨ ТҮШҮНҮК

Иондордун, метаболиттердин жана суунун клеткалар жана ткандар аралык жылышы заттардын ***жакынкы ташылышы*** деп аталат. Ал эми өсүмдүктүн органдарынын аралыгында жылышы ***алыскы ташылыш*** деп аталат.

Суунун жана анда эриген заттардын ткандар боюнча жылышы клеткалык кабыкча аркылуу (апопласттык), плазмодесмалар менен байланышкан клеткалардын цитоплазмасы аркылуу (симпласттык) жана эндоплазмалык торчо аркылуу жүрөт.

Суунун жана башка заттардын өсүмдүктүн тамырынан анын жер үстүндөгү органдарына төмөнтөн жогору карай ташылышы ксилеманын өткөрүүчү түтүктөрү аркылуу жүрөт. Заттар жалбырактан алар талап кылынуучу органдарга жана запастоочу жайларга жогорудан төмөн карай флоэма боюнча ташылат.

Ламинариядан башка көп клеткалуу балырларда метаболиттер симпласт боюнча жылат. Суунун жана башка заттардын бүт өсүмдүк боюнча симпласттык жол менен жылуусу мохторго да тиешелүү. Калган бардык кургакта өсүүчү жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн ксилеманын түтүктөрүнөн жана трахеиддерден турган өткөрүүчү боосу, электүү түтүктөрү, флоэмасы бар. Өсүмдүктөрдүн өткөрүүчү түтүктөрү алардын бардык органдарын бири-бири менен байланыштырат. Бул түтүктөр боюнча заттар ондогон сантиметрден ондогон метр аралыктарга чейин ташылат. Ал эми клеткалык кабыкча жана цитоплазма боюнча заттар миллиметрлер менен өлчөнүүчү аз эле аралыктарга ташылат, мисалы, сабактын жана тамырдын четинен борборуна чейин. Жалбырактын мезофиллинде заттардын жылышы миллиметрдик аралыктарда гана өтөт.

7.1. Заттардын ксилема боюнча ташылышы

Ксилема боюнча жылган эритменин составы негизинен органикалык эмес заттардан турат. Бирок анын составында көп сандагы аминокислоталар, амиддер, алкалоиддер, органикалык эмес кислоталар, фосфорорганикалык эфирлер, күкүрттүү органикалык кошулмалар, канттар, көп атомдуу спирттер жана фитогормондор да бар. Ксилемадагы органикалык заттардын составы өсүмдүктөрдүн түрүнө жана алардын тамырлары жайланышкан чөйрөдөгү эритменин составына жараша өзгөрөт. Мисалы, өсүмдүктүн тамыры аниондорго караганда катиондор жеңилирээк жутулуучу эритмеде болгондо ксилемада аниондорго караганда катиондор көп кармалат. Ксилемадагы суюктуктагы иондордун мындай теңсиздиги органикалык аниондордун, көбүнчө карбондук кислоталардын, сукцинаттын, малаттын, цитраттын ж.б. синтезделиниши менен теңдештирилет. Нитратредуктазанын активдүүлүгү жогору болгон тамырларда ксилемалык ширенин составында глутамин, аспарагин, лизин аминокислоталары көп кармалат. Ксилемалык шире менен вакуолдук ширенин химиялык составдары бирдей эмес.

Топурактан жутулган суу жана минералдык элементтер ризодерманын клеткаларынан тамырдын паренхималык клеткаларына өтүп, алардын цитоплазмасы аркылуу симпласттык жол менен жылып, түтүктөргө жана трахеиддерге жетип, алардын капталындагы тешиктер аркылуу алардын ичине өтүп, тамырдык басымдын жана транспирациянын соруу күчүнүн жардамы менен жер үстүндөгү органдарга карай көтөрүлөт. Заттардын түтүктөр боюнча жогору карай көтөрүлүшү метаболиттик энергия жумшалбастан пассивдүү жүрөт. Заттардын жылышынын ылдамдыгы саатына бир нече ондогон метрге жетет.

Түтүктөр боюнча жер үстүнө көтөрүлгөн суу жана анда эриген заттар түтүктөрдүн капталындагы тешиктер аркылуу жалбырактын мезофиллинин клеткаларынын клеткалык кабыкчасына да, цитоплазмасына да өтүп, апопласттык жана

симпласттык жол менен ташылып, алар керектелинүүчү клеткаларга жеткирилет.

Суунун жана жутулган заттардын ризодерманын клеткаларынан тамырдын паренхимасынын клеткаларына, паренхиманын клеткаларынан ксилеманын түтүктөрүнө, ксилеманын түтүктөрүнөн жалбырактын мезофиллинин клеткаларына өтүшү протондук ж.б. иондук насостордун жардамы менен ишке ашырылып, дем алуунун энергиясы жумшалат. Ошондуктан заттардын ксилема боюнча ташылышында тамырдын ассимиляттар жана кычкылтек менен камсыз болушу талап кылынат.

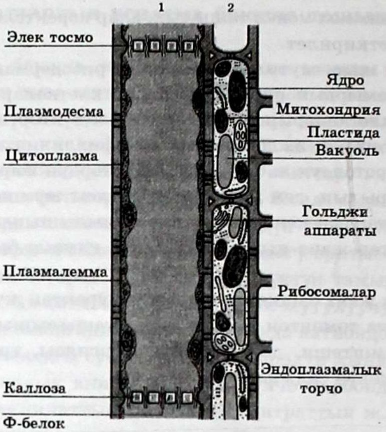
Суунун жана башка заттардын топурактан жутулуп, ксилема боюнча төмөнтөн жогору карай ташылышы иондук насостордун иштеши, дем алуунун энергиясы, транспирация аркылуу жөнгө салынат.

7.2. Заттардын флоэма боюнча ташылышы

Жалбырактарда синтезделген органикалык заттар флоэмага келип түшүп, анын түтүктөрү аркылуу алар керектелинүүчү өсүү точкаларына, көбөйүү органдарына, өсүп жаткан жаш органдарга, өсүмдүктүн запастоочу бөлүктөрүнө ж.б. ташылат.

Флоэма электүү түтүктөн жана жандоочу клеткалардан турат. Электүү түтүктөр аркылуу заттар ташылат. Паренхималык жандоочу клеткалар энергетикалык функция аткарышат. Паренхималык клеткалардын башка түрү запастоочу клеткалар болушат. Клеткалардын бул түрлөрү өз ара байланышта аракеттенишет.

Электүү түтүкчө плазмолемма менен капталган. Протоплазмасы, аз санда митохондриялары, пластиддери, жылмакай эндоплазмалык торчосу бар. Ядросу жок. Көп сандаган плазмодесманын жардамы менен жандоочу клетка менен байланышат. Түтүктү пайда кылуучу эки коңшу клеткалардын капталы тешиктүү тосмого айланган (64-сүрөт).



64-сүрөт. Электүү түтүктүн (1) жана жандоочу клетканын (2) түзүлүшү.

Жандоочу клеткалар электүү түтүкчөгө жанаша жайланышкан. Ал клеткалардын ядросу, цитоплазмасы көп сандаган митохондриялары ж.б. бардык органоиддери бар. Жандоочу клеткалардын плазмодесмаларынын саны мезофиллдин клеткаларынын плазмодесмаларынан 3–10 эсе көп.

Жалбырактын жалпы көлөмүнүн 25% ин анын өткөрүүчү системасы түзөт. Жалбырактын 1 см^2 бетиндеги өткөрүүчү боонун суммардык узундугу 20–100 см. Ири өткөрүүчү түтүктөр анын 5% ин гана, калган 95% ин майда түтүкчөлөр түзөт.

Фотосинтездин продуктулары мезофиллдин клеткаларынан майда түтүкчөлөргө өтөт. Электүү түтүкчөлөр аркылуу алыска ташылат. Көпчүлүк өсүмдүктөрдө канттар сахароза түрүндө ташылат. Ошондуктан өткөрүүчү түтүктөрдө сахарозаны глюкозага жана фруктозага ажыратуучу фермент-инвертазанын активдүүлүгү төмөн. Мезофиллдин клеткаларына салыштырганда флоэмада сахароза 10–30 эсе көп. Флоэма боюнча сахарозадан башка олигосахариддер, спирттер, бе-

локтор, амиддер, аминокислоталар, органикалык кислоталар, витаминдер, фитогормондор (ауксин, гиббереллин, цитокинин), органикалык эмес туздар ташылат. Органикалык эмес туздар флоэма боюнча ташылган бардык заттардын 1–3% ин түзөт.

Электүү түтүктөр боюнча ассимиляттардын жылышынын ылдамдыгы саатына 50–100 см. Заттардын флоэма боюнча жылышы өз ара байланышкан үч процесстен турат: 1) ассимиляттардын флоэмага өтүшү, 2) алардын электүү түтүктөр боюнча жылышы, 3) заттардын флоэмадан аларды керектөөчү же запастоочу клеткаларга өтүшү.

7.2.1. Флоэма боюнча заттардын ташылуу механизми

Мезофиллдин фотосинтездөөчү клеткаларынан ассимилянттар сахароза түрүндө аралык клеткалардын кабыкчалары жана плазмодесмалары аркылуу апопласттык жана симпласттык жол менен флоэмага чейин ташылат.

Мезофиллдин клеткаларында осмостук басым, ичке өткөрүүчү боого караганда төмөн. Ичке өткөрүүчү түтүктөн ортоңку тарамышка, тарамыштан жалбырактын сабакчасына өткөн сайын канттардын жалпы саны өсөт. Ошондуктан жалбыракта ассимиляттын ташуучу түтүктөргө өтүшү концентрациянын градиентине каршы энергияны жумшоо менен жүрөт. Энергиянын булагы жандоочу клеткалардын дем алуусу болуп саналат. Алардын дем алуусу паренхималык клеткалардын дем алуусунан 3–4 эсе активдүү.

Жандоочу клетканын плазмолеммасында H^+– соргуч иштегенде K^+ жана сахароза хлоренхиманын клеткаларынан бөлүнүп чыгат. Ушул мезгилде флоэманын плазмолеммасында pHтын градиенти пайда болуп, флоэмага сахарозанын жана H^+ иондорунун өтүшүнө мүмкүнчүлүк түзүлөт. Мында H^+ иондору концентрациялык градиент боюнча ал эми сахароза концентрациялык градиентке каршы ташылат. Сахарозанын концентрациялык градиентке каршы ташылышы плазмолеммадагы ташыгыч белоктун жардамы менен жүрөт. Клеткага кир-

ген H^+ иондору H^+ – насосунун жардамы менен клеткадан кайра бөлүнүп чыгарылат. Сахароза жана K^+ иондору плазмодесмалар аркылуу түтүктөргө өтөт. Аминокислоталар ж.б. метаболиттер да ушундай жол менен флоэманын түтүктөрүнө өтүшөт.

Ушул процесстердин натыйжасында электүү түтүктөрдө осмостук активдүү заттардын концентрациясы өсүп, бул түтүктөргө тегеректеги ткандардан, өзгөчө ксилеманын түтүктөрүнөн, суу сорулуп кирет.

Радиоактивдүү изотопторду колдонуу менен жүргүзүлгөн изилдөөлөр ксилема менен флоэманын түтүктөрүнүн ортосунда калий, натрий, магний, фосфор, азот, микроэлементтер – темир, марганец, цинк, молибден эркин өтүшүп тура тургандыгын далилдеген.

Флоэма боюнча заттардын аралыкка ташылышы сахароза жыйналган фотосинтездөөчү клеткалар менен ассимилятты керектөөчү ткандардын (мисалы, тамырдын) ортосунда пайда болгон осмостук градиенттин жардамы менен жүрөт.

Кээ бир окумуштуулар заттар флоэма боюнча K^+ иондорунун катышуусунда электроосмостук процесстин жардамы менен да ташылышы мүмкүн деп болжолдошот. Бирок бул гипотеза илимий далилденген эмес.

Флоэма боюнча ташылып келген заттардын керектөөчү же запастоочу клеткаларга жана ткандарга өтүшү электүү түтүктөрдүн түртүүчү басымынын, керектөөчү клеткалардын, ткандардын ассимилятты флоэмадан соруу күчүнүн, акцептордук клеткалардын плазмолеммасындагы H^+ – насосунун жардамы менен ишке ашырылат. Сахароза мембраналардын ташыгыч белокторунун катышуусу менен өтөт.

7.2.2. Флоэма боюнча заттардын ташылышынын жөнгө салынышы

Жалбырактын мезофиллинин клеткаларынан (донордон) ассимиляттар акцептордук органдарга бир катар ташуучу системалар аркылуу ташылат. Заттардын ташылышы ар кандай деңгээлде жөнгө салынат. Биринчиден, донордун деңгээ-

линде жөнгө салынат. Фотосинтезде сахароза синтезделинет, фотосинтез – заттардын активдүү ташылышы үчүн энергиянын булагы. Экинчиден, флоэма боюнча заттардын ташылышы ассимиляттын флоэмага өтүшү менен тыгыз байланышкан. Бул процесс H^+ соргучунун иштешине негизделген. Үчүнчүдөн, флоэмалык ташылыш ассимиляттын флоэмадан акцептордук клеткага өтүшүнүн активдүүлүгү менен жөнгө салынат. Заттардын флоэмадан керектөөчү клеткаларга өтүшүндө керектөөчү клеткалардын соруу күчүнүн жана мембраналардын H^+ – соргучтарынын ролу чоң. Акцептордук клеткалардын, ткандардын өсүүсү жана тиричилик процесстери канчалык активдүү болсо, анын ассимилятты жутуусу да ошончолук активдүү болот.

Заттардын ташылышынын ылдамдыгына температура, кычкылтек да таасирин тийгизет. Анткени заттардын жылышы ферменттик системалардын активдүүлүгү жана дем алуунун энергиясы менен тыгыз байланышта.

8. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ЗАТТАРДЫ БӨЛҮП ЧЫГАРУУСУ

Өсүмдүктөрдүн заттарды бөлүп чыгаруусу кеңири таралган жана анын тиричиликте чоң мааниси бар. Мисалы, цитоплазмадан бөлүнүп чыккан полисахариддерден түзүлгөн клеткалык кабыкча клетканы механикалык урулуудан жана инфекциядан коргойт. Курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөрдүн без клеткаларынан бөлүнүп чыккан ферменттер азыктык заттарды клеткадан тышкары ажыратышат. Нектардын бөлүнүп чыгышы өсүмдүктөрдүн курт-кумурскалардын жардамы менен чаңдашышына шарт түзөт. Тамыр аркылуу бөлүнүп чыккан заттар топурактын физикалык жана химиялык касиеттерин өзгөртүп, микрофлоранын өөрчүшүнө таасирин тийгизет.

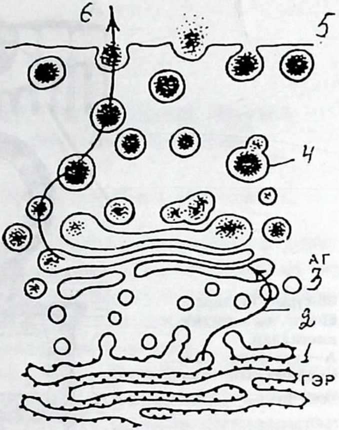
8.1. Заттарды бөлүп чыгаруунун жолдору

Өсүмдүктөрдөн заттар активдүү жана пассивдүү бөлүнүп чыгарылат. Заттардын концентрациянын градиенти боюнча пассивдүү бөлүнүп чыгарылышы ***экскреция,*** активдүү бөлүнүп чыгарылышы ***секреция*** деп аталат. Секрецияда заттардын активдүү бөлүнүп чыгарылышы үчүн энергия жумшалат.

Ар бир зат өз алдынча атайын түзүлүштөгү структуралар аркылуу бөлүнүп чыгарылат. Мисалы, кант нектарник аркылуу, полисахариддер бөлүп чыгаруучу без түтүктөрү аркылуу, белоктор бездер, туздар туз бездери аркылуу бөлүнүп чыгарылат. Бөлүп чыгаруучу клеткаларда быдырлуу эндоплазмалык торчо (белок бөлүп чыгаруучу клеткада) Гольджи аппараты күчтүү өөрчүгөн.

Бөлүнүп чыгарылуучу заттар (нектар, белоктор, шилекей сыяктуу былжырлуу полисахариддер, эфир майлары, гутта, каучук) клеткаларда эндоплазмалык торчодон Гольд-

жи аппаратына (65-сүрөт) өтүп анын жардамы менен ташылып келинип плазмалык мембранадан жана клеткалык кабыкчадан H^+ соргучунун жардамы менен чыгарылат. Андан клеткалар аралык боштукка өтүп, атайын сакталуучу көңдөйчөлөрдө топтолот. Өсүмдүктүн органдарынын сыртына без түкчөлөрү, бездер, нектарник, гидатоддор ж.б. бөлүп чыгаруучу тышкы структуралар аркылуу бөлүнүп чыгарылат.

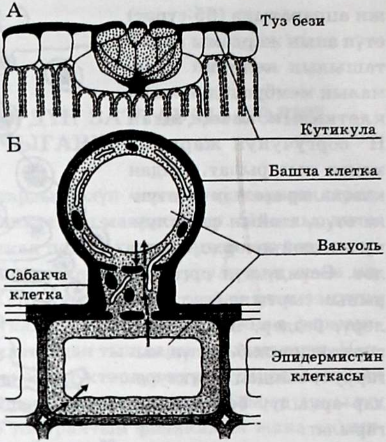


65-сүрөт. Гольджи аппаратынын эндоплазмалык тор менен байланышынын жана аппараттан бөлүнүп чыккан заттардын клеткадан чыгарылышынын схемасы: 1-бодуракай эндоплазмалык тор; 2-андан бөлүнүп чыккан заттардын Гольджи аппаратына өтүшү; 3-Гольджи аппараты; 4-Гольджи аппаратынан бөлүнүп чыккан секреттүү ыйлаакчалар; 5-плазмалемма; 6-Гольджи ыйлаакчаларындагы заттардын (секреттердин) сыртка чыгарылышы (экзоцитоз).

Бөлүп чыгаруучу жолдору, көңдөйчөлөрү (чайыр, сүт, былжырлуу зилдин жолдору) бири-бирине тыгыз жанаша жаткан клеткалардын ажырашып, бири-биринен алысташынан же клеткалардын эрип кетишинен пайда болот.

Сүт жолу бир клеткадан же кошулушкан бир нече клеткалардан турат. Анда сүт ширеси же латекс кармалат. Латекс – углеводдордон, органикалык кислоталардан, белоктордон, алкалоиддерден, былжырлуу зилден, эфир майларынан, чайырдан, каучуктан, гуттадан турган сүт жолунун вакуолдук суюк ширеси. Сүт жолунун негизги көлөмүн чоң вакуоля ээлеп, тирүү протоплазмасы клетканын капталына кысылган. Цитоплазма менен вакуолянын ортосунда айкын чек ара жок.

Өсүмдүктөр клеткадагы артыкбаш минералдык туздарды үч түрлүү жол менен бөлүп чыгарышат.



66-сүрөт. Туздарды бөлүп чыгаруучу клеткалар. А – туз бези; Б – алабатанын туз түкчөсү.

1. Галофиттердин жалбырактарынын жана сабактарынын туз бездери өсүмдүк туздуу чөйрөдөн жутуп алган артыкбаш иондорду бөлүп чыгарат (66-сүрөт, А). Сыртка бөлүнүп чыккан туздар суу менен жуулуп кетет же кутикулада калат. Мында өсүмдүктөн суу көп буулантылат.

2. Башча жана сабакча деп аталуучу эки клеткадан турган жалбырактын туз түкчөлөрүнөн туздар бөлүнүп чыкканда суу көп жоготулбайт. Тоголок башча клеткага туз көп топтолгондо ал ачылып туз сыртка чыгат. Кайрадан жаңы башча өсүп пайда болот. Туздардын мындай бөлүнүп чыгышы туздуу чөйрөдө өсүүчү өсүмдүктөрдө кеңири тараган (66-сүрөт, Б). Туздарды мындай жол менен бөлүп чыгаруучу өсүмдүктөрдүн транспирациясы анча чоң эмес.

3. Курт-кумурскалар менен азыктануучу өсүмдүктөрдүн бөлүп чыгаруучу клеткалары иондорду, сууну, гидролиздик ферменттерди бөлүп чыгарат.

Без клеткаларда, түкчөлөрдө иондордун ташылышы жарыктын жана АТФтин энергиясынын жардамы менен жөнгө салынат.

9. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ӨСҮҮСҮНҮН ЖАНА ӨӨРЧҮШҮНҮН ФИЗИОЛОГИЯСЫ

9.1. Өсүү жана өөрчүү жөнүндө түшүнүк

Өсүү жана өөрчүү тирүү организмдердин негизги белгилеринин бири. Өсүүнүн жана өөрчүүнүн натыйжасында ар бир организм көбөйөт жана тукум калтырат. Алар өз ара байланышкан, бирин-бири толуктап туруучу жашоонун эки жагы. Өсүүнүн жана өөрчүүнүн маанилери ар башка.

Органдардын, клеткалардын же алардын элементтеринин (цитоплазма, пластиддер, митохондриялар ж.б.) жаңы пайда болушунун негизинде өсүмдүктүн же анын органдарынын өлчөмдөрүнүн, көлөмүнүн кайрылгыс чоңоюшу ***өсүү*** деп аталат. Уруктардын ж.б. сууну соруп алып көбүүсү өсүү эмес. Анткени суусун жоготкондо алар мурунку көлөмүнө, массасына кайра келет.

Уруктан өнүп чыккандан баштап толук өлгөнгө чейинки жашоо мезгилинде өсүмдүктөрдүн организминде жүргөн морфологиялык жана физиологиялык сапаттык өзгөрүүлөр өөрчүү деп аталат.

Бир эле организмде өсүү менен өөрчүү ар түрдүүчө айкалышат. Өсүмдүк активдүү өсүп, бирок начар өөрчүшү мүмкүн, же тескерисинче, акырын өсүп, тез өөрчүйт.

Жаратылыштын жашоого ыңгайлуу шарттарында өсүү да, өөрчүү да бирдей нормалдуу жүрүп, нормалдуу өсүмдүк түзүлөт. Нормалдуу эле шарттарда өсүү же өөрчүү үстөмдүк кылышы да мүмкүн. Мисалы, бир жылдык өсүмдүктөр гүлдөгөндөн кийин сабактын өсүүсү акырындайт же такыр токтойт. Көп жылдык өсүмдүктөрдүн вегетативдик органдарынын активдүү өсүүсү алардын гүлдөшүн кечиктирет.

Өсүүсү акырындап, күчтүү өөрчүгөндө бою жапыс карлик өсүмдүктөр пайда болот. Тескерисинче, өсүү үстөмдүк кыл-

ганда өсүмдүктүн сабактары, жалбырактары көп пайда болуп, гүлдөрдүн, гүл топторунун саны азаят.

Бул келтирилген мисалдардан өсүү менен өөрчүү бирибирине карама-каршы процесстер деп жыйынтык чыгарууга болбойт. Өсүмдүктүн көбөйүү органдары өсүүсү жүргөн өсүмдүктө гана пайда болот. Өсүү жана өөрчүү өсүмдүктүн организминде физикалык, химиялык жана физиологиялык процесстердин жүрүшүнүн деңгээлин чагылдырат.

9.2. Өсүүнүн белгилери, түрлөрү жана ылдамдыгы

Өсүмдүктөрдүн организминдеги активдүү тиричилик процесстеринин бири – өсүү. Ал организмде зат алмашуу процесстеринин жүрүшү менен тыгыз байланышта. Өсүмдүктүн өсүшүн төмөнкү белгилер далилдейт:

1) өсүмдүктүн жана анын айрым органдарынын өлчөмүнүн чоңоюшу. Өсүмдүктүн же анын органдарынын узундугунун, көлөмүнүн, салмагынын, үстүнкү бетинин чоңоюшу;

2) органдардын санынын көбөйүшү (жаңы жалбырактардын, тамырлардын, сабактардын пайда болушу);

3) клеткалардын санынын көбөйүшү;

4) клеткалардын көлөмүнүн чоңоюшу;

5) протоплазманын көбөйүшү;

6) өсүмдүктүн кургак массасынын көбөйүшү;

7) клетканын структуралык элементтеринин санынын көбөйүшү.

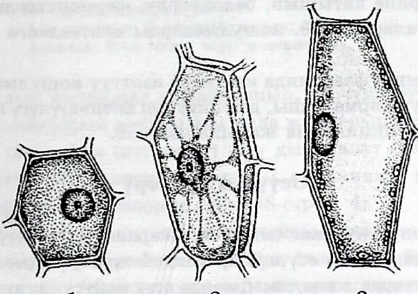
Жекече алганда бул белгилердин бардыгы эле өсүүнүн белгиси боло бербейт. Мисалы, кант топтолгондон тамырдын салмагынын өсүшү өсүү деп эсептелбейт. Сууну соруп алуудан клетканын көлөмүнүн чоңоюшу да өсүү эмес.

Бир эле өсүмдүктүн бардык органдары, бир эле органдын бардык ткандары бирдей өспөйт. Органдардын жаңы пайда болушу, органдардын активдүү өсүшү өсүү конусунда жүрөт. Органдардын (сабак, тамыр) өсүп жаткан башкы учу ***өсүү конусу*** деп аталат. Өсүү конусу өзгөчөлөнүп, анда меристема бар. ***Меристема*** – тез бөлүнүп туруучу, адистештирилбеген клеткалардан турган ткань. Орун алышы боюнча ар

түрдүү өсүмдүктөрдө түрдүү меристемалар бар. ***Уч меристемалар*** сабактардын жана тамырлардын учтарында жайгашкан. Уч меристемалардын эсебинен өзөк жана каптал сабактар, тамырлар узунунан өсөт. Дан өсүмдүктөрүнүн сабактарынын узунунан өсүүсү сабактын муундарында орношкон ***муун меристемасынын*** клеткаларынын бөлүнүүсүнүн натыйжасында жүрөт.

Өсүү көп фазалуу процесс болуп, клетканын өсүүсү үч фазадан турат: 1) эмбрионалдык, 2) чоюлуу, 3) адистешүү (67-сүрөт).

Эмбрионалдык фазада клеткалар бөлүнүп, жаңы клеткалар пайда болот. Эмбрионалдык клеткалардын вакуолу жок, өлчөмү анча чоң эмес (67-сүрөт, 1).



1 2 3

67-сүрөт. Клетканын өсүүсүнүн фазалары.

Клеткалардын үзгүлтүксүз бөлүнүп тургандыгына карабастан меристемадагы клеткалардын саны туруктуу. Анткени өсүү конусунан кийинки бөлүктө эмбрионалдык клеткалар өсүүнүн экинчи (чоюлуу) фазасына өтөт. Бул фазадагы клеткалардын вакуолдору бар. Вакуолдук ширеде клетканын зат алмашуу процессинде пайда болгон заттар топтолуп, вакуоляга суу сорулуп кирип, протоплазма көбөйөт.

Экинчи фазанын мүнөздүү өзгөчөлүгү – клетканын көлөмүнүн чоңоюшу. Клетканын көлөмү чоңойгондо клетканын кабыкчасында жаракалар пайда болот. Клеткалык ка-

бықчаны түзүүчү заттар цитоплазмада синтезделип, Гольджинин аппаратынын жардамы менен ташылып келип, ал жаракалар толтурулуп, клеткалык кабыкча өсөт жана калыңданат (67-сүрөт, 2).

Адистешүү фазасында клеткалар түзүлүшү, касиеттери жана функциясы боюнча белгилүү органдарга жана ткандарга тийиштүү болгон клеткаларга айланат. Бул фазада клеткалык кабыкчага пектин, гемицеллюлоза, лигнин, кутин, суберин ж.б. кошулуп, ал калыңданат. Протоплазма клетканын капталын бойлото жайланышып, клетканын ортосун чоң вакуоль ээлейт (67-сүрөт, 3).

Эмбрионалдык жана өсүү фазасындагы клеткалар аркылуу жутулган минералдык элементтер бат эле зат алмашуу процесстерине катышып, белокторду, ферменттерди, нуклеин кислоталарын ж.б. кошулмаларды синтездөөгө пайдаланылат.

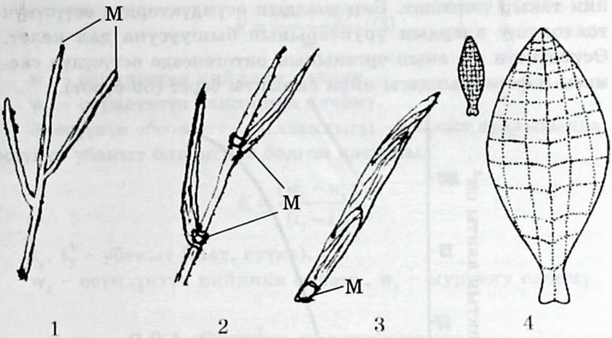
Адистешүү фазасында клеткада азоттуу кошулмалардын, белоктордун кармалышы, дем алуунун активдүүлүгү ал клетка аткарган функциясына жараша өзгөрөт.

Өсүүнүн түрлөрү

Өсүү конусунун жайланышына жараша өсүмдүктүн ар кандай органдары үчүн өсүүнүн ар кандай түрлөрү мүнөздүү. Мисалы сабактарда жана тамырларда өсүү конусу органдын морфологиялык учунда орношкон. Ошондуктан сабактар жана тамырлар учунан өсөт. Мындай өсүү **апикалдык өсүү** деп аталат (68-сүрөт, 1).

Дан өсүмдүктөрүнүн сабактарынын өсүүсү муун аралык өсүү. Алардын өсүү меристемасы муундарында жайланышкан. Мындай өсүү **интеркалярдык өсүү** деп аталат (68-сүрөт, 2). Дан өсүмдүктөрүнүн муун меристемасы жалбырактын төмөнкү бөлүгү менен оролуп, корголуп турат. Башка ткандардын өсүүсү токтосо да анын активдүү бөлүнүшү көпкө чейин сакталат.

Дан өсүмдүктөрүнүн ж.б. бир үлүштүү өсүмдүктөрдүн жалбырактарынын, гүл сабактарынын меристемалык точкала-



68-сүрөт. Өсүүнүн түрлөрү:
1-апикалдык; 2-интеркалярдык; 3-базалдык;
4-жалпы бети менен өсүү; м-меристема.

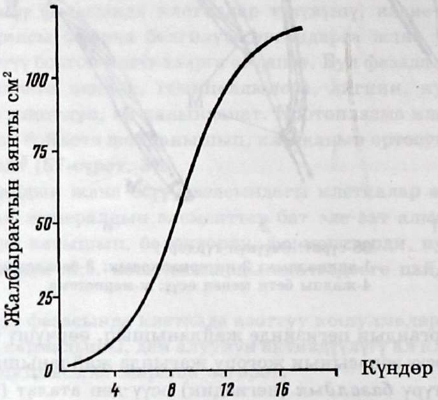
ры органдын негизинде жайланышып, өөрчүшү бүткөн ткандар өсүү зонасынын жогору жагында жайланышкан. Өсүүнүн бул түрү ***базалдык*** (негиздик) өсүү деп аталат (68-сүрөт, 3). Эки үлүштүү өсүмдүктөрдүн (мисалы, тамекинин) жалбырактары бүтүндөй бети боюнча өсөт (68-сүрөт, 4).

Камбийдин бөлүнүшүнүн натыйжасында ксилеманын жана флоэманын элементтери пайда болот. Камбийдин таасири астында активдештирилген борбордук цилиндрдин клеткаларынын бөлүнүүсүнөн сабактын жана тамырдын паренхемасы пайда болот. Сабактын жана тамырдын туурасынан жоонуюп өсүшү ушундайча жүрөт.

Өсүүнүн ылдамдыгы

Өсүүнүн ылдамдыгы өсүмдүктүн түрүнүн өзгөчөлүгүнө, өсүүнүн жана азыктануунун шарттарына жана жашына жараша болот. Организмдин жана органдын активдүү өсүшү онтогенездин баштапкы этаптарына мүнөздүү. Өсүмдүктүн же органдын жашоосунун аягында өсүү акырындап, андан ки-

йин такыр токтолот. Бир жылдык өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн токтолушу алардын уруктарынын бышуусуна дал келет. Өсүмдүктүн же анын органынын онтогенезде өсүүсүнүн схемасы S формасындагы ийри сызыкты берет (69-сүрөт).



69-сүрөт. Өсүүнүн ылдамдыгы.

Сүрөттө көрсөтүлгөндөй онтогенездин башында өсүүнүн ылдамдыгы төмөн. Андан кийин ал жогорулап, онтогенездин аягында кайра төмөндөйт. Өсүмдүк же анын органы картайган сайын өсүү сызыгы түзөлөт.

Монокарптык өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн токтолушу гүлдөгөндөн кийин байкалат. Ар түрдүү поликарптык өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн активдүү жана акырындаган мезгилдери онтогенездин ар кандай этаптарына туура келет.

Өсүүнүн ылдамдыгы бир катар чоңдуктар менен мүнөздөлөт:

1) өсүүнүн ылдамдыгы – убакыттын бирдигинин ичинде өсүмдүктүн массасынын өсүшү. $v=m/t$, m – өсүмдүктүн массасы, t – убакыт.

2) салыштырмалуу өсүү өсүмдүктүн баштапкы салмагына карата проценттик өсүүсү.

$$R = \frac{(w_1 - w_0)}{w_0} \cdot 100$$

w_1 – өсүмдүктүн кийинки өлчөмү.

w_0 – өсүмдүктүн баштапкы өлчөмү.

3) өсүүнүн абсолюттук ылдамдыгы – убакыт аралыгында өсүүнүн убакыт бирдигине болгон катышы:

$$K = \frac{(w_2 - w_1)}{(t_2 - t_1)}$$

t_1, t_2 – убакыт (саат, сутка).

w_2 – өсүмдүктүн кийинки өлчөмү, w_1 – мурунку өлчөмү.

9.2.1. Өсүүнүн мезгилдүүлүгү. Тыныгуу жөнүндө түшүнүк

Өсүмдүктөрдүн өсүүсү бир калыпта жүрбөйт. Активдүү өсүү өсүүнүн начарлашы менен алмаштырылат. Кийин өсүү кайра күчөшү мүмкүн. Өсүү этаптарынын алмашышы тышкы чөйрөнүн шарттарынын мезгилдүү өзгөрүүсү менен байланыштуу. Көп жылдык өсүмдүктөрдүн өсүүсү жазында күн жылыганда активдештирилип жогорку деңгээлде болуп, андан кийин өсүүнүн ылдамдыгы начарлап, акырында токтоп, кыш бою тыныгууда болот.

Тыныгууда тиричилик процесстери такыр токтобойт. Бул салыштырмалуу тынчтык. Акырындатылган ички физиологиялык процесстер токтобойт. Аларсыз кийинки активдүү өсүш да болбойт. Бүчүр, пияз түп, тамыры жемиш ж.б. ар кандай өсүмдүктөрдүн тыныгууну өтүүчү органдары болуп саналат. Бир жылдык өсүмдүктөрдүн тыныгууну өтүүчү органы – алардын уругу.

Тыныгууга өтүүнүн себептерине жараша ***мажбурланган*** жана ***физиологиялык*** тыныгуу болуп бөлүнөт.

Өсүүнү токтотуучу тышкы чөйрөнүн факторлору (төмөнкү температура, жайкы ысык, кургакчылык) мажбурланган тыныгуунун себептери болот. Тыныгуудагы өсүмдүк жана анын

органдары чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына туруктуу. Мисалы, карагайдын тыныгуудагы ийне жалбырагы кышкы -50^0, -60^0C туруктуу. Жайында -2^0, -3^0C өлөт.

Түйүлдүктүн же анын тегерегиндеги ткандардын өсүүнү токтотуучу касиеттери физиологиялык тыныгууга алып келет. Тыныгууну өсүүнү күчөткүчтөр жана аны токтотуучулар (индолилуксус кислотасы, цитокининдер, гиббереллиндер жана абсциз кислотасы) жөнгө салат. Абсциз кислотасынын жана индолилуксус кислотасынын көп кармалышы өсүүнү токтотот. Бул фитогормондордун төмөнкү концентрациясында жана гиббереллиндер менен цитокининдердин жогорку концентрациясында өсүмдүктөрдүн өсүүсү башталат.

Тышкы чөйрөдө өсүүгө ыңгайлуу бардык шарт болсо да кээ бир өсүмдүктөрдүн тыныгуудагы органы өсүүсүн баштабайт. Анын ткандарында белгилүү биохимиялык, физиологиялык өзгөрүүлөр жүргөндөн кийин гана тыныгуудан чыгып, өсө баштайт.

Тыныгуудагы органдарда суу аз кармалат, коллоиддердин гидрофилдүүлүгү төмөн. Аларда липиддер көп кармалып, ал клеткага суунун жутулушуна, протоплазманын көбүшүнө тоскоолдук кылат. Уруктар тыныгуудан чыгып өнө баштаганда протоплазманын гидрофилдүүлүгү өсүп, ферменттик, гидролиздик, кычкылдануу дем алуу процесстери күчөйт. Запастык азыктык заттардын гидролизинин продуктулары жаңы өөрчүп жаткан организм үчүн энергиянын булагы жана пластикалык материал катары пайдаланылат. Уруктар өнө баштаганда нуклеин кислоталарынын, өзгөчө РНКнын, белоктун синтезделиниши күчөйт.

Өсүмдүктөрдүн тыныгуусун жөнгө салуу

Өсүмдүктөрдүн тыныгуусу чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарынын таасиринен сактануунун жолу болуп саналат. Бирок уруктардын өнүшүнүн кечигиши айыл чарбасында бир топ кыйынчылыктарды туудурат. Ошондуктан өнүп чыгуунун кечигишинин себептерин таап, аларды чечтетүүнүн практикада чоң мааниси бар.

Уруктардын калың кабыгынын сууну өткөрбөстүгү уруктардын өнүп чыгуусунун кечигишинин себептеринин бири болуп саналат (мисалы, чанактуулардын уругу, сөөктүү уруктар). Сөөктүү уруктарды жогорку нымдуулукта жана төмөнкү температурада (0°С) кармап кабыгын жумшартышат же механикалык жол менен кабыгын бузат. Уруктардын калың катуу кабыгын механикалык жол менен толук же жарым жартылай бузуу скарификация деп аталат. Уруктардын калың катуу кабыгын жумшартыш үчүн уруктарды 0°С нымдуу кумда өсүмдүктүн түрүнө жараша 30–75 күн кармашат. Бул метод стратификация деп аталат. Бул методду колдонуу сөөктүү жемиштерди (шабдаалы, алча) уруктарынан өстүрүүдө жакшы натыйжаларды берет.

Уруктардын калың кабыгы аркылуу кычкылтек өтпөй уруктун өнүшү кечигет. Өзгөчө жаңы жыйнап алынган уруктардын кабыгы кычкылтекти өткөрбөйт.

Толук бышып жетилбеген урук, жаңы жыйналган картошка өнүүгө жөндөмсүз. Ага ички биохимиялык-физиологиялык процесстер себеп болот. Алардын өсүүгө жөндөмдүүлүгү кыштын экинчи жарымынан кийин башталат.

Жалбырагын түшүрүүчү дарактардын сабактарын жылуу сууда же ысык абада кармаганда, эфир, спирт, туз же күкүрт кислоталары менен таасир этконде алардын бүчүрлөрү эрте ачылат. Эфирдин буусунда кармалган сирень 2–3 жумадан кийин гүлдөйт.

Турмушта өсүмдүктүн тынчтык мезгилин кыскартпастан кайра узартууга туура келип калат. Мисалы, картошканы, пиязды сактоодо анын өсүүсүн токтотуунун практикалык чоң мааниси бар. Сактоодогу картошканын өсүүсүн токтотуш үчүн α-нафтилуксус кислотасынын метилдик эфири, α-нафтилдиметил эфири, гидразид малеин кислотасы (ГМК) же радиоактивдүү нурлар менен иштетишет. Дозасы 6000–8000 рентген гамма нурларынын таасиринен кадимки картошка сактоочу жайдагы картошканын өнүүсү 1,5–2 жылга токтотулат.

9.2.2. Морфогенездин механизми

Өсүүнүн жана өөрчүүнүн жүрүшүндө ткандардын жана органдардын пайда болушу ***морфогенез*** деп аталат. Организмдин жана анын бөлүктөрүнүн аларга гана тиешелүү болгон формалардын пайда болушунун себептерин аныктоо биологиянын татаал жана толук изилдене элек проблемаларынын бири болуп саналат. Бул проблеманы чечиш үчүн биринчи иретте көп клеткалуу организмдин клеткаларынын, ткандарынын, органдарынын онтогенезде өз ара байланышуу жолдорун түшүнүш керек.

Эмбриогенез жана регенерация үчүн белгилүү генетикалык программанын ирети менен ишке киргизилиши жана мейкиндикте морфологиялык багыттуулуктун болушу маанилүү. Генетикалык программа белгилүү химиялык жана физикалык-химиялык факторлордун, фитогормондордун жардамы менен аткарылат. Ал эми багыттуулук мембраналык процесстерге негизделген. Тамырдын пайда болуусунун генетикалык программасынын аткарылышы үчүн ауксиндин, сабак пайда болуунун программасына жооптуу гендин активдүүлүгү үчүн цитокинин менен индолилуксус кислотасынын көп кармалышы керек экендигин окумуштуулардын изилдөөлөрү далилдеген. Бөлөк фитогормондор жана биологиялык активдүү заттар башка генетикалык программалардын ишке киришине түрткү болот.

Организмдин өөрчүшүндө формалар биологиялык структуралардын уюлдуулугунун негизинде пайда болот. Морфологиялык-физиологиялык градиентти пайда кылуу процесстердин жана структуралардын багыттуулугу ***уюлдуулук*** деп аталат. Уюлдуулук клеткалардын, ткандардын, органдардын, организмдин формасын аныктайт.

Өсүмдүктөр үчүн эки уюлдуулук (сабак-тамыр) мүнөздүү. Тамырдын жана сабактын калемчелеринин апикалдык учунан сабак, базалдык учунан тамыр өөрчүйт. Анткени индолилуксус кислотасы калемченин морфологиялык төмөнкү учунда жыйналып, тамыр пайда болуунун генетикалык программасын козгоп ишке киргизет.

Көп клеткалуу организмдердин клеткаларынын уюлдуулугу ар кандай себептердин натыйжасында келип чыгат:

1) физикалык-химиялык градиенттен (осмостук басым, O_2, CO_2нин концентрациясы);

2) гормондук, электрдик жана заттык градиенттен;

3) коңшу клеткалардын таасирлеринен (өз ара механикалык басымы, тартылуусу). Өсүмдүктүн бир бүтүндүгүн түзүүдө борбордук сабактын жана тамырдын учтарындагы градиент чоң роль ойнойт.

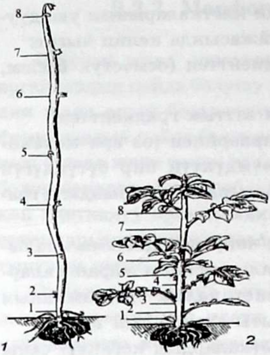
Клеткалар ички жана тышкы чөйрөдөн дайыма маалыматтарды алып турушат. Ошол маалыматтарга жараша алардын функциялык активдүүлүгү, генетикалык программанын ишке кириши, уюлдашуунун багыты аныкталып турат.

Бөлүнүүнүн натыйжасында клеткалардын керектүү саны пайда болгондон кийин клетканын группадагы орду анализденет. Эгерде клеткалар группанын үстүнкү катмарында жайгашкан болсо, анда эпидермалык генетикалык программа ишке кирип, эпидермалык клеткалар болуп адистештирилет. Группанын борборунда жайланышкан клеткалар ксилемалык клеткага адистештирүүчү программа боюнча өзгөрүшөт. Борбордон четте жаткан клеткалардан флоэма пайда болот. Аралык абалды ээлеген клеткалар камбийлик клеткалар болуп адистештирилет.

9.2.3. Тышкы чөйрөнүн факторлорунун өсүүгө тийгизген таасири

Өсүмдүктөрдүн өсүүсүнө тышкы чөйрөнүн көп факторлору таасирин тийгизет: жарык (анын сапаты, күчү, узактыгы, мезгилдүүлүгү), температура (чоңдугу, мезгилдүүлүгү), оордук күчү, магниттик талаа, нымдуулук, минералдык жана органикалык азыктык заттар. Булардан башка да өсүмдүктөрдүн өсүүсүнө айланасында өскөн башка өсүмдүктөрдүн, микроорганизмдердин жашоо тиричилигинде бөлүнүп чыккан заттар да таасирин тийгизет.

Жарык. Жарыктын өсүүгө тийгизген таасири татаал жана ар түрдүү. Жарык өсүмдүккө фотосинтез үчүн керек. Өсүү про-



70-сүрөт. Жарыктын өсүүгө тийгизген таасири.
1-караңгыда, 2- жарыкта өскөн картошка.

цессинин өзүнүн жүрүшү үчүн жарык талап кылынбайт. Өсүү үчүн талап кылынган шарттар (азыктык заттардын болушу, температура, нымдуулук ж.б.) түзүлгөндө өсүмдүк караңгыда да өсө берет. Бирок караңгыда өскөн өсүмдүк жарыкта өскөн өсүмдүктөн айырмаланып, ***этиолдошкон*** өсүмдүк деп аталат.

Караңгы жерде өскөн өсүмдүк жашыл өңүн жоготуп, саргыч, ак түстө болот. Анатомиялык түзүлүшү боюнча да өзгөчөлөнөт. Ткандары борпоң, механикалык элементтери начар өөрчүйт, клеткалары узун, клетка аралык боштуктары көп (70-сүрөт).

Жарыктануусу нормалдуу шартта өскөн өсүмдүктөр кыскараак, клеткалары кыска, ткандары тыгыз болот.

Өсүүгө жарыктын күчү, гана таасир тийгизбестен анын сапаты да таасир тийгизет. Толкунунун узундугу кыска нурлар (көк, фиолеттик нурлар) клеткалардын бөлүнүшүн тездетип, чоюлуп өсүүсүн акырындатат. Кызыл нурлар, тескерисинче, клетканын бөлүнүшүн акырындатып, узунунан өсүүсүн күчөтөт. Инфракызыл нурлары да кызыл нурлардай таасир көрсөтөт.

Бийик тоолордо өскөн өсүмдүктөрдүн боюнун кыскалыгы ультрафиолеттик нурларды көп алгандыгы жана төмөнкү температурада өскөндүгү менен түшүндүрүлөт.

Жарык өсүмдүктө кычкылданып калыбына келүү процесстерин активдештирет.

Температура өсүмдүктүн өсүүсүнө бир кыйла таасир көрсөтөт. Температуранын 0дөн 35°С га чейинки аралыгында температуранын өсүүгө тийгизген таасири Вант-Гоффтун эрежесине баш ийип, температура 10°С жогорулаганда өсүүнүн

ылдамдыгы 2–3 эсе өсөт. Бирок 35–40^{0}Сдан жогорку температурада өсүүнүн ылдамдыгы төмөндөйт.

Температуранын тийгизген таасирине ыңгайлашкандыгына карата өсүмдүктөр жылуулукту сүйүүчү жана суукка туруктуу өсүмдүктөр болуп бөлүнөт. Жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн минималдык точкасы 10^{0}Сдан жогору, оптималдык температурасы 30^0–40^{0}С. Суукка туруктуу өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн минималдык температурасы 0^0–+5^{0}С, оптималдык температурасы +25^0 – +31^{0}С. Көпчүлүк өсүмдүктөр үчүн максималдык температура +35^0 – +45^{0}С.

Ар түрдүү өсүмдүктүн температураны сезгичтиги ар түрдүү. Тропикалык өсүмдүктөр үчүн +10^{0}С суук температура болуп саналат. Ал эми Сибирдин көп өсүмдүктөрү –50^{0}С нормалдуу кышташат.

Аба. Жашыл өсүмдүктөр аэробдук организмдер. Дем алууда жутулган кычкылтек өсүмдүктөгү энергия жумшалуучу көп процесстердин жүрүшүнө шарт түзөт. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусу, топурактан сууну соруп алышы, заттардын ташылышы өсүмдүк кычкылтек менен жетиштүү санда камсыз болгондо гана нормалдуу жүрөт.

Абанын составында кычкылтектин кармалышы 21% . Бул чөйрөдө өсүмдүк кычкылтектин жетишсиздигин сезбейт. Кычкылтек мындан да аз кармалган чөйрөдө өсүү нормалдуу.

Кычкылтектин жетишсиздигине жер үстүндөгү органдарга караганда тамыр системасы сезгич келип, анаэробдук чөйрөдө чирийт. Анткени ачуу процесстери жүрө баштайт.

Суунун кармалышы. Клетканын өсүүсүнүн экинчи этабында чоюлуп өсүүсү клетканын вакуолдошуп, ага суунун жутулушуна негизделген. Ошондуктан суунун жетишсиздиги өсүүнү токтотот. Суу зат алмашуу процесстерине (фотосинтез, дем алуу) катышуусу аркылуу өсүүгө кыйыр да таасир көрсөтөт.

Жер үстүндөгү органдар нымдуулугу 50–70% болгон кургагырак чөйрөдө жайланышкандыктан сууну көп жоготуудан сактаныш үчүн кутикулалык кабыкча, эпидерма менен капталган.

Минералдык заттар. Өсүмдүктөрдүн өсүүсүнө топуракта минералдык элементтердин, өзгөчө азоттун, кармалышы чоң таасирин тийгизет. Азот вегетативдик органдардын күчтүү өсүшүнө алып келет. Азоттун нормадан ашык болушу мөмө байлоосун кечиктирет. Фосфор энергетикалык процесстерге, нуклеин кислоталарынын синтезделишинде катышып, өсүмдүктөрдүн өсүп-өөрчүшүн тездетет жана формалардын пайда болушунда катышат. Бардык минералдык заттар өсүмдүктүн зат алмашуусуна катышуусу аркылуу өсүүгө кыйыр таасир тийгизет.

9.2.4. Фитогормондор

Өсүмдүктө синтезделинип, анын өсүүсүн күчөтүүчү жана токтотуучу биологиялык активдүү заттар фитогормондор деп аталат. Фитогормондор: индолилуксус кислотасы (ИУК), цитокининдер, гиббереллиндер, ауксиндер ж.б.

Ауксин ($C_{18}H_{30}O_4$) жүгөрүнүн уругунун майынан бөлүнүп алынган. Азот жана узун толкундуу нурлар ауксиндин синтезделинишине жакшы шарт түзөт.

Ауксин сабактын жана тамырдын өсүү точкаларында (меристемалык ткандарда) активдүү синтезделинип, ошол ткандарда башкаларга караганда көбүрөөк кармалат. Ауксин өсүү точкаларынан башка ткандарга (жалбыракка, уруктарга) ташылат. Меристемадан ал ткандар канчалык алыс болсо, аларда ауксин ошончолук аз кармалат.

Кышында ауксин тамырдан сабакка, бүчүрлөргө, жазында жана жайында жалбырактан тамырга ташылат. Кадимки шарттарда ауксин жогорудан төмөн (жалбырактан тамырга) карай ташылат. Ауксин камбийдин бөлүнүшүн активдештирип, онтогенездеги өзгөрүүлөргө алып келет. Бул фитогормон клетканын бөлүнүшүн, чоюлуп өсүшүн, кошумча тамырлардын пайда болушун күчөтөт; гүлдөөнү токтотот, фотомезгилди, уруктануунун жүрүшүн өзгөртөт. Ауксиндин жардамы менен жасалма партенокарпияны (уруксуз мөмөнү) алууга болот. Ауксин өсүмдүктүн биохимиялык, ферменттик процесстерине да таасирин тийгизет. Анын таасири менен клеткалар-

да калыбына келүү реакцияларынын жүрүшү жогорулап, дем алуу, энергетикалык процесстери күчөөрү аныкталган.

Өсүүнү ауксинден да күчтүүрөөк активдештирүүчү фитогормон – *гетероауксин* ($C_{10}H_9O_2N$). Ал биринчи жолу ризопус ж.б. бубак козу карындарынан, кийин жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн ткандарынан жана жаныбарлардын сийдигинен бөлүнүп алынган.

Структурасы боюнча гетероауксин – β – индолилуксус кислотасы. Индолилуксус кислотасы (ИУК) триптофан аминокислотасынын кычкылданышынан пайда болот. Гетероауксин (ИУК) меристеманын активдүү бөлүгүндө синтезделинип, зат алмашуу, кычкыլдануу процесстеринин жүрүшүнө жараша өсүмдүк боюнча ар кандай багытта жылат.

Гетероауксин тамырдын пайда болушун, тыныгуудагы бүчүрлөрдүн өсүүсүн активдештирет; сабактын туурасынан өсүшүн, өткөрүүчү түтүктөрдүн пайда болушун, заттардын ташылышын жөнгө салат. өсүмдүктө белоктун, нуклеин кислоталарынын синтезделиниши индолилуксус кислотасынын активдүүлүгү менен байланыштуу.

Гибберелиндин физиологиялык активдүүлүгү ар кырдуу. Жарыкта синтезделинип, караңгыда ажырайт. Гиббереллин өсүмдүктүн тамырында синтезделинип, андан өсүмдүктүн бардык ткандарына жана органдарына ташылат. Анын ташылышы суу жана ассимиляттар менен бирдикте ксилема аркылуу да, флоэманын элек түтүктөрү аркылуу да чоң ылдамдыкта жүрөт.

Гиббереллиндердин түрү азыркы кезде 35тен ашык. Алардын ичинен активдүүсү гиббереллин кислотасы. Ауксинден айырмаланып, гиббереллиндер сабак боюнча төмөн да, жогору да жыла алышат.

Гиббереллин өсүмдүктүн сабагын, жалбырактардын сабакчасын күчтүү узартат. Бул фитогормондун таасири астында кодоо (карлик) өсүмдүктөрдүн муун аралыктары күчтүү узарып бутактануусу начарлайт, уруктардын тыныгуудан чыгып өнүүсү башталат.

Гиббереллиндердин таасири астында эки жылдык өсүмдүктөр биринчи жылда гүлдөйт. Алардын өсүмдүккө тийгиз-

ген таасири концентрациясына байланыштуу болот. Жогорку дозасы өсүүнү токтотот. Ошондуктан ал гербидцид катарында да колдонулат.

Цитокининдер негизинен тамырда синтезделинип, ксилема боюнча сабактын учуна жана жалбыракка ташылат. Клеткалардын бөлүнүшүн, өсүшүн, адистештирилишин активдештирет. Цитокининдер уруктун жана тыныгуудагы бүчүрлөрдүн ачылып өсүшүн тездетет.

Бул фитогормондор өсүмдүктөрдүн ткандарынын картаюусун акырындатып, жалбырактардын жашоо мөөнөтүн узартат. Мисалы, саргайып бара жаткан жалбыракка цитокинин менен таасир кылганда анда белоктордун жана хлорофиллдин синтезделиниши калыбына келип, активдүү жүрө баштаган.

Өсүмдүктөрдүн өсүүсүн күчөтүүчүлөр менен бирдикте өсүүнү токтотуучулар да бар. Табыйгый өсүүнү токтотуучулар – жөнөкөй жана татаал полифенолдор, кумарин, скополетин, эскулитин. Өсүүнү токтотуучулардын (ингибиторлордун) концентрациясы азайганда көп жылдык дарактардын тыныгуудагы бүчүрлөрүнүн өсүшү, тамыр пайда кылуу процесстери күчөйт.

Ингибиторлор жалбыракта синтезделинип, андан башка органдарга ташылат. Ингибиторлор мөмө жандагычта кармалып, уруктун өнүшүн токтотууга шарт түзөт. Алардын төмөнкү концентрациясы өсүүнү күчөтөт. Гербидциддерден айырмаланып, өсүүнү токтотуучулардын таасирин токтоткондо өсүү кайра калыбына келет.

Гербидциддер – өсүү точкасын, ткандарды, органдарды, бүтүндөй өсүмдүктү өлтүрүүчү химиялык кошулмалар. Мындай өлтүрүүчү касиетке чоң концентрациядагы бардык өсүүнү күчөткүчтөр да ээ. Ауксиндердин гербидциддик касиетке ээ экендиги байкалган.

Азыркы кезде көп өлкөлөрдө көп жасалма гербидциддик кошулмалар синтезделинип алынып, отоо чөптөрдү жоготуу үчүн колдонулат. Гербидциддер концентрациясына жана өсүмдүктөрдүн түрүнө жараша таасир кылат. 2,4-дихлорфеноксиуксус кислотасы (2,4 Д) жана 2-метил-4-хлорфеноксиуксус кислотасы (2-М-4Х) эки үлүштүү өсүмдүктөрдү өлтүрүп,

бир үлүштүүлөр үчүн зыянсыз. Симазин жана хлоразин жүгөрүнүн отоо чөптөрүн жоготот.

Гербидциддердин бирөө өсүмдүктүн ксилемасы аркылуу гана ташылып, жалбыракта топтолуп анын хлоропласттарын, пигментин бузуп, фотосинтезин токтотуп, жабырлатып өлтүрөт. Башкалары ксилема боюнча да, флоэма боюнча да ташылып, жаш өсүп жаткан органдарда жана ткандарда топтолот. Бул гербидциддердин өсүмдүктү өлтүрүүчү таасири ар кандай.

Гербидциддердин өсүмдүктү өлтүрүүчү таасири алардын ауксиндердин синтезделишине тийгизген таасири менен түшүндүрүлөт. Ал эми гербидциддердин өсүмдүктүн түрүнө карата таасир кылышы өсүмдүктөрдүн жалбырактарынын түзүлүшүнө, химиялык заттардын кармалышына байланыштуу болот. Мисалы, жүгөрүнүн ткандарында симазинди ажыратуучу фермент бар. Ошондуктан симазин жүгөрү үчүн зыянсыз, отоо чөп үчүн зыяндуу.

Жасалма өсүүнү токтотуучулар жана күчөткүчтөр

Өсүмдүктөрдүн өсүүсүн башкаруу максатында көп жасалма өсүүнү күчөткүчтөр жана токтотуучулар колдонулат.

1. Ауксин сыяктуу активдүү заттар. Жасалма индолдук, фенолдук кошулмалар ИУКа окшош таасир этет. Алар ар түрдүү максатта колдонулат:

1) токой жана жемиш дарактарынын калемчелеринин тамырлануусун тездетүү;

2) партенокарпиялык (уруксуз) мөмөлөрдү алуу жана мөмө байлоону тездетүү;

3) мөмөлөрдүн жерге түшүүсүн токтотуу;

4) жемиш бактарынын гүлдөрүнүн санын азайтуу;

5) отоо чөптөрдү жоготуу.

2. Гиббереллин кислотасы төмөнкү максаттарда колдонулат:

1) жүзүмдүн уруксуз сортторун алуу;

2) тыныгуудан чыгаруу. Түштүк райондордо картошканы жайында экинчи жолу отургузганда картошканын көзчө-

лөрүнүн тез өсүшү үчүн жаңы жыйылган картошканы гиббереллин кислотасы (1–2 мг/л) же тиомочевина (20 мг/л) менен иштетишет.

3. Ретарданттар – өсүүнү токтотуучу жасалма кошулмалар. Алар – хлорхолинхлорид (ССС), фосфоний, диметил аминоянтар кислотасы ж.б. Булар өсүмдүктүн ткандарында табылган эмес.

Ретарданттар муун аралыктарды кыскартып, сабактын узунунан өсүүсүн токтотот. Сабактын бышыктыгын жогорулатып, өсүмдүктүн (өзгөчө дан өсүмдүктөрүнүн) жыгылууга туруктуулугун арттырат. Ретарданттар гиббереллиндерге каршы таасир этет. Ретарданттардын таасири менен алынган кодоодукту (карлик) гиббереллиндин жардамы менен жоюуга болот. Бул кошулмалар жемиш бактарынын мөмө байлашын тездетет.

4. Этилен бышып жетиле элек көк мөмөлөрдүн бышып жетилүүсүн тездетүү үчүн колдонулат. Этиленден алынган этрел мөмөлөрдү бир убакта жетилтүү, гүлдөрдүн санын азайтуу үчүн колдонулат. Этрел бадырандын жана ашкабактын ургаачы гүлдөрүнүн санын көбөйтүп, түшүмдүүлүгүн жогорулатат.

9.3. Өсүмдүктөрдүн онтогенези (өөрчүүсү)

Организмдин түйүлдүктөн баштап табигый өлгөнгө чейинки өздүк өөрчүүсү ***онтогенез*** (грекче – ontos – тиричилик, латынча – genesis – пайда болуу, келип чыгуу) деп аталат. Онтогенездин жүрүшүндө чөйрөнүн белгилүү шарттарында организмдин тукум куучулук маалыматтары (генотиби) ишке ашырылат. Натыйжада анын бардык белгилери жана касиеттери (фенотиби) калыптанат.

Өсүмдүктүн онтогенезинде бири-биринен айырмаланган эки мезгил бар. Онтогенездин баш жагында өсүмдүктө вегетативдик органдары (жалбырактары, тамыры, сабактары), андан кийин мөмө байлоочу органдары (гүлдөрү, мөмөлөрү) пайда болот. Ушул эки мезгилдин жүрүшүнө жараша өсүмдүктөр эки топко бөлүнөт:

1) бир жолу мөмө байлоочулар (монокарптар);

2) көп жолу мөмө байлоочулар (поликарптар).

Монокарптык өсүмдүктөрдө энелик өсүмдүк мөмө байлап, тукум бергенден кийин өлөт. Өсүмдүктөрдүн бул тобуна бир жылдык, эки жылдык жана кээ бир көп жылдык өсүмдүктөр (мисалы агава) кирет. Агава 8–10 жылда бир жолу гүлдөп, мөмө берип өлөт.

Поликарптык топтогу өсүмдүктөрдүн гүлдөп, мөмө байлашы онтогенезде мезгил-мезгили менен (өлбөстөн) кайталана берет.

9.3.1. Онтогенездин этаптары

Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн өөрчүүсү (онтогенези) төрт этапка бөлүнөт:

1) эмбрионалдык;

2) жаштык;

3) жетилүү;

4) картаюу.

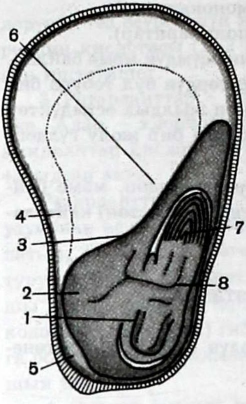
Зиготадан урук пайда болгонго чейинки түйүлдүктүн өөрчүгөн мезгили ***эмбрионалдык этап*** деп аталат. Уруктануудан пайда болгон зигота бир нече жолу бөлүнүп, бир катар фазаларды өтүп, эндосперми, түйүлдүк сабакчасы, түйүлдүк тамырчасы, жалбыракчасы бар урукка айланат (71-сүрөт).

Жаштык этап уруктуу өсүмдүктөрдүн уругунун же вегетативдик көбөйүү органдарынын (пияз түп, картошка) өнүүсүнөн башталат. Бул этап өсүмдүктүн вегетативдик органдарынын жана массасынын топтолушу менен мүнөздөлөт. Жыныстык көбөйүү жүрбөйт.

Уруктун өнүшү анын кабыгынын сууну өткөргүчтүгү жогорулап, сууну соруп алып көбүшүнөн башталат. Нымдуулугу 40–65% ке жеткенде уруктун кабыгы жумшарып жарылып, түйүлдүк тамырча узарып өсүп, кабыкты түртүп сыртка чыгат. Өсүп чыккан тамыр урукту топуракка бекитет.

Тамыр чыккандан кийин сабак өсүп чыгат. Жер алдында карангыда сабак жогору карай, тамыры төмөн карай өсөт. Сабактын жана тамырдын өсүшү эндоспермден келген фито-

гормондор (ИУК, цитокинин) менен активдештирилет.



71-сүрөт. Жүгөрүнүн уругунун түзүлүшү:
1-түйүлдүк тамырчасы;
2-калканч; 3-соруучу катмар;
4,- 5-алейрондук катмар;
6–эндосперм; 7–өсүү точкасы;
8–өткөрүүчү боо.

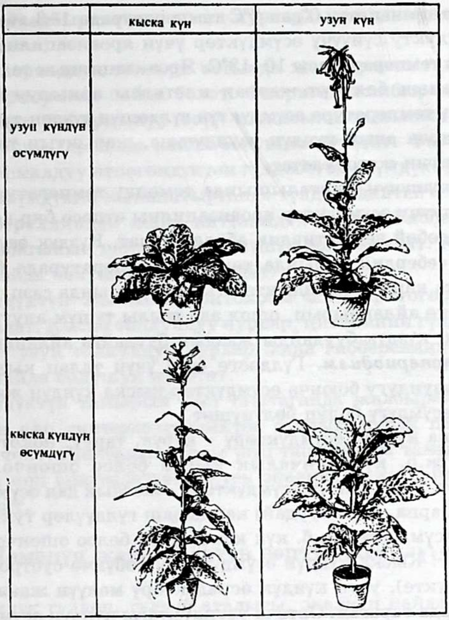
Өзүнүн жашыл жалбырагы пайда болгонго чейин өркүн уруктагы запастык азыктык заттардын эсебинен гетеротрофтук жол менен азыктанат. Өнүп жаткан уруктарда гидролиздик жана кычкылдануу процесстери күчөйт. Урук 28–30% нымдуулукта көпкөндө анын дем алуусу миң эсе өсөт. Крахмалдуу уруктарда амилазанын, белоктуу уруктарда протеазанын жана аминокислоталардын, майлуу уруктарда липазанын кармалышы көбөйөт. Запастык азыктык заттардын ажыроосунан пайда болгон продуктулар калканч аркылуу өтүп өркүндүн жаңы клеткаларын, ткандарын түзүүгө жана өсүү үчүн керектүү энергияны алууга жумшалат (63-сүрөт).

Өркүндүн сабагы жердин үстүнө чыкканда ал жашыл түскө келип, жашыл жалбырак пайда болуп, фотосинтез жүрүп, өсүмдүк фототрофтук азыктанууга өтөт. Өсүмдүктүн тамыры, сабагы бутактанып, каптал тамырлары жана жер үстүндөгү вегетативдик органдары пайда болот.

Жаштык этаптын созулушу ар түрдүү өсүмдүктө ар кандай. Мисалы, бир жылдык чөп өсүмдүктөрдө бир нече жума болсо, дарактарда ондогон жылга созулат.

Жетилүү жана ***көбөйүү*** этабында өсүмдүк вегетативдик өөрчүүдөн генеративдик өөрчүүгө өтөт. Бул этапта өсүмдүк гүлдөп, чаңдашып, уруктангандан кийин уруктар жана мөмөлөр пайда болот.

Өсүмдүктүн генеративдик өөрчүүгө – гүлдөөгө өтүшү үчүн эки фактордун – температуранын (яровизация) жана күндүн узундугунун (фотопериодизм) чоң мааниси бар.



72-сүрөт. Узун күндүн жана кыска күндүн өсүмдүктөрүнө күндүн узундугунун тийгизген таасири.

Эки жылдык жана күздүк өсүмдүктөрдүн өсүүнүн башында оң маанидеги төмөнкү температурада белгилүү мөөнөттө кармап, анын өөрчүшүн тездетүү ***яровизация*** (жаздыкдаштыруу) деп аталат.

Күндүн узундугунун, б.а. күн менен түндүн алмашышынын өсүмдүктүн өөрчүшүнө тийгизген таасири ***фотопериодизм*** деп аталат. Бул эки фактор – температура жана жарык – өсүмдүктүн өөрчүшүнө биринин артынан экинчиси таасир кылат.

Өөрчүшүндө яровизацияны өтүүнү талап кылуучу өсүмдүктөр күздүк, талап кылбоочулар жаздык деп аталышат.

Яровизацияны өтүү 0°дан 7°С температурада 1–3 ай созулат. Жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөр үчүн яровизациянын оптималдык температурасы 10–13°С. Яровизациянын таасири меристеманын бөлүнүп жаткан клеткасы аркылуу берилет. Төмөнкү температура өсүмдүктүн гүлдөшүн түздөн-түз чакырбайт, бирок анын күндүн узундугуна, жарыктын таасирине сезгичтигин жогорулатат.

Өрчүшүнүн башталышында төмөнкү температураны талап кылуучу өсүмдүктөр яровизацияны өтпөсө бир нече жыл бою гүлдөбөй вегетативдик абалда калат. Күздүк өсүмдүктүн уругун себердин алдында төмөнкү температурада белгилүү убакытта кармап (жаздыкташтырып) жазында сээп, жаздык өсүмдүккө айландырып, ошол эле жылы түшүм алууга болот (мисалы, күздүк буудайды жаздык буудайга айландыруу).

Фотопериодизм. Гүлдөөгө өтүү үчүн талап кылынуучу күндүн узундугу боюнча өсүмдүктөр кыска күндүн жана узун күндүн өсүмдүгү болуп бөлүнүшөт.

Кыска күндүн өсүмдүктөрү – күрүч, таруу, нокот, пахта, тамеки ж.б. күн канчалык кыска болсо ошончолук тез гүлдөшөт. Узун күндүн өсүмдүктөрү – жаздык дан өсүмдүктөрү (буудай, арпа, кара буудай) кайчылаш гүлдүүлөр тукумундагы көп өсүмдүктөр ж.б. күн канча узун болсо ошончолук тез гүлдөшөт. Кыска күндүн өсүмдүктөрү көбүнчө субтропиктерде (түштүктө), узун күндүн өсүмдүктөрү мелүүн жана түндүк алкактарда тараган. Орточо узундуктагы күндүн өсүмдүктөрү да бар, мисалы буурчак. Ал өсүмдүктөрдүн гүлдөшүнө күндүн узундугу таасир кылбайт.

Түндүк алкактын жайкы узун күндүү, кыска түндүү шартында узун күндүн өсүмдүктөрү тез гүлдөп, вегетативдик мезгилин кыска мөөнөттө өтүшөт. Ал эми кыска күндүн өсүмдүктөрү түндүктүн узун күндүү шартында гүлдөөгө өтпөй вегетативдик массаны гана түзөт. Ошондуктан кыска күндүн өсүмдүктөрүн мелүүн, түндүк алкактарда малга тоют, силос даярдаш үчүн өстүрүүгө болот. Кыска күндүн өсүмдүктөрүнүн гүлдөшү үчүн караңгы жана инфракызыл нуру сөзсүз керек.

Фотопериоддук таасирди кабыл алуучу орган жалбырак болуп саналат. Күн менен түндүн алмашуусу таасирин өсүүсү жаңы токтогон жаш жалбыракка тийгизет. Фотопериоддук

таасирди жалбырактын кызыл нурларды сезгич фитохрому кабыл алат.

Фотопериоддун таасири астында жалбыракта гүлдөөнүн гормону ***флориген*** пайда болот. Флориген жалбырактан сабакка өтүп, ал аркылуу өсүү точкасына ташылып келип көбөйүү органдарынын пайда болушун күчөтөт. Фотопериодизми нормалдуу өтпөгөндүктөн гүлдөбөгөн өсүмдүктү гүлдөп жаткан өсүмдүккө кыйыштырганда гүлдөй баштайт. Флориген гиббереллинден жана антезинден турат. Гиббереллин гүлдүн сабагынын пайда болуп өсүшүн жөнгө салат. Антезин гүлдүн пайда болушун жөнгө салат.

Өсүмдүктүн жынысын фитохром жана фитогормондор жөнгө салат. Кыска толкундуу нурлар, цитокинин гүлдүн энелигинин, узун толкундуу нурлар жана гиббереллин аталыгынын пайда болушун күчөтөт.

Өсүмдүктүн тамырын үзүп таштаганда жалбыракта гиббереллин көп синтезделгендиктен аталыктардын пайда болушу күчөйт. Жалбырактарды үзүп таштаганда тамырда цитокинин көп синтезделгендиктен энеликтердин пайда болушу күчөйт.

Мөмөнүн жана уруктун өөрчүп жетилүүсү

Өсүмдүк гүлдөп, гүлдүн аталыгы, энелиги пайда болгондон кийин энеликтин чаң алгычына аталыктын чаңчалары келип түшүп чаңдашат. Чаң алгычка чаңча түшкөндө анын клеткалык кабыкчаны эритүүчү ферменттери активдешип, чаң алгычтын клеткаларынын кабыкчасын эритип, анын ткандары боюнча өсүп чаңча түтүкчөсүн пайда кылып, мөмө байлагычка жетет. Бир спермия жумуртка клеткасы менен кошулуп, зигота пайда болот. Экинчи спермия полярдык ядро менен кошулуп, эндоспермдин өөрчүшү башталат.

Ошентип, мөмө гүлдөн пайда болот. Мөмө гүлдүн мөмө байлагычынан гүл төшөгүнөн, гүл коргонунан түзүлөт. Мөмөдө урук жайгашат. Мөмөнүн өөрчүшү төрт фазада жүрөт: 1) мөмө байлагыч пайда болот; 2) мөмөнүн уруктануудан кийинки өсүүсү анын клеткаларынын тез жана көп жолу бөлүнүүсүнүн

эсебинен жүрөт; 3) кийинки этаптарда клеткалары чоюлуп өсөт; 4) мөмө жана урук бышып жетилет.

Уруктанган жумуртка клеткасы, эндосперма жана жаңы өөрчүп жаткан урук мөмөнүн өсүүсүнө таасир тийгизет. Мисалы, толук өөрчүбөгөн урук мөмөнүн мөөнөтүнөн мурун түшүүсүнө себеп болот. Уруктун текши өөрчүбөгөнүнөн мөмөнүн формасы бузулат.

Жаңы өөрчүп жаткан урукта синтезделген ауксин, гиббереллин, цитокинин мөмөнүн өсүшүн башкарат. Бул биологиялык активдүү заттар жалбыракта синтезделген азыктык заттардын мөмөгө ташылып келишин тездетет. Натыйжада азыктык заттар вегетативдик органдарга аз ташылып, алардын өсүшү токтойт. Бул бир жылдык өсүмдүктөрдү картаюуга алып келет. Мөмөнү үзүп таштаса жалбырактардын картаюусу токтолот.

Мөмөдө жана урукта ауксин, гиббереллин, цитокининден башка өсүүнү токтотуучулар – ферул, кумар кислоталары, уруктун өсүүсүн токтотуучулар – абсциз кислотасы, жетилүүнү тездетүүчү – этилен кармалат. Мөмөнүн өөрчүүсүнүн акыркы фазасында этилендин көп синтезделиниши мөмөнүн жана уруктун жетилүүсүн тездетет.

Мөмөнүн жана уруктун өөрчүшүнүн баштапкы этабында дем алуу күчтүү жүрүп, мөмө чоңойгон сайын начарлап, жетилүүсүнүн аягында кыска убакытка кайра жогорулайт. Мөмөлөрдө лимон, алма, шарап кислоталары үстөмдүк кылат. Мөмөнүн өөрчүшүнүн баштапкы этабында органикалык кислоталар көп кармалып, бышып жетилгенде азаят. Ошондуктан бышып жетиле элек мөмөнүн даамы кычкыл болот. Күн ачыкта органикалык кислоталар дем алууга жумшалып, саны азаят. Күн бүркөктө мөмөлөрдө кармалышы көбөйөт.

Мөмөнүн өсүүсү бүткөндөн кийин ал бышып жетилет. Мөмө жетилгенде анын өңү, даамы өзгөрөт. Жетилген сайын органикалык кислоталар кантка айланып мөмөнүн кычкылдуулугу азайып, даамы таттуу боло баштайт. Антоциан, жыпар жыттуу заттар синтезделинет. Пектинди ажыратуучу ферменттер активдештирилет. Натыйжада мөмөнүн кабыгы жумшарат. Мөмөнүн жетилүүсүнүн аягында бышып жетилүүнү тездетүүчү этилендин кармалышы көбөйөт.

Мөмөлөрдү сактоодо алардын тез жетилүүсү максатка ылайык эмес. Көмүр кычкыл газынын жана кычкылтектин кармалышын өзгөртүү менен жетилүүнү акырындатууга болот. Кычкылтекти 3–5% ке чейин азайтуу этилендин синтезин токтотот.

Мөмө бышып жетилгенден кийинки мезгил **картаюу** этабы деп аталат. Бул этапта тиричилик процесстеринин жүрүшү акырындайт. Жалбырактарда хлорофиллдин, белоктордун, нуклеин кислоталарынын кармалышы азайып, фотосинтездин активдүүлүгү начарлап, гидролиздик ферменттердин активдүүлүгү жогорулайт. Өсүмдүктүн органынын картаюусу анын түшүшү менен аяктайт. Жалбырактын же мөмөнүн түшүшүнүн алдында алардын сабакчасынын сабакка кошулган жеринде бөлүүчү катмар пайда болот. Бул процессти картайган жалбыракта синтезделген этилен тездетет.

Цитокинин, ауксин, гиббереллин РНКнын жана белоктун синтезделинишин күчөтүп, картаюуну жайлатат. Ал эми этилен жана абсциз кислотасы картаюуну тездетет.

Картаюунун себептерин түшүндүрүү боюнча бир катар гипотезалар сунуш кылынган.

Бир, эки жылдык жана бир эле жолу мөмө байлоочу кээ бир көп жылдык өсүмдүктөрдүн картаюусу азыктык заттардын баарынын көбөйүү органдарына ташылып кетиши менен түшүндүрүлөт. Өсүмдүктүн башка органдары азыктык заттын жетишсиздигинен карыйт. Өсүмдүктүн гүлүн кесип таштоо менен анын картаюусун токтотууга болот.

Мындан тышкары, өсүмдүк мөмө байлаганда азыктык заттар тамыр системасына жетиштүү санда барбай калып, тамыр системасы начар өөрчүп, жер үстүндөгү органдарды суу жана минералдык элементтер менен толук камсыз кыла албай калат. Натыйжада жер үстүндөгү органдардын активдүүлүгү начарлап карыйт.

Өсүмдүктөрдүн картаюусу гормондордун катышынын өзгөрүүсү менен да байланыштуу. Көп жолу гүлдөөчү поликарптык өсүмдүктөрдүн сабагынын бийик өсүшү, тамыр системасынын начарлашы цитокининдин жер үстүндөгү органдарга ташылышын начарлатып, сабактын уч меристемасынын активдүүлүгүн төмөндөтөт. Натыйжада өсүмдүк карыйт.

Н.П.Кренкенин «Өсүмдүктөрдүн циклдик картаюу жана жашаруу теориясы»

Өсүмдүктөрдүн морфологиялык белгилеринин онтогенезде өзгөрүүсүн изилдеп Н.П.Кренке өсүмдүктүн онтогенези өз ара байланышкан, алмашып туруучу өзгөрүүлөрдөн – организмдин картаюусунан жана жашаруусунан турат деген жыйынтыкка келген. Бул теория боюнча картаюу менен жашаруунун ортосундагы карама-каршылык өөрчүүнүн кыймылдаткыч күчү болот.

Өсүмдүктүн онтогенезинде морфологиялык жана анатомиялык жаңы элементтердин үзгүлтүксүз пайда болушун Кренке жашаруу деп эсептеген. Жаңы органдардын, көбөйүү органдарынын пайда болушунан организм жашарат. Ар бир органдагы жана бүтүндөй организмдеги морфологиялык өзгөрүүлөрдүн жүрүшү өз ара байланыштуу.

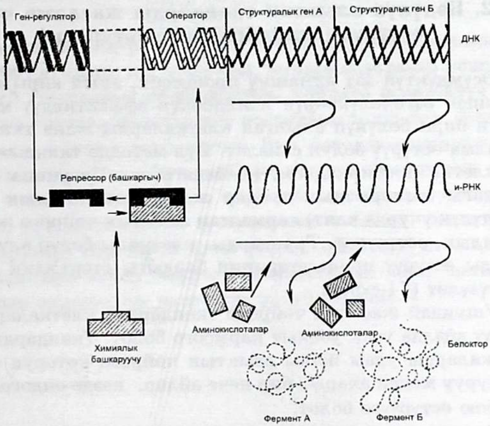
Органдын жашы ал орган пайда болгондон бери анда жүргөн процесстерди чагылдырат. Ал эми процесстердин жүрүшү ал орган пайда болгон учурдагы бүтүндөй организмдин жашына байланыштуу. Протоплазмадагы жана зат алмашуудагы сапаттуу өзгөрүүлөр организмдин картаюусунун негизин түзөт. Организмдеги жана анын органдарындагы морфологиялык жана биохимиялык өзгөрүүлөр анын жашын аныктайт.

Өсүмдүктөрдүн өсүүсү жана өөрчүүсү жөнүндө жогорудагыларды жыйынтыктаганда өсүмдүктүн онтогенезинде өсүү, адистештирүү, жаңы органдардын, элементтердин, урук жана мөмө пайда болуу процесстери жүрөт. Өсүмдүктүн өөрчүүсү зиготадан башталат. Зиготада бардык тукум куучулуктун маалыматтары программаланган. Көп клеткалуу организмдин зиготадан өөрчүшүн ички жана тышкы чөйрөнүн факторлору башкарат. Бул процессте эволюцияда бекиген өсүмдүктүн тукум куучулук касиеттери башкы ролду ээлейт.

Тукум куучулук маалыматты сактоо жана тукумдан тукумга берүү, организмдин тиричилик процесстерин жөнгө салуу биологиялык полимерлер – белокторго жана нуклеин кислоталарына тиешелүү.

Негизинен ядродо кармалуучу дезоксирибонуклеин кислотасы организмдин тукум куучулук касиеттерин алып жүрөт. ДНКнын чынжырчасындагы айрым участоктор гендердин ролун аткарышат. Ар бир ген белоктун белгилүү бир түрүнүн синтезделинишин аныктайт (73-сүрөт).

Белоктун касиети анын молекуласында аминокислоталардын жайланышы, саны менен аныкталынат. Ал эми белоктогу аминокислоталардын жайланышынын ирети информациялык РНКда нуклеотиддердин жайланышынын ирети менен аныкталынат. Информациялык РНК ДНКнын матрицасында ядродо синтезделинет. Синтез фермент РНКполимеразанын жардамы менен жүрөт. Белок синтезделинүүчү жайга – рибосомага АТФдин энергиясы менен активдештирилген аминокислоталар



73-сүрөт. Белоктун синтезделишинин ген аркылуу башкарылышынын схемасы (Ф. Жакобдун жана Ж. Манонун аныктоосу боюнча): Башкаруучу ген цитоплазма үчүн репрессорду (башкаргычты) иштеп чыгарат. Репрессор ген операторго таасир көрсөтөт. Ген оператор белок үчүн структуралык гендерди иштеп чыгарат. Структуралык гендердин матрицасында и-РНКлар синтезделет. и-РНКдагы маалыматтар боюнча ферменттик белоктор синтезделет. Репрессордун активдүүлүгү цитоплазмадагы химиялык башкаруучу менен жөнгө салынат.

транспорттук РНКнын жардамы менен ташылат. Рибосома аркылуу информациялык РНК өтүп, ташылып келген аминокислотанын белоктун молекуласындагы орду аныкталып, белоктун чынжырчасы синтезделет. Ошентип организмде белгилүү функцияны аткаруучу активдүү белоктун (мисалы, фермент) синтезделиниши ДНКнын жана РНКнын катышуусу менен жүрөт.

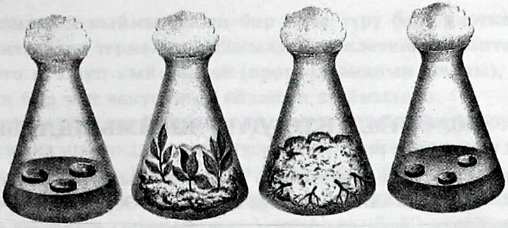
Ушундай жол менен синтезделинген белок-фермент өсүмдүктүн организминде, органдарында жүргөн зат алмашуу, өсүү, өөрчүү процесстерин жөнгө салып башкарат. Белоктон турган ферменттик системанын өзгөрүшү биохимиялык процесстердин жүрүшүн өзгөртөт. Ал эми зат алмашуудагы биохимиялык процесстердин өзгөрүшү жаңы сапаттагы клеткалардын, ткандардын жана органдардын пайда болушуна алып келет.

9.3.2. Бөлүнүп алынган ткандарды жасалма чөйрөдө өстүрүү (ткандардын культурасы)

Өсүмдүктүн зат алмашуу процессин, анын айрым органдарынын өзгөчөлүктөрүн изилдөөнүн эффективдүү методдорунун бири бөлүнүп алынган клеткаларды жана ткандарды жасалма өстүрүү болуп саналат. Бул методдо ткандын бөлүгү же клетка пробиркадагы, колбадагы же Петринин чашкасындагы минералдык туздар жана органикалык заттар (көпчүлүк учурда кант) кармалган азыктык чөйрөгө жайгаштырылып, өстүрүлөт. Ткандарды, клетканы бөлүп алуу жана аларды өстүрүү процесстеринин бардыгы стерилдик шартта жүргүзүлөт (74-сүрөт).

Ушундай жасалма чөйрөдө ткандарды, клеткаларды активдүү абалда узак убакыт кармоого болот. Ткандарды жана клеткаларды улам жаңы азыктык чөйрөгө которуп отургузуп туруу менен аларды бир нече айлар, кээде ондогон жылдар бою өстүрүүгө болот.

Бөлүнүп алынган ткандарды жасалма чөйрөдө өстүрүп тигил же бул заттын өсүүнүн ылдамдыгына тийгизген таасири аныкталынат. Бул методдун жардамы менен өсүмдүктүн нормалдуу өсүшү үчүн минералдык жана органикалык заттардан башка витаминдер, гормондор да керек экендиги далилденген. Ошондуктан бөлүнүп алынган организмден тышкары жасалма чөйрөдө ткандарды жана клеткаларды өстүргөндө



ИУК	2,0	2,0	2,0	2,0
Кинетин	5,0	0,5–1,0	0,02	0

Концентрации, мг/л

74-сүрөт. Өсүмдүктөн алынган сабактын бөлүгүнүн өсүшүнө жана анда органдардын пайда болушуна ИУКтун (2 мг/л) жана кинетиндин тийгизген таасири.

чөйрөгө витаминдер, төмөнкү концентрацияда гормондор (1:100000) нуклеин кислоталары, аминокислоталар кошулат. Ушундай составдагы пробиркадагы чөйрөдө өсүмдүктүн ткадынан же клеткасынан бардык органдары толук бар, гүлдөөгө жөндөмдүү өсүмдүк өсүп чыгат. Бул методду өсүмдүктөрдүн (декоративдик жана айыл чарбада) ар кандай вирустук оорулардан таза, ооруларга жана чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына (суукка, кургакчылыкка, туздуулукка, ысыкка, радиацияга ж.б.) туруктуу сортторун жана формаларын алууда колдонуп жатышат. Бул метод гендик инженериянын жана биотехнологиянын өндүрүштүк негизи да болуп саналат.

10. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН КЫЙМЫЛДАРЫ

Дем алуунун энергиясын жумшап, кыймылга келүү бардык тирүү организмдер үчүн мүнөздүү. Өсүмдүктөр үчүн да, жаныбарлар үчүн да кыймыл азыктаныш, заттарды жутуу, коргонуу, көбөйүү үчүн керек. Жаныбарларга салыштырганда өсүмдүктөрдүн кыймылы жай. Кыймылы жаныбарлардыкындай тез өсүмдүктөр да кездешет. Мисалы, мимоза, чымын кармагыч.

Жыйрылуучу белоктун жардамы менен кыймылдоочу жаныбарлардын кыймылынан айырмаланып, өсүмдүктөрдүн кыймылы осмостук процесстердин жардамы менен жүрөт.

Өсүмдүктүн кыймылынын төмөнкүдөй түрлөрү бар:

1. Цитоплазманын жана органоиддердин кыймылы.
2. Шапалакчанын жардамы менен кыймылдоо (таксистер).
3. Учунан өсүү. Чаң түтүкчөсүнүн, тамыр түктөрүнүн өсүшү.
4. Өсүү кыймылдары. Өзөктүк органдардын узарышы, фототропизм, геотропизм, хемотропизм, термотропизм, фото, термо-, гигронастиялар.
5. Тургордук кыймылдар. Үттөрдүн кыймылы, тургордук жай кыймылдар – настиялар, тургордук бат кыймылдар – сейсмонастия.

Кыймылдын бул түрлөрүнүн биринчи экөөнөн башкасы жалаң өсүмдүктөргө гана таандык. Цитоплазманын жана шапалакчанын жардамы менен кыймылдоо жыйрылуучу белоктун катышуусу менен жүрүп, өсүмдүккө да, жаныбарларга да таандык.

10.1. Цитоплазманын жана органоиддердин кыймылы

Өсүмдүктөрдүн клеткасынын цитоплазмасы дайыма кыймылдап турат. Ички жана тышкы чөйрөнүн таасири астында цитоплазманын кыймылынын ылдамдыгы өзгөрөт. Ци-

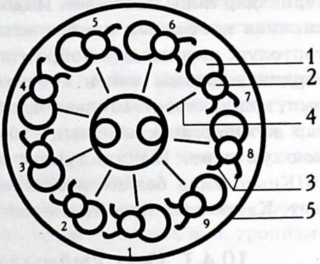
топлазманын кыймылынын бир нече түрү бар: клеткалык элементтердин термелип кыймылдашы, клетканын капталын бойлото куюлуп кыймылдоо (протоплазманын агымы), борбордук бир чоң вакуоляны айланып кыймылдоо.

Цитоплазманын кыймылы андагы кальцийдин иондорунун, актин жана миозиндин катышуусунда АТФтин энергиясын жумшоо менен жүрөт. Мында АТФ энергиянын булагы, кальцийдин иондору белоктун жыйрылууга жөндөмдүүлүгүн сактайт. Цитоплазманын кыймылынын ылдамдыгы 5–50 мкм/сек.

Хлоропласттар цитоплазманын агымы менен кошо кыймылдайт. Миозиндин, актиндин жана АТФтин жардамы менен өз алдынча да кыймылдай алат.

10.2. Шапалакчанын жардамы менен кыймылдоо (таксис)

Тышкы чөйрөнүн факторлорунун таасиринен бүтүндөй организмдин жылышы таксис деп аталат. Кыймылдоонун бул түрү бир клеткалуу шапалактуу балырлар, эвглена, балырлардын гаметалары жана зооспоралары үчүн мүнөздүү. Организм азыктык затка, башка жыныстагы клеткага (хемотаксис), жарыкка (фототаксис) карата кыймылдайт. Фототаксис – жарыктын күчүн максималдуу пайдаланууга ылайыкталган фототрофтук бир клеткалуу өсүмдүктүн кыймылы. Начар жарыктанууда клетка жарыкты карай жылат (оң фототаксис). Жарыктын күчү чоң болгондо андан качат (терс фототаксис). Бул организмдин жарыкты кабыл алуучу фоторецептору бар.



75-сүрөт. Шапалакчанын туурасынан түзүлүшү. 1–А-микротүтүкчө; 2–Б-микротүтүкчө; 3–динеиндик тутка; 4–радиалдык байланыш; 5–шапалакчанын капталы.

Шапалакча толкун сыяктуу кыймылдайт.

Шапалакчанын толкундуу кыймылы анын капталындагы 9 жуп жана борборундагы 2 (9·2+2) микротүтүкчөлөрдүн өз ара жылышып кыймылдашына негизделген (75-сүрөт). Микротүтүкчөлөрдүн динеинден жана тубулинден пайда болгон өсүндүлөрүнүн өз ара аракетинен жана АТФтин энергиясынан жылмышуу кыймылы түзүлөт. Тубулин менен динеиндин ортосунда өткөөл пайда болушу үчүн магнийдин атому керек.

10.3. Учунан өсүү

Тамырдын түктөрү, чанча түтүкчөсү, козу карындын гифи (желеси), сабактар жана тамырлар учу менен өсүп чөйрөдө кыймылдайт (жылат). Органдын учунан узарып өсүшү анын өсүү зонасына фитогормондун (индолилуксус кислотасынын – ИУК) активдүү топтолушу менен жүрөт.

Өсүү зонасындагы клеткалардын, органдын учу жаккы бөлүгүндө эндоплазмалык торчонун жана Гольджинин аппаратынын ыйлаакчалары көп топтолуп, калган органоиддер клетканын учунан алысыраак жайланышат. Эндоплазмалык торчо, Гольджинин аппараты аркылуу өсүү жүргөн бөлүккө биологиялык активдүү заттар, ферменттер жана түзүүчү материалдар ташылып келет. Индолилуксус кислотасынын таасиринен клетканын мембранасында суутектин иондору көп топтолуп, кычкылдык чөйрө түзүлүп, гидролиздик ферменттердин жардамы менен клеткалардын кабыкчасы жумшарып, көпшөктөнөт. Ыйлаакчалар менен ташылып келген заттар жумшарган клеткалык кабыкчага сиңирилип, кабыкча чоюлуп өсөт. Индолилуксус кислотасынын таасиринен РНКнын жана белоктун синтезделиши, дем алуу активдешет. Клетканын көлөмү чоңоюп өсөт.

10.4.1. Өсүү кыймылдары. Тропизмдер

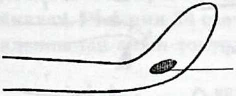
Эволюцияда өсүмдүктөрдө клеткалардын кайталангыс чоюлуп, кыймылдашы келип чыккан. Бул кыймылдын натыйжасында өсүмдүктүн өзөк органдары узарып өсөт, жал-

бырактардын аянты чоңоет. Клеткалардын кайталангыс чоюлушу бир орунда бекип отурукташкан өсүмдүктүн азыктануунун булактарына (күнгө, нымга, минералдык заттарга) карай кыймылдашын камсыз кылат.

Чоюлуп өсүү клеткада борбордук вакуоля пайда болуп, анда осмостук активдүү заттар топтолуп, суу жутулуп кирип, клеткалык кабыкчанын чоюлушуна негизделген. Чоюлган клеткалык кабыкчага жаңы полисахариддик молекулалар киргизилет. Чоюлуп көлөмү чоңойгон клеткаларда цитоплазманын жаңы компоненттери синтезделинет.

Өсүү гормондук система аркылуу башкарылат. Башкарууда индолилуксус кислотасы (ИУК) негизги ролду ойнойт. Гормон сабактын башкы учунда синтезделинип, андан чоюлуп өсүү зонасына ташылып келип, клеткалардын өсүүсүнө шарт түзүлөт.

Тышкы чөйрөнүн факторлорунун бир жактуу аракетине жооп катары өсүмдүктүн органынын ийилип өскөн кыймылы **тропизм** деп аталат. Тропизмдер өсүмдүктүн өсүп жаткан бөлүгүндө жүрөт. Жалбырактын, сабактын, тамырдын учунун бир жагындагы клеткалары чоюлуп өскөндө орган анын карама-каршы жагына ийилет (76-сүрөт).



76-сүрөт. Сабактын ийилип өсүшү.

Тышкы чөйрөнүн факторлорунун бир жактуу таасиринин натыйжасында ткандардын электрдик уюлдуулугунун өзгөрүшү ИУКтун ткандын бир жагында көп, экинчи жагында аз кармалышына алып келет. ИУК көп топтолгон жактагы клеткалар көбүрөөк чоюлуп өсөт.

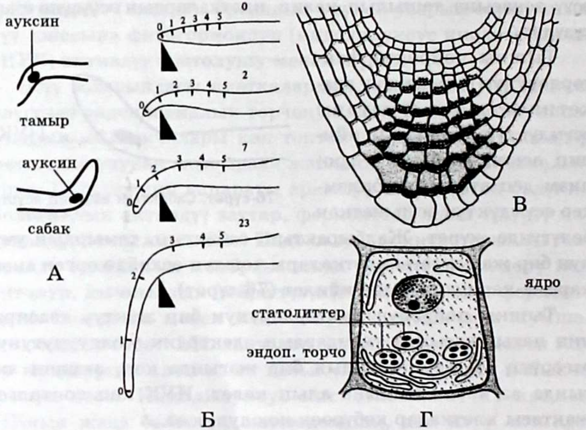
Таасир эткен факторлордун түрүнө жараша гео-, фото-, гидро-, аэро-, термо-, электро-, травмо-, хемо-, ж.б. тропизмдер бар.

Геотропизм. Өсүмдүктүн бардык клеткалары жана органдары жердин гравитациялык талаасында өөрчүшөт. Гравитациялык талаанын таасири астында ийилүү ***геотропизм*** деп аталат. Өсүмдүктүн тамыры гравитациялык күчтүн багыты

боюнча төмөн карай өсүп, оң геотропизмге ээ. Сабактар гравитациялык күчкө карама-каршы багытта өсүп терс геотропизмге ээ.

Геотропизмди пайда кылуу үчүн 2 минута таасир этүү жетиштүү. Ага жооп катарында өсүмдүктүн органынын ийилиши 10–90 минутада байкалат.

Гравитациялык (оордук) күчтү сезүү клеткалык мембранага же эндоплазмалык торчого цитоплазмадагы оор бөлүкчөлөрдүн (статолиттердин) басым кылуусу менен байланышкан. Клеткада амилопласттар, хлоропласттар, Гольджинин аппараты, щавель кислотасынын туздарынын жана карбонаттардын кристаллдары статолиттер (оор бөлүкчөлөр) боло алышат (77-сүрөт, Г).



77-сүрөт. Геотропизмдик реакциялар. А – сабак менен тамырдын ийилип өсүшү; Б – тамырдын геотропизми; В – тамыр калпакчасынын оор бөлүкчөлөрү (статолиттери); Г – статолиттердин түзүлүшү.

Сабакта гравитациялык күчтүн таасири өсүү зонасында байкалат.

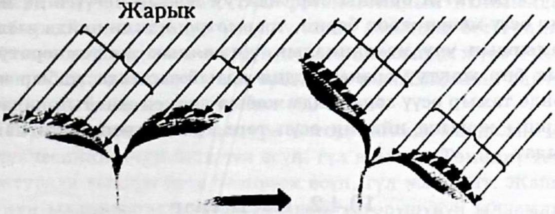
Статолиттер мембранага басым жасаганда мембрананын ал бөлүгүндө электрдик оң заряддар пайда болот. Ошондук-

тан горизонталдык абалда жайланышкан сабактын жана тамырдын астыңкы бөлүгү электрдик оң зарядга ээ болот.

Өсүмдүктүн органынын оң заряддалган астыңкы жагына ауксин ташылып келип топтолот. Натыйжада органдын ал жагы көбүрөөк чоюлуп өсүп, орган (сабак) жогору карай ийилет (77-сүрөт, А).

Сабакка салыштырганда тамырдын ауксинди сезгичтиги күчтүү болгондуктан анын астыңкы жагында ауксиндин концентрациясынын көбөйүшү тамырдын астыңкы жагынын өсүшүн токтотуп, тамыр ылдый карай ийилет (77-сүрөт, Б).

Фототропизм. Жарыктын бир жактуу таасири астында өсүмдүктүн органынын ийилип өсүшү фототропизм деп аталат. Фототропиялык ийилүү өсүмдүктүн органынын жарыктанган жана жарыктанбаган жактарынын ар түрдүү ылдамдыкта чоюлуп өсүшүнүн натыйжасында пайда болот. Жарыктанбаган жак көбүрөөк чоюлуп өсөт. Фототропиялык реакция 20–25 мүнөттөн кийин байкалат. Реакция 24 саатка жакын созулат (ийилүүнүн башталышынан анын токтолушуна чейинки убакыт).



78-сүрөт. Күн караманын жалбырагынын фототроптук кыймылы.

Өсүмдүктүн органынын учунун жарыктанбаган жагына оң заряддар көп топтолот. ИУК ошол жагына көп агып келип, органдын ал жагы күчтүү өсөт. Натыйжада орган жарык жакка ийилет (78-сүрөт).

Хемотропизм. Өсүмдүктүн органынын химиялык заттардын бир жактуу таасири астында ийилүүсү хемотропизм деп

аталат. Хемотропияны кислоталар, жегичтер, минералдык туздар, органикалык заттар, гормондор ж.б. заттар пайда кылат. Хемотропизм байкалыш үчүн заттардын түрү да, концентрациясы да чоң роль ойнойт. Заттын төмөнкү концентрациясы оң реакцияны пайда кылып, жогорку концентрациясы терс хемотропияга алып келет. Тамырдын хемотропиялык сезгич бөлүгү анын учунда. Орган химиялык заттан качып өсүп терс хемотропияны, затты карай ийилип өсүп оң хемотропияны пайда кылат.

Өсүмдүктөр суугa да (гидротропизм), газдарга да (CO_2 жана O_2) (аэротропизм) хемотропиялык реакцияны пайда кылышат.

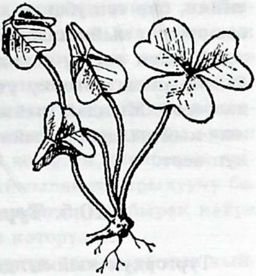
Температуранын бир жактуу таасиринен өсүмдүктүн органынын ийилип өсүшү же андан качышы ***термотропизм*** деп аталат. Кээ бир өсүмдүктөр үчүн термотропизм чакырылуучу температуралар аныкталган. Мисалы, буурчактын өркүнү үчүн 32°, жүгөрүнүкү үчүн – 38°С. Бул температурадан төмөнкү температураларда оң термотропизм, жогоруда – терс термотропизм пайда болот.

Өсүмдүктүн органы бир жактуу жабыр чегүүгө да ийилип өсүү менен жооп берип, травмотропизмди пайда кылат. Тамырдын учу механикалык, химиялык же температуралык бир жактуу аракеттердин натыйжасында жабыр чеккенде тамыр өсүү зонасында жабыр чеккен жактын карамакаршы жагына ийилип өсүп терс травмотропизмди пайда кылат.

10.4.2. Настиялар

Өсүмдүктүн органдарынын (гүлдүн, жалбырактын) тышкы чөйрөнүн факторлорунун диффузиялык текши таасиринен кыймылга келиши (ийилиши) ***настия*** деп аталат (мисалы, күн менен түндүн алмашуусунда гүлдөрдүн ачылышы жана жабылышы). Кээ бир өсүмдүктөрдө настиялык кыймыл клеткалардын текши чоюлуп өспөгөндүгүнүн натыйжасында пайда болот. Органдын жогорку бети тез өскөндө ал ылдый карай ийилип, эпинастияны, астыңкы бети тез өскөндө

өйдө ийилип, гипонастияны пайда кылат. Настияларды пайда кылуучу булактарга жараша фото-, термо-, гидро-, никти-, сейсмо-, травмо- жана электронастиялар бар. Настиялык кыймылдар өсүмдүктүн коргонушуна, жармашып өсүшүнө жардам берет. Настиялар мурунку абалына кайра калыбына келүүчү кыймылдар.



79-сүрөт. Фотонастия. Жарыкта жалбырак көтөрүлөт, карангыда төмөн карай жапырылат.

Фотонастиялык кыймыл көп өсүмдүктөрдүн жаш жалбырактарынан жана гүлдөрүнөн байкалат. Кээ бир өсүмдүктөрдүн гүлдөрү күндүз ачылып, түнкүсүн жабык болот, башкаларыныкы, тескерисинче, күндүз жабылып, түндө ачылат.

Жаш жалбырактар күндүз туурасынан жайланышып, кечинде абалын өзгөртүшүп, күндүн тике тийген нурларынын таасиринен сактанышат. Бул фотонастиялык кыймылдар жалбырак менен гүлдүн үстүнкү жана астыңкы беттеринин ар башка ылдамдыкта өсүшүнүн натыйжасында жүрөт. Күн менен түндүн алмашуусунан органдын кыймылдашы никтинастиялык кыймыл деп аталат (79-сүрөт).

Термонастия. Температура жогорулаганда мандалактын желекчесинин ички бети тез өсүп, гүл ачылат. Төмөнкү температурада тышкы бети тезирээк өсүп, гүл жабылат. Жабылуунун ылдамдыгы температуранын өзгөрүшүнүн ылдамдыгы менен аныкталат. Температуранын 0,2°С өзгөрүшү гүлгө таасир тийгизет.

Тигмонастия. Механикалык аракеттердин текши таасиринен кыймылдоо тигмонастия деп аталат. Жармашып өсүүчү өсүмдүктөрдүн мурутчалары бети текши эмес нерселерге тийгенде ага оролуп өсөт. Механикалык аракетке мурутчанын учу сезгич. Тигмонастиялык кыймыл жарык барда гана байкалат. Карангыда мурутчага тийүү анын оролуп кыймылдашын пайда кылбайт. Эгерде адегенде мурутчага

тийип, бир топ убакыт өткөндөн кийин жарык кылса, анда ага оролуп кыймылдоо менен жооп берет.

Оролуп өсүүчү өсүмдүктөрдүн (чырмоок, лианалар) сабактарынын жогорку учу термелип же айланып кыймылдап өсөт. Мындай кыймыл ***нутация*** деп аталат. Нутациялык кыймылдын натыйжасында бул өсүмдүктөр тирекке оролуп өсөт.

10.5. Тургордук кыймылдар

Тургордук кыймылдар настиялык кыймылдар сыяктуу тышкы чөйрөнүн факторлорунун диффузиялык текши таасиринен пайда болот. Бирок, тургордук кыймыл өсүү менен байланышкан эмес. Бул кыймыл өсүүсү токтогон органдарда жүрөт. Баштапкы абалына кайра келүүчү кыймылдар.

Клеткалардын вакуолдорунда кармалган осмостук активдүү заттардын концентрациясынын төмөндөшүнөн жана жогорулашынан суунун клеткадан бөлүнүп чыгышы же сорулуп кириши жүрүп, клетканын тургордук басымы төмөндөйт же жогорулайт.

Үттөрдүн ачылышы жана жабылышы тургордук кайра кайрылуучу жай кыймылга мисал болот. Үттөрдүн ачылышы жана жабылышы ткандарда суунун, көмүр кычкыл газынын кармалышы жана жарыктын тийиши менен байланыштуу. Жарык бүтөөчү клеткалардын H^+ – насосунун иштешин активдештирет. Натыйжада бүтөөчү клеткадан суутектин иондору көп бөлүнүп чыгат. Анын ордуна тыштан калийдин иондору кирип, үттүк клетканын вакуолясынын осмостук басымы өсүп, ага суу жутулуп кирип, тургордук басым өсүп, клетка чоюлуп, үттүк тешик ачылат. Бүтөөчү клеткалардын осмостук басымы төмөндөп суусун жоготкондо үттүк тешик жабылат (54-сүрөт).

Клеткадагы көмүр кычкыл газынын жогорку концентрациясы үттүк клетканын чөйрөсүн кычкылдандырат. Натыйжада карбоксилаза ферментинин активдүүлүгү төмөндөп, малат аз пайда болуп, үттүк клеткалардын осмостук басымы төмөндөп, жутулган суунун саны азайып, үттүк тешик жабылат.

Мимозанын, беденин ж.б. өсүмдүктөрдүн татаал жалбырактарынын сейсмонастиялык кыймылдары тез тургордук кыймылга мисал болот. Механикалык урулууга же силкүүгө жооп кылып, мимозанын башкы муунунун астыңкы клеткаларында суутектин иондору көп топтолуп, калийдин иондору клеткадан чыгат. Натыйжада клеткалар суусун андан кийин тургорун тез (бир секундда) жоготуп, жалбырак ылдый карай жапырылат. Бул тез кыймылда жыйрылуучу белоктук система да катышат. Жапырылган жалбырак кайра акырындык менен (30–60 мүнөттө) көтөрүлөт.

Жыйынтыктап айтканда өсүмдүктүн органдарынын кыймылы клеткалардын чоюлуп өсүүсүнө, клетканын тургордук басымынын өзгөрүүсүнө негизделген. Көпчүлүк настиялык кыймылдар кайра кайрылуучу кыймылдар. Өсүмдүктөрдүн кыймылдары алардын азыктануусу, көбөйүүсү, коргонуусу үчүн оптималдык шарттарды түзүү үчүн керек.

11. ЧӨЙРӨНҮН ЫҢГАЙСЫЗ ШАРТТАРЫНА ТУРУКТУУЛУК ЖАНА АНЫН ФИЗИОЛОГИЯЛЫК НЕГИЗДЕРИ

Өсүмдүктүн тышкы чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына ыңгайланышып, организминде жүрүүчү процесстердин оптималдуулугуна жетишүү жөндөмдүүлүгү өсүмдүктүн ыңгайсыз шарттарга туруктуулугу деп аталат. Өсүмдүктөрдүн суунун артык баш кармалышына, жетишсиздигине, жогорку жана төмөнкү температураларга, туздуулукка, оору козгоочу микроорганизмдерге жана зыянкечтерге туруктуулугу бар.

Кургакчылыктын, төмөнкү жана жогорку температуралардын, туздун, оорулардын, зыянкечтердин жабыр чектирүүчү кээде өлтүрүүчү таасирине каршы туруучу өсүмдүктөрдүн коргонуу реакцияларын изилдөө өсүмдүктөрдүн физиологиясынын башкы маселелеринин бири болуп саналат.

11.1. Өсүмдүктөрдүн коргонуу жолдору

Өсүмдүктөрдүн тышкы чөйрөнүн ыңгайсыз факторлорунун таасиринен коргонуу жөндөмдүүлүгү азыктануу, кыймылдоо, көбөйүү сыяктуу алардын жашоосу үчүн эң керектүү касиеттеринин бири. Коргонуу функциясы биринчи тирүү организм келип чыкканда эле пайда болуп, эволюцияда андан ары өркүндөп өөрчүгөн. Жабыр чектирүүчү жана өлтүрүп жок кылуучу факторлор өтө көп болгондуктан аларга карата коргонуунун да өтө ар түрдүү жолдору пайда болгон. Организмдер метаболиттик да, морфологиялык да жактан өзгөрүп ыңгайланышкан. Өзгөрүлгөн жаңы шарттарда организмдин андан ары жашап калуусу анын ошол шартка жараша ыңгайланышып өзгөрүүсү менен аныкталат.

Жашоо шартына ыңгайлануу организмдин жеке өзү үчүн физиологиялык ыңгайлануу (адаптация), ал эми түр үчүн генетикалык өзгөргүчтүк жана тукум куучулук аркылуу жүрөт.

Өсүмдүктөрдүн тышкы чөйрөнүн ыңгайсыз факторлорунун таасиринен коргонуусу алардын анатомиялык түзүлүштөрүнүн өзгөчөлүктөрү (кутикула, кабык, механикалык ткань ж.б.) коргоочу органдары (дүүлүктүрүүчү түктөрү, тикенектери ж.б.), кыймылдары, физиологиялык реакциялары жана коргоочу заттарды бөлүп чыгаруусу (чайыр, фитоалексин, фитонцид, уу заттар) аркылуу ишке ашырылат.

Тышкы чөйрөнүн факторлору демейдегиден күчтүү таасир кылганда (стрессте) өсүмдүктүн клеткаларында төмөнкүдөй өзгөрүүлөр жүрөт:

1. Мембраналардын өткөргүчтүгү жогорулайт.

2. Кальций клеткалык кабыкчадан, митохондриядан, эндоплазмалык торчодон, вакуолядан цитоплазмага өтөт.

3. Цитоплазманын чөйрөсү кычкылданат, илешкектиги өсөт.

4. Кычкылтектин жутулуусу, АТФтин жумшалуусу өсөт.

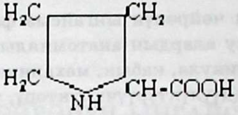
5. Гидролиздик процесстер күчөйт.

6. Плазмолемманын H^+ – насосу активдештирилет.

7. Этилен жана абсциз кислотасы көп синтезделинип, клеткалардын бөлүнүшү, өсүшү, физиологиялык жана метаболиттик процесстери токтолот. Клеткалык энергия факторлордун ылайыксыз таасирин жеңиш үчүн жумшалып, клетканын функциялык активдүүлүгү начарлайт.

Чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарында өсүмдүктөрдө заттардын алмашуусунун ылдамдыгын төмөндөтүүчү, өсүүнү токтотуучу, организмдин картаюусун жана тыныгууга өтүүсүн тездетүүчү этилен жана абсциз кислотасы көп синтезделет. Төмөнкү жайланышкан жалбырактар түшүп, андагы кармалган заттар жаш органдардын азыктанышы үчүн пайдаланылат. Бул өзгөрүүлөрдүн бардыгы клеткалык структураларды коргоого жана клеткаларда пайда болгон ылайыксыз өзгөрүүлөрдү четтетүүгө багытталган.

Тышкы чөйрөнүн демейдегиден өзгөчө күчтүү шарттарында (стресстик абалда) клеткаларда цитоплазманын туруктуулугун жогорулатуучу стресстик белоктун синтезделиниши жана углеводдордун, пролиндин көп кармалышы аныкталган. Суунун жетишсиздигинде жана туздуулукта бир катар



Пролин

өсүмдүктөрдө (арпада, пахтада) пролиндин цитоплазмадагы концентрациясы 100 эседен ашык өсөт. Пролин белок менен аракеттенип, анын эригичтигин жогорулатып, денатурациядан сактайт. Пролин осмостук активдүү органикалык зат катарында клеткада суунун кармалышын жогорулатат. Стресстик абалга клеткалардын жооп реакциясы чөйрөнүн жагымсыз шарттарынын таасиринен кутулуу үчүн организмдин бардык мүмкүнчүлүктөрүн жумшоого алып келет. Өлтүрбөй турган өлчөмдөгү кайталанган стресстик шарт организмдин туруктуулугун арттырат.

11.2. Кургакчылыкка туруктуулук жана аны жогорулатуунун жолдору

Өсүмдүктүн нормалдуу жашоосу үчүн керектүү сандагы суу менен камсыз боло албаган айлана-чөйрөнүн шарттары кургакчылык деп аталат.

Атмосфералык жана топурактык кургакчылыктар бар. Жогорку температура жана абанын кургактыгы атмосфералык кургакчылыкты пайда кылат. Бул кургакчылыкта күндүз өсүмдүктүн тамыры аркылуу топурактан жутулган суунун саны жалбырак аркылуу буулантылган суудан аз болот. Түнкүсүн суунун жетишсиздиги жоюлуп, өсүмдүк нормалдуу абалга келет.

Топуракта суунун жетишсиздиги топурактык кургакчылыкка алып келет. Топурактык кургакчылыкта фотосинтездин жүрүшү төмөндөп, өсүү токтоп, көпчүлүк учурда өсүмдүк өлөт. Кургакчылыктын башында дем алуу күчтүү жүрүп, кийин органикалык заттардын жетишсиздигинен төмөндөйт. Кургакчылыктан өсүмдүктөрдүн түшүмдүүлүгү төмөндөйт, ал эми өтө кургакчылыктын таасиринен соолуган өсүмдүк кайра калыбына келбей өлөт.

Кургакчылыктын ыңгайсыз шарттарына өсүмдүктөрдүн өзү үчүн да тукуму үчүн да эч зыянсыз ыңгайлануусу ***кургакчылыкка туруктуулук*** деп аталат.

11.2.1. Суунун жетишсиздигинин өсүмдүккө тийгизген таасири

Өсүмдүктүн ткандарында суунун кармалышы түн бою калыбына келбей эртең мененден баштап анын жетишсиздигинин байкалышы жана кесилген сабактан ширенин бөлүнүп чыгышынын токтолушу – туруктуу суу жетишсиздиктин белгиси болот. Кургакчылыктын таасири астында, биринчи иретте, клеткаларда эркин суунун кармалышы азаят, цитоплазмалык белоктордун гидраттык катмарлары өзгөрөт. Узакка созулган соолуунун натыйжасында синтездик ферменттердин активдүүлүгү төмөндөп, гидролиздик процесстердин ферменттери (протеолиз) активдештирилет. Белоктордун, полисахариддердин гидролизденишинин натыйжасында ткандарда төмөнкү молекулалуу белоктордун, сууда эрүүчү углеводдордун кармалышы көбөйөт. Рибонуклеазанын активдүүлүгүнүн жогорулашынан жана синтездин начарлашынан РНКнын саны азаят. Эркин суунун азайышынан вакуолдук ширенин концентрациясы өсөт, клеткадагы иондордун составы өзгөрөт. Клеткадан иондордун бөлүнүп чыгышы ылдамдатылат.

Кургакчылыкта төмөнкү себептердин натыйжасында фотосинтездин жүрүшү төмөндөйт:

1) үттөрдүн жабылышынан көмүр кычкыл газы жетишсиз;

2) хлорофиллдин синтези бузулат;

3) электрондордун ташылышы менен фотофосфорлоо бири-бирине шайкеш жүрбөйт;

4) фотохимиялык процесстер жана CO_2нин калыбына келүү реакциялары өзгөрөт;

5) хлоропласттардын структурасы бузулат;

6) ассимиляттардын жалбырактан агып кетиши начарлайт.

Суу жетишсиздикте клеткалардын бөлүнүшү жана алардын чоюлуп өсүүсү токтоп, майда клеткалуу ткандар, органдар (жалбырактар, сабактар) пайда болот.

Кургакчылыкта дем алуу реакциялары адегенде күчтүү жүрүп, кийин акырындап, клеткалардын энергетикалык процесстери бузулат. Суу жетишсиз санда болгондо өсүмдүктөрдүн ткандарында аскорбин кислотасы көбөйүп, кычкылдануу процесстери активдештирилет.

Ысыкка туруктуулук. Суунун жетишсиздигининин өсүмдүккө зыяндуу аракети жогорку температуранын таасиринен күчөтүлөт. 70°–80°С температурада жашоо-тиричилиги сакталган кээ бир өсүмдүктөрдү (мисалы ысык сууларда жашоочу балырлар) эсепке албаганда жер бетиндеги өсүмдүктөрдүн көпчүлүгүнүн нормалдуу жашоосунун температуралык жогорку чеги 45°С, төмөнкү чеги (–7°), (–8°С).

Тыныгуудагы органдар үчүн температуралык жогорку жана төмөнкү чектер өтө кеңири. Мелүүн климатта өсүүчү өсүмдүктөр үчүн оптималдык температура 15°–35°С.

Өсүмдүктөрдүн оптималдык температурадан жогорку температурада нормалдуу жашоосун улантуусу ***ысыкка туруктуулук*** деп аталат.

Ысыкка туруктуулукту изилдөөнүн теориялык жана практикалык мааниси чоң. Ысыкка туруктуулук дайым эле кургакка туруктуулук менен айкалыша бербейт. Кээ бир өсүмдүктөр кургакчылыкка туруктуу, бирок жогорку температуранын таасирин көтөрө албайт.

Ар түрдүү өсүмдүктөрдүн ысыкка туруктуулугу ар түрдүү жолдор менен жетишилет. Кээ бир өсүмдүктөр жогорку температуранын таасиринен сууну көп бууландырып денесинин температурасын төмөндөтүп коргонушат, мисалы дарбыз. Алардын күчтүү өөрчүгөн тамыр системасы бууланууучу суу менен дайым камсыз кылып турат.

Өсүмдүктөрдүн экинчи группасы ысыкка протоплазмасынын физикалык-химиялык касиеттерин өзгөртүп ылайыкташкан, мисалы 65°С чейинки температурага чыдап өсүүчү сукуленттердин цитоплазмасынын илешкектиги жогору жана бекем тутулган суунун саны көп.

Жогорку температурада белоктордун гидролизи күчөп, клеткаларда аларды ууландыруучу аммиактын саны көбөйөт. Ысыкка туруктуу өсүмдүктөрдө аммиакты кошуп алып, аны зыянсыздандыруучу органикалык кислоталар көп кармалат.

Ысыкка туруктуу өсүмдүктөрдүн дагы бир өзгөчөлүгү алардын клеткаларында стресстик белок синтезделип, ысыкка туруктуулугу артат. Айыл чарба өсүмдүктөрүнүн ысыкка чыдамдуулугун жогорулатыш үчүн цинктин туздарынын 0,05% эритмесин чачышат же себээрдин алдында уруктарын эритме менен нымдашат.

11.2.2. Өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка туруктуулугу

Кургакчылыкта өскөн өсүмдүктөрдүн – ксерофиттердин суу жетишсиз шарттарга ыңгайланышып жашоо жөндөмдүүлүгү өөрчүгөн.

Өсүмдүктөр кургакчылыктан коргонуунун үч жолун пайдаланышат:

1) кургап кетүүдөн сактанып, сууну артыкбаш жоготпоо,
2) кургакчылыкка ыңгайланышуу,
3) кургакчылык мезгилде тыныгуу абалга өтүү (кургакчылыктан качуу).

Бардык ксерофиттер клеткаларында сууну сактоо үчүн ыңгайланышат. Кургакчылыктан коргонуу жөндөмдүүлүктөрү боюнча ксерофиттерди П.А.Генкель 3 топко бөлөт:

1. Суккуленттер – сууну эттүү калың жалбырактарында, жоон сабактарында сактоочу өсүмдүктөр (кактустар, алоэ, очиток, молочай). Сабактары жана жалбырактары сыртынан калың кутикула жана түктөр менен капталган. Сууну үнөмдүү жоготушат. Транспирация, фотосинтез жана өсүү процесстери жай жүрөт. Ткандардагы суунун жетишсиздигин көтөрө алышпайт. Жаан-чачындын суусун кыска мөөнөттө жутуп алууга ыңгайланышып, бутактанган тамыр системасы топурактын үстүнкү бетине жакын кеңири жайланышкан.

2. Ксерофиттер кургакчылыктын шарттарына ар түрдүүчө ыңгайланышкан. Бул топтогу өсүмдүктөр транспирациясынын мүнөзү боюнча бир нече топторго бөлүнөт:

1) кадимки ксерофиттер (шыбак, ак кийиз ж.б.). Бул өсүмдүктөрдүн жалбырактары майда, сыртынан калың түк менен капталган, транспирациясы төмөн. Клеткаларынын осмостук басымы жогору. Ысыкка чыдамдуу, күчтүү кургакчылыкка туруктуу. Тамыр системасы күчтүү бутактанган, бирок терең эмес. 2) жарым ксерофиттер (төө куйрук, шалфей) күчтүү транспирациясы менен мүнөздөлүнөт. Алардын суу менен камсыз кылуучу тамыр системасы күчтүү өөрчүгөн. Бул өсүмдүктөрдүн тамыр системасы топурактын терең катмарына (30 м терендикке чейин) кетип, көпчүлүк кезде грунттук сууга чейин жетет. Жарым ксерофиттердин цитоплазмасынын илешкектиги жана суу тутуу жөндөмдүүлүгү төмөн болгондуктан суунун аз эле жетишсиздигинен жана кыска мөөнөттүк соолуудан алар чоң жапа чегет.

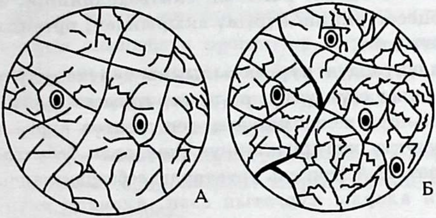
3) пойкилоксерофиттер (эңгилчектер) суу алмашуусун чөйрөнүн шартына жараша өзгөртө алышпайт. Кургакчылыкта тынчтык абалга өтүшөт (анабиоз). Кургакчылыкка туруктуу.

3. Эфемерлер (бир жылдык), эфемероиддер (көп жылдык) – кыска вегетациялык мезгилдүү өсүмдүктөр. Бул өсүмдүктөрдүн активдүү вегетациялык мезгили жаздын жаан-чачындуу мезгилине туш келип, бир нече жума гана созулат. Андан кийин алар тынч абалга өтүшөт. Жайдын ысык, кургак шарттарынан кургакчылыкка туруктуу органдары (пияз түп, тамыры жемиш) түрүндө өтүшөт.

Кургакчылыкка туруктуулук кургакчылыкты сүйүү эмес, бул өсүмдүктөрдүн кургакчылыктын катаал шарттарынын таасиринен кутулуу жөндөмдүүлүгү. Эгерде ксерофиттер суусу жетиштүү шартта өссө мезофиттер сыяктуу күчтүү өсөт.

Мезофиттик өсүмдүктөр да кургакчылыкка ыңгайлана алышат. Бир эле өсүмдүктүн ар түрдүү ярустарында жайланышкан жалбырактары суу менен камсыз болушуна жана жарыктанышына жараша анатомиялык түзүлүштөрү ж.б. бел-

гилери боюнча бири-биринен айырмаланышат. Сабактын жогору жагында жайланышкан жалбырактардын клеткалары майда, үттөрүнүн саны көп, өлчөмү кичине, тарамыштануусу жыш (80-сүрөт). Сабактын жогору жагында жайланышкан жалбырактар ачык атмосферага, суу менен начар камсыз болгон шартка туура келишип, ксерофиттик касиетке ээ. Алардын транспирациясы күчтүү. Үттөрү суу жетишсиз-



80-сүрөт. Сабактын төмөнкү (А) жана жогорку (Б) жактарында жайгашкан жалбырактардын түзүлүшү.

дикте да узак убакыт ачык болуп, фотосинтездин нормалдуу жүрүшүнө шарт түзүлөт. Алардын клеткалык ширесинин концентрациясы чоң болгондуктан төмөнкү жайланышкан жалбырактардан сууну соруп алууга жөндөмдүү.

Кургакчылыктан коргонуунун биохимиялык механизми. Кургакчылыкка туруктуу өсүмдүктөрдөгү биохимиялык процесстер өсүмдүктө суунун көп кармалышына, заттардын ажырашынан пайда болгон уу заттарды уусуздандырууга, суунун аз бууланышына шарт түзөт.

Кургакчылык шартта кургакчылыкка туруктуу өсүмдүктөрдүн цитоплазмасында төмөнкү молекулалуу белоктор, моносахариддер топтолуп, цитоплазманын суу тутуу жөндөмдүүлүгү артып, байланган суунун эсебинен клеткада суунун кармалышы жогорулайт. Кургакчылыкка туруктуу өсүмдүктөрдө зат алмашуусунда пайда болгон көп органикалык кислоталар белоктун ажырашынан бөлүнүп чыккан аммиакты кошуп алып, аны уусуздандырышат.

Сууну күндүз аз буулантууга ылайыктанып, суккуленттердин үттөрү күндүз жабык. Алардын фотосинтези өзгөчө-

лөнүп, түнүчүндө ачылган үттөр аркылуу кирип малат түрүндө жыйналган CO_2нин эсебинен жүрөт.

Кургакчылыкта өсүүнү активдештирүүчү гормондордун – ауксиндин, цитокининдин, гиббереллиндин өсүмдүктө кармалышы азайып, этилен менен абсциз кислотасы көбөйөт. Натыйжада өсүмдүктүн өсүүсү акырындайт. Абсциз кислотасынын таасиринен үттөр жабылып, суунун бууланышы төмөндөйт. РНКнын синтезделиниши, зат алмашуу процесстеринин жүрүшү акырындап, организм тыныгуу абалга өтөт.

Өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка туруктуулугун туура түшүнүп, аны өсүмдүктүн өсүп, өөрчүшүндө кургак шартка ыңгайланышуу жөндөмдүүлүгү деп эсептөө кургакчылыкка туруктуулукту жогорулатуунун жолдорун табууга мүмкүнчүлүк түзөт. П.А.Генкель уруктарды себээрдин алдында суулап анан аларды кургатып сээп, алардан өсүп чыккан өсүмдүктөрдүн кургакчылыкка туруктуулугун жогорулатууга жетишкен. Ушундай жол менен туруктуулугу жогорулаган өсүмдүктөрдүн цитоплазмасынын илешкектиги, серпилгичтиги, коллоиддик кармалган суусу жогорулаган. Синтездик процесстеринин, өсүүсүнүн ылдамдыгы жогору болгон. Жалбырактары ксерофиттик касиеттерге ээ болгон. Генкель иштеп чыккан кургакчылыкка туруктуулукту жогорулатуунун бул жолу себээр алдында ***кургакчылыкка бышыктыруу*** деп аталат. Уруктарды бор кислотасынын 0,01% эритмеси же цинктин туздарынын 0,05% эритмеси менен нымдап себүү кургакчылыкка бышыктыруунун эффективдүү жолу экендиги далилденген. Фосфордук жер семирткичтер да кургакчылыкка туруктуулукту жогорулатат.

11.2.3. Артыкча нымдуулуктун өсүмдүккө тийгизген таасири

Топурактын артыкча нымдуулугу да өсүмдүктүн өөрчүшүнө тескери таасирин тийгизет. Суу каптаган саздуу топурактарда топурактын көңдөйчөлөрүн, капиллярларын суу толтуруп калып, кычкылтек жетишсиз болот. Кычкылтек-

сиз топуракта пайдалуу аэробдук микроорганизмдер өөрчүбөй анаэробдук микроорганизмдер өөрчүшөт. Анаэробдук микроорганизмдердин жүргүзгөн ачуу процесстеринин натыйжасында топуракта өсүмдүктүн тамыры үчүн уу заттар (мисалы май кислотасы ж.б.) топтолот.

Топуракта кычкылтектин жоктугунан өсүмдүктүн тамырында аэробдук дем алуу начарлап, энергия алмашуу бузулат. Экинчиден, кычкылтектин жетишсиздигинен тамырдын клеткаларында анаэробдук процесстер (ачуу) үстөмдүк кылып уу заттардын кармалышы көбөйүп, тамыр ууланат. Ушулардын натыйжасында тамыр аркылуу суунун жана азыктык заттардын жутулушу төмөндөйт.

Суулуу жерде өскөн өсүмдүктөргө фосфордук жер семирткичтерди көбүрөөк берип, алардын энергия алмашуу процесстерин жогорулатуу керек.

Саздуу топуракта өскөн өсүмдүктөрдүн суулуу шартка ылайыктанып, аба ткандары (аэренхима) бар. Аэренхимада кармалган аба сууда жайгашкан тамырдын дем алуусу үчүн пайдаланылат.

11.3. Өсүмдүктөрдүн төмөнкү температурага туруктуулугу

Ар түрдүү климаттык шарттарда өсүүчү өсүмдүктөргө зыян келтирүүчү төмөнкү температуранын чеги ар башка. Мисалы, түндүктүн өсүмдүктөрү –60°Сга чейинки температурада зыянга учурабайт. Түштүктө өсүүчү жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөр +10°С чейинки температурада өлөт. Пахта +1° – +3°Сда, жүгөрү +10°Сда өлөт.

Жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөрдүн нөлдөн жогорку төмөнкү (+1° – +10°С) температурага туруктуулугу ***муздакка туруктуулук*** деп аталат. Өсүмдүктөрдүн нөлдөн төмөнкү температурага туруктуулугу ***суукка туруктуулук*** деп аталат.

Өсүмдүктөрдүн муздакка туруктуулугу

Түштүктүн көп өсүмдүктөрү (пахта, күрүч, бадыран, коон, томаттар ж.б.) муздактын таасиринен жапа чегишет.

Жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөр (мисалы бадыран) топуракта суу жетиштүү санда кармалса да 3°Сда соолуп өлөт. Окумуштуулар 0°дан жогорку төмөнкү температурада бул өсүмдүктөрдүн соолуп өлүшүнүн себеби транспирациянын бузулушу деген ойго келишкен. Бирок Молиштин суунун буусуна каныккан чөйрөдө жүргүзүлгөн изилдөөлөрү алардын өлүшүнө транспирация себепкер эмес экендигин далилдеген.

Жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөрдүн 0°Сдан жогорку төмөнкү температурада өлүшү алардын мембраналарынын активдүүлүгүнүн төмөндөшүнө жана жалпы зат алмашуу процесстеринин бузулушуна негизделген. Төмөнкү температурада бул өсүмдүктөрдүн клеткаларынын цитоплазмасынын илешкектиги өзгөчө өсүп, коллоиддик системасы өзгөрөт.

Уруктарды себүү алдында бышыктыруу жолу менен жылуулукту сүйүүчү айыл чарба өсүмдүктөрүнүн муздакка туруктуулугун жогорулатууга болот. Бул максатта жылуулукту сүйүүчү өсүмдүктөрдүн (бадыран, томат, коон) өнүп калган уруктарын бир нече күн 0°Сдан жогорку төмөнкү температурада (+1° – +5°С) жана жогорураак температурада (+10° – +20°С) алмак-салмак (12 сааттан) кармашат.

Уруктарды микроэлементтердин 0,05–0,1% жана аммонийдин нитратынын 0,25% эритмеси менен нымдоо (20 саат) да муздакка туруктуулукту жогорулатат.

Өсүмдүктөрдүн суукка туруктуулугу

Абанын бир жылдык орточо минималдык температурасы –20°Сдан төмөн болгон территория Жер бетинин 42% түзөт. Ошондуктан суукка туруктуулукту жогорулатуунун жолдорун табуу айыл чарба өсүмдүктөрүн өстүрүүдө чоң мааниге ээ. Өсүмдүктөрдүн суукка туруктуулугун изилдөөдө Н.А.Максимов жана И. И. Туманов чоң эмгек сиңиришкен.

Температура кескин төмөндөгөндө муз клетканын ичинде пайда болуп, анын кристаллдары клетканы бузат. Температура акырындык менен төмөндөгөндө (саатына 0,5°–1°С) муз клетка аралыктарда пайда болот. Пайда болгон муз клетка аралыктардан абаны сүрүп чыгарат. Тоңгон ткань өңсүз. Муз ээригенде, эгерде клетка өлбөгөн болсо, клетка аралыктагы суу клеткаларга кайра жутулат. Нөлдөн төмөнкү температурада клеткалар төмөнкү себептерден өлөт:

1) суусуздануудан;

2) муздун механикалык кысуусунан.

Клетка аралыктарда пайда болгон муздун кристаллдары клеткадан сууну тартып алып клетканы суусуздандырып, кургатат. Муздун кристаллдары чоң өлчөмгө чейин өсүп, плазмолемманы кысып, зыянга учуратат. Төмөнкү температурада тоңуудан зыянга учурган клеткалардын тургордук абалы, клетка аралыктардагы аба жоголот, клеткалардан иондор (K^+), канттар чыгат. Бирок мембрананын сууну өткөргүчтүгү өзгөрбөйт. Коллоиддик системасы бузулат.

Суукка туруктуу өсүмдүктөрдүн төмөнкү терс (нөлдөн төмөнкү) температуранын аракетине каршы турууга же аны азайтууга жөндөмдүүлүктөрү бар.

1. Клеткада муздун пайда болушун четтетүү үчүн суукта клеткалардан эркин суунун тышка ташылып чыгышынын чоң мааниси бар. Бул үчүн мембрананын өткөргүчтүгү жогору болуш керек. Суукка чыдамдуу өсүмдүктөрдүн клеткаларынын мембраналарынын липиддеринде каныкпаган май кислоталары көп кармалып, алардын өткөргүчтүгү жогору.

2. Суукка туруктуу өсүмдүктөрдүн клеткаларында коргоочу заттар (полимердик заттар, гидрофилдик белоктор, моносахариддер, олигосахариддер) көп кармалат. Клеткадагы суу бул кошулмалар менен байланышып, тоңбойт жана эч жакка ташылбайт. Ошентип клетка муз пайда болуудан жана өтө суусуздануудан сактанат.

Суукка туруктуу өсүмдүктөрдө крахмал гидролизденип, цитоплазмада канттардын кармалышы көбөйөт. Сууда эрүүчү белоктор көп синтезделинет. Бул заттар канчалык көп кармалса, өсүмдүктөрдүн суукка туруктуулугу ошончолук жогору.

3. Кышка камынуу мезгилинде суукка туруктуу өсүмдүктөрдө запастык заттар көп топтолот. Ал заттар кийин өсүү кайра башталганда пайдаланылат.

4. Суукка туруктуу өсүмдүктөрдүн өсүү процесстери эрте бүтүп, тынызгууга эрте өтөт.

Бышыктыруу жолу менен өсүмдүктөрдүн суукка туруктуулугун жогорулатууга болот. Бышыктыруунун жүрүшүндө өсүмдүктөрдө төмөнкү температуранын таасирине туруктуулукту жогорулатуучу физиологиялык-биохимиялык өзгөрүүлөр жүрөт. Бышыктыруу өсүүсү токтолгон өсүмдүктөрдө төмөнкү температурада жүргүзүлөт.

Суукка бышыктыруу үч этапта өтөт: ***тынчтык абалга өтүү, бышыктыруунун биринчи жана экинчи этаптары.***

Тыныгууга өтүүдө ауксиндин жана гиббереллиндин кармалышы азайып, абсциз кислотасынын кармалышы көбөйөт. Өсүүнү токтотуучулар (хлорхолинхлорид, трийодбензой кислотасы) өсүмдүктөрдүн төмөнкү температурага туруктуулугун жогорулатат. Ал эми гетероауксин төмөндөтөт.

Бышыктыруунун биринчи этабын күздүк дан өсүмдүктөрү 6–9 күндө, +0,5° – +2°С, жарыкта өтөт; дарактар – 30 күндө. Бул этапта клеткаларда канттар, сууда ээрүүчү белоктор топтолот. Мембраналарда каныкпаган май кислоталары көбөйүп, клеткада эркин суунун саны азаят.

Бышыктыруунун экинчи этабы –10°, –20°Сда жүрөт. Клетка аралыктарда муздун пайда болушуна, суусуздандырууга каршы механизмдер иштейт.

Клеткада байланган суунун, канттардын, белоктун кармалышын жогорулатып, микроэлементтер (цинк, молибден, жез, кобальт ж.б.) да суукка туруктуулукка оң таасирин тийгизет.

Кыштын ыңгайсыз шарттарынын күздүк өсүмдүктөргө тийгизген таасири

Күз-кыш-жаздын ичинде күздүк өсүмдүктөр жалаң эле төмөнкү температуранын эмес андан башка да ар түрдүү ыңгайсыз шарттардын таасирине дуушар болуп, зыян тартат. Кардын алдында 0°Сга жакын температурада узак болгондо

өсүмдүк тынчтык абалга өтпөй клеткаларындагы углеводдордун запасын бүт дем алууга жоготот да туруктуулугу төмөндөйт.

Жазында ээриген кардын суусу топуракта артыкча көп кармалса кычкылтек жетишсиз болуп, өсүмдүктө анаэробдук процесстер өөрчүп, анын продуктулары организмди ууландырып, өлүмгө алып келет.

Топурактагы суу тоңгондо муздун кристаллдары тамырдын ткандарын айрып, зыянга учуратат же тамырды топурактын үстүнө сүрүп чыгарат. Жылаңач калган тамырдын бөлүгү кургакчылыкка жана төмөнкү температуранын күчтүү таасирине дуушар болуп, зыян тартат.

11.4. Өсүмдүктөрдүн тузга туруктуулугу

Туздуулугуна жараша топурактар туздуу эмес, аз туздуу, орточо туздуу жана өтө туздуу топурактар деп бөлүнөт. Бул топурактар туздардын химиялык составы, концентрациясы боюнча бири-биринен айырмаланышат. Туздуулук башка катиондор менен алмашууга жөндөмдүү топуракта жутулган натрийдин саны менен аныкталат. Натрийдин саны топурактын жалпы жутуу жөндөмдүүлүгүнүн 20–40% түзөт. Өтө туздуу топурактарда сууда ээрүүчү туздардын кармалышы 1% тен ашат. Топуракта натрий менен байланышкан аниондордун кармалышына жараша туздуулуктун хлориддик, сульфаттык, карбонаттык жана хлориддик-сульфаттык түрлөрү бар. Топуракта кармалган туздар топурак эритмесинин осмостук басымын жогорулатат. Мындай топурактан суу өсүмдүккө кыйындык менен сорулат. Ушуга байланыштуу туздуу топурактарда эволюцияда туздуулукка ыңгайланышкан касиеттери пайда болгон өсүмдүктөр гана нормалдуу өсө алышат. Өсүмдүктөрдүн бул тобу ***галофиттер*** деп аталат.

Галофиттер жогорку концентрациялуу туздардын таасиринен үч жол менен коргонушат:

1) көп сандагы тузду жутуп, вакуолярда топтойт. Натыйжада туздуу топурактан сууну жутуп алууга жетиштүү жогорку осмостук басым түзүлөт;

2) жутулган туздарды суу менен кошо атайын тешиктер аркылуу сыртка бөлүп чыгаруу;

3) тамыры аркылуу туздарды аз жутуу.

Туздуулукка ыңгайлашкандыгы боюнча галофиттер үч топко бөлүнүшөт:

1. Накта галофиттер – вакуолясында тузду көп жыйноочу, тузга өтө туруктуу өсүмдүктөр. Ымдуу туздуу топурактарда өсүшөт. Жогорку осмостук басымы жана соруу күчү болуп алар туздуу чөйрөдөн сууну соруп алууга жөндөмдүү. Алардын осмостук басымы ондогон кээде жүздөгөн атмосферага жетет. Бул топтогу өсүмдүктөрдүн жалбырактары калың эттүү. Тузсуз шартта өскөндө эттүүлүгү жоголот. Накта галофиттердин өкүлү – сары өзөк (Salicornia herbacae) жана сведа (Suaedamaritima).

2. Тузду бөлүп чыгаруучу галофиттер тузду ткандарында жыйнабайт. Жутулган туздарды жалбырактарында жайланышкан бөлүп чыгаруучу бездери аркылуу клеткаларынан бөлүп чыгарышат. Бөлүнүп чыккан туздар жалбырактарынын бетинде ак кебер болуп калат. Бул өсүмдүктөрдүн өкүлү кермек (Statice gmelini), жийде (Elaeagnus).

3. Туз өтпөөчү галофиттер туздуулугу аз чөйрөдө өсүшөт. Алардын клеткаларынын жогорку осмостук басымы фотосинтездин продуктуларынын эсебинен түзүлөт. Клеткалары тузду аз өткөрөт. Бул топтун өкүлдөрү – шыбак (Artemisia Salina), эбелек (Kochia).

Туздуулуктун түрү өсүмдүктүн органдарынын структурасына түрдүүчө таасирин тийгизет. Хлориддик туздуулукта өсүмдүктөрдүн жалбырактары эттүү болуп, суккуленттик форманы алат. Сульфаттык туздуулукта өсүмдүктөр ксероморфтук касиетке ээ болушат. Хлориддик туздуулукта дем алуу, фотосинтез, суунун бууланышы төмөндөйт. Сульфаттык туздуулукта бул процесстердин жүрүшү активдүү. Айыл чарба өсүмдүктөрүнүн ичинен арпа, кант кызылчасы, пахта, буудай тузга туруктуу.

Туздуу топуракта гликофиттерди (тузга туруктуу эмес өсүмдүктөр) узак убакыт өстүрүү аларды зыянга учуратат. Туздуулук клетканын чоюлуп өсүшүн токтотот, азоттук ал-

машууну бузуп, анын аралык продуктуларынын (аминдердин, диаминдердин, аммиактын) топтолушуна алып келет. Бул кошулмалар өсүмдүккө ууландыруучу таасир тийгизет.

Айыл чарбасында топурактын туздуулугун кетириш үчүн жуушат. Натрий көп кармалган туздуу топурактарды гипстейт. Гипстегенде кальций натрийди топурактын составынан сүрүп чыгарат.

Микроэлементтерди топуракка алып келүү иондук алмашууну жакшыртат. Уруктарды себүү алдында туздардын эритмесине чылап бышыктыруу өсүмдүктөрдүн тузга туруктуулугун жогорулатат. Пахтанын, кант кызылчасынын, буудайдын уруктарын бир саатка хлордуу натрийдин 3% түү эритмесинде кармап, андан кийин суу менен жууп (1,5 саат) себүү бул өсүмдүктөрдүн хлориддик туздуулукка туруктуулугун жогорулатат. Сульфаттык туздуулукка туруктуулугун жогорулатыш үчүн уруктарды магнийдин сульфатынын 0,2% эритмесинде бир сутка нымдайт.

Азыркы кезде өсүмдүктөрдүн чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына туруктуулугун жогорулатууда гендик инженериянын методдору кеңири колдонулууда. Ыңгайсыз шартка туруктуулуктун генин таап аны туруктуу эмес өсүмдүктүн клеткасына киргизип ДНКсына бириктирип, ыңгайсыз шартка туруктуу организмге айландырышат.

11.5. Кычкылтектин жетишсиздигине туруктуулук

Кычкылтектин жетишсиздиги саздуу топурактарда, убактылуу суу жана муз каптаганда, продуктуларды сактоодо пайда болот.

Кычкылтектин жетишсиздигине өсүмдүктөр эки жол менен ыңгайланышат. Биринчиден, кычкылтектин керектүү саны менен камсыз болуу үчүн өсүмдүктөрдө кошумча органдар – аэренхима (кычкылтекти жер үстүндөгү органдардан тамырга ташыйт), клетка аралык желдеткичтер ж.б. пайда болот. Экинчиден, физиологиялык-биохимиялык процесстер кычкылтектин аз санына ыңгайланышып жүрөт, мисалы, гипоксияда (кычкылтек жетишсиз) жана апоксияда (кыч-

кылтек жок) дем алуунун пентозофосфаттык жолуна, глюкозанын кычкылдануусунун гликолиздик жолуна өтөт.

Кычкылтектин жетишсиздигине туруктуу өсүмдүктөрдүн ткандарында ачуунун продуктулары ууландыруучу санда топтолбойт. Белоктордун жана углеводдордун гидролиздери токтолот.

Газдарга туруктуулук

Өсүмдүктөрдүн газдардын зыяндуу таасирлеринен сактануу жөндөмдүүлүгү алардын газдарга туруктуулугу деп аталат.

Адамдын ар кандай иш-аракеттеринин натыйжасында (өнөр жай ишканаларынан, автотранспорттон) абага 200дөн ашык ар түрдүү заттар бөлүнүп чыгат. Алардын ичинде газ түрүндөгү кошулмалар: күкүрттүү газ (SO_2), азоттун кычкылдары (NO, NO_2), из газы (CO), фтор, кислоталардын буулары (күкүрт, туз, азот), катуу бөлүкчөлөр – ыш, күл, чаң, коргошундун, селендин уу кычкылдары бар.

Өнөр жайы өнүккөн мамлекеттерде абанын булганышын 52,6% – транспорттук, 18,1% – жылытуу системасы, 17,9% – өнөр жай процесстери, 1,9–9,5% – таштандыларды күйгүзүү түзөт.

Газдар, буулар өсүмдүктөрдүн үттөрү аркылуу ткандарына кирип, алардын зат алмашуусуна таасирин тийгизет. Чаңдар үттөрдүн тешигин бүтөп, өсүмдүктүн газ алмашуу, сууну буулантуу процесстерин начарлатат. Уулуулугу боюнча газдарды төмөнкү катарда жайгаштырууга болот:

$$1.\ F_2 > Cl_2 > SO_2 > NO_2 > CO > CO_2$$
$$2.\ Cl_2 > SO_2 > NH_3 > HCN > H_2S$$

Уу газдар таасирин өзгөчө жалбыракта жүрүүчү процесстерге тийгизет. SO_2 жана Cl_2 хлоропласттардын пигменттерине зыян келтирет. Уу газдарга туруктуу өсүмдүктөр:

1) уу газдардын жутулушун жөнгө салууга жөндөмдүү. Бул өсүмдүктөрдүн үттөрү уу газдарды сезгич болуп, алар пайда болгондо жабылат.

2) газга туруктуу өсүмдүктөрдүн ткандарында кармалган катиондор (K^+, Na^+, Ca^{2+}) кислоталардын ангидриддерин нейтралдаштырат.

Өсүмдүктөрдүн газга туруктуулугун минералдык заттар менен азыктануусун жакшыртып жана уруктарын бышыктыруу жолу менен жогорулатууга болот. Себүү алдында уруктарды күкүрт жана туз кислоталарынын начар эритмелеринде чылоо өсүмдүктөрдүн уу кислоталык кычкылдарга туруктуулугун жогорулатат.

11.6. Радиацияга туруктуулук

Тирүү организмдерге радиация түз жана кыйыр таасир тийгизет. Радиациянын молекулага түз түшүшү аны дүүлүктүрүп, иондоштурат. Радиациянын кыйыр таасиринде суунун молекуласынын иондошуусунун продуктулары молекулаларды, мембраналарды, органоиддерди, клеткаларды бузат.

Радиоактивдүү нур суунун молекуласын иондоштурат:

$$H_2O \rightarrow H_2O^+ + e^-;\quad e^- \rightarrow H_2O^- \rightarrow H_2O^-$$

Суунун иондорунан $10^{-15} - 10^{-10}$ секундда химиялык активдүү эркин радикалдар жана пероксиддер пайда болот:

$$H_2O^+ \rightarrow H^+ + OH$$
$$H_2O \rightarrow H^+ + OH^-$$
$$OH + OH \rightarrow H_2O_2$$

Кычкылтек барда күчтүү кычкылдандыргыч HO_2 ($H^\cdot + O_2 \rightarrow HO_2$) пайда болот. Бул пайда болгон активдүү кычкылдандыргычтар 10^{-6}–10^{-5} сек. көп сандаган биологиялык маанилүү молекулаларды – нуклеин кислоталарын, белокторду, ферменттерди, липиддерди, мембраналарды бузушат.

Кычкылтектин концентрациясы жогорулаганда радиациянын таасири күчөйт. Кычкылтектин саны азайганда радиа-

циянын таасири төмөндөйт. Бул «кычкылтектик эффект» деп аталат.

Радиоактивдүү нурлардын түз таасири ДНКнын молекуласын, ядролук кабыкчаны, хроматиндерди бузат. Ушул өзгөрүүлөрдүн бардыгы белоктун синтезинин жүрүшүн, клеткалык циклди өзгөртүп, мутацияларды көбөйтүп, башкаруу системасын бузуп, клетканын өлүшүнө алып келет.

Өсүмдүктүн ткандарынын ичинен биринчи иретте меристемалык ткань радиациядан жабыр чегет. Митоздук циклдин синтез алдындагы (G_1) жана синтезден кийинки (G_2) мезгилдер радиацияга сезгич.

Радиациялык нурлардын таасиринен биринчи иретте өсүмдүктөрдүн өсүүсү өзгөрөт. Төмөнкү дозадагы радиация (0,035–0,05 кр) буурчактын жана жүгөрүнүн өркүндөрүнүн өсүүсүн тездетет. 500 рентген доза айыл чарба өсүмдүктөрүнүн уруктарын себээр алдында нурландыруу үчүн колдонулат (түшүмдү 10–12% ке көбөйтөт). 100–3500 кр уруктардын өнүүсүн токтотот.

Байыркы келип чыккан организмдер (цианобактериялар, эңгилчектер, козу карындар), жыланач уруктуулар, Абиссинадан жана Азиядан келип чыккан өсүмдүктөр радиоактивдүүлүккө туруктуу.

Өсүмдүктөрдүн радиоактивдүү нурлардын таасирине туруктуулугу бир катар факторлор менен аныкталат.

1. Радиациянын таасиринен бузулган ДНКнын молекуласы жана хромосома кайра калыбына келүүгө жөндөмдүү.

2. Радиациялык нурдун таасиринен пайда болгон эркин радикалдарды, пероксиддерди, күчтүү кычкылдарды андан ары реакцияларга катыштырбоочу, алардын активдүүлүгүн төмөндөтүүчү кошулмалардын болушу радиоактивдүүлүккө туруктуулукту жогорулатат. Мындай заттардын функциясын сульфгидрилдик кошулмалар (глутатион, цистеин), аскорбин кислотасы (калыбына келтиргич), металлдардын жана азыктык элементтердин иондору (бор, висмут, темир, калий, кальций, кобальт, магний, күкүрт, фосфор, цинк ж.б.) бир катар ферменттер (каталаза, пероксидаза, полифенолоксидаза, ци-

тохром, НАД), зат алмашууну токтотуучулар (фенолдор, хинондор), өсүүнү токтотуучулар (абсциз кислотасы, кумарин) аткарат.

3. Радиоактивдүү нурлануудан жабыр тарткан организм негизги апикалдык меристеманын клеткалары өлгөндө активдүү бөлүнө баштоочу тыныгуудагы меристемалардын ишке киришинен калыбына келет.

Радиациялык нурлардан коргонуунун жана калыбына келүүнүн бул механизмдери жалаң өсүмдүктөргө гана эмес башка тирүү организмдерге да тийиштүү.

11.7. Өсүмдүктөрдүн оору козгоочу микроорганизмдерге туруктуулугу

Өсүмдүктөр чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарынын таасирлеринен коргонушу менен бирдикте биологиялык факторлордун, биринчи иретте микроорганизмдердин таасиринен да коргонушат. Микроорганизмдер – өсүмдүк өскөн чөйрөдө дайым болуп, анын туруктуу оору жугузуучулары.

Жапайы өскөн өсүмдүктөрдө эволюцияда өздөрү өскөн чөйрөсүндөгү коңшу, биргелешип жашаган организмдердин таасирлерине ар түрдүүчө жолдор менен ыңгайланышып, маданий өсүмдүктөрдө жок коргонуунун ар кандай механизмдери иштелип чыккан.

Коргонуунун табийгый механизмдерин аныктоонун теориялык маанисинен башка айыл чарба өсүмдүктөрүнүн ооруларына каршы күрөшүүнүн жолдорун аныктоо үчүн практикалык мааниси да бар.

Өсүмдүктүн ооруну жеңип чыгуу же анын өөрчүшүн токтотуу жөндөмдүүлүгү ***ооруга туруктуулук*** деп аталат.

Өсүмдүктөрдүн оорусун мите козу карындар, бактериялар, вирустар, курттар, мите өсүмдүктөр (сары чырмоок, заразиха ж.б.) козгойт. Козу карындардын 100 түрү, бактериялардын 150–200 түрү өсүмдүктөрдүн ооруларын козгошот.

11.7.1. Оору козгоочу микроорганизмдердин таасиринен физиологиялык процесстердин бузулушу

Оору козгоочу микроорганизмдердин төмөнкүдөй топтору бар.

1. Факультативдик сапрофиттер негизинен мителик кылып жашашат. Кээде (картошканын фитофтора оорусун козгоочу) өсүмдүктүн өлгөн ткандары менен азыктанышат.

2. Факультативдик мителер сапрофиттер. Өсүмдүктөрдүн өлгөн ткандарында жашап, өсүмдүктөрдүн көп түрлөрүн оорууга чалдыктырат.

3. Облигаттык (туруктуу) мителер тирүү кожоюн өсүмдүксүз жашай албайт. Облигаттык мителер – вирустар, көп мите козу карындар. Мителер тирүү ткандардын азык заттары менен азыктанышат.

Азыктануусу боюнча мителер некротрофторго жана биотрофторго бөлүнүшөт. Некротрофтор (факультативдик мителер жана сапрофиттер) алдын ала өлтүрүлгөн ткандарга жайланышат. Кожоюн өсүмдүктүн клеткалары микроорганизм бөлүп чыгарган уу заттардын (токсиндин) таасиринен өлөт. Клеткалардын заттары мителер бөлүп чыгарган гидролиздик ферменттердин таасири астында ажырайт.

Биотрофтор – облигаттык мителер. Алар бир канча убакыт кожоюн өсүмдүктүн тирүү клеткасы менен бирдикте жашап, кийин уу заттарды (токсинедрди) бөлүп чыгарбастан ткандарга тереңдеп кирет. Мите козу карын спора пайда кылгандан кийин кожоюн өсүмдүк жабыркайт.

Мителердин кожоюн өсүмдүккө тийгизген таасири бул эки организмдин физиологиялык өзгөчөлүктөрү, өз ара байланыштары, чөйрөнүн шарттары менен байланыштуу болот.

Өсүмдүктүн ткандарында кармалган заттарды андагы мителик кылган микроорганизм азыктануусу үчүн пайдаланат. Натыйжада өсүмдүктүн түшүмдүүлүгү төмөндөп, айыл чарбасына зыян келтирилет

Микроорганизмдердин өсүмдүктүн денесине кириши анын спорасынын өсүшүнөн башталат. Көпчүлүк микроорганизм-

дердин спорасынын өсүшү үчүн суунун тамчысы керек (инфекциялык тамчы). Кээ бир спаралардын өсүшүн суунун тамчысы токтоткондуктан алар суунун буусу бар шартта өсөт. Кийинки этапта митенин гифтери өсүмдүктүн клеткаларына кирет.

Мите организмдердин кожоюн өсүмдүктүн ткандарына кирүүсү ар түрдүү жолдор менен жүрөт. Микроорганизмдер өсүмдүктүн тканына үттөр, ар кандай тешиктер, жаракалар аркылуу кирет. Кээ бир микроорганизмдер ферменттеринин таасири менен өсүмдүктүн клеткасынын кабыкчасын эритип киришет.

Мите организм өсүмдүктүн клеткасына кирип, анын зат алмашуу, тиричилик процесстеринин жүрүшүн өзгөртөт. Инфекциянын таасири астында цитоплазманын физикалык-химиялык касиеттери өзгөрүп, мембраналардын өткөргүчтүгү өсөт. Клетканын органикалык жана органикалык эмес заттары тышка чыгарылат. Дат оорусу менен ооруган буудайдын жалбырактарынын клеткаларынан бөлүнүп чыккан органикалык заттар оорубаган өсүмдүктөргө салыштырганда 500% болгон. Өсүмдүктүн ооруга туруктуулугу канчалык жогору болсо, анын мембранасынын өткөргүчтүгү ошончолук төмөн.

Мите козу карындардын таасиринен ооруган өсүмдүктө ар түрдүү себептердин натыйжасында транспирациясы төмөндөп, соолуйт. Мителик кылуучу микроорганизмдер бөлүп чыгарган уу заттар (токсиндер) өткөрүүчү түтүктөрдүн ичинде төмпөктөрдү пайда кылат. Ал төмпөктөр түтүк боюнча суунун жана заттардын жылышына жолтоо болот.

Мите бөлүп чыгарган ферменттер өткөрүүчү түтүктөргө жакын жаткан клеткалардын пектиндик заттарын гидролиздейт. Гидролиздин былжырлуу продуктулары фенолдор менен кошулуп, түтүктөрдүн көңдөйүн тосуп калуучу коюу илешкек заттарды пайда кылат. Козу карындардын гифтери өткөрүүчү түтүкчөлөрдү жана үттөрдү жаап тыгын сыяктуу болуп калат.

Ушулардын бардыгы түтүктөр аркылуу суунун жылышын начарлатып, транспирациянын нормалдуу жүрүшүн бузуп, өсүмдүктүн соолушуна алып келет.

Өсүмдүктө суу алмашуунун жана хлоропласттардын бузулушунан фотосинтездин жүрүшү төмөндөйт. Углеводдордун, белоктордун кармалышы азаят. Митенин ферменттеринин таасири астында бул кошулмалардын гидролизи күчөйт. Гидролиздик процесстердин продуктулары кожоюн клеткаларды уулантдырат.

Микроорганизмдин таасиринен коргонуу үчүн кожоюн өсүмдүк дем алуусун күчөтүп, ал процесске запастык заттарын көп жоготуп ачкачылыкка дуушар болот.

Мите микроорганизмдер тиричилигинде бөлүп чыгарган токсиндер өсүмдүктүн клеткаларын, анын структуралык элементтерин уулантдырып өлтүрөт.

11.7.2. Өсүмдүктөрдүн оорудан коргонуусунун механизмдери

Өсүмдүктөрдүн ооруга туруктуулугу алардын оорудан сактануусунун жолдоруна негизделген. Өсүмдүктүн организминде ал ооруганга чейинки жана ооругандан кийинки пайда болгон сактануунун жолдору бар.

Ооруганга чейин өсүмдүктө оорудан сактануунун төмөнкүдөй жолдору иштелип чыгат:

1) микроорганизмдердин кирүүсүнө жолтоо болуучу өзгөчө структуралуу ткандары болот;

2) антибиотиктерди, фитонциддерди бөлүп чыгаруу жөндөмдүүлүгү артат;

3) мителердин өөрчүшү үчүн керектүү заттар жетишсиз топтолот.

Ооругандан кийин өсүмдүктө оорудан коргонуунун төмөнкүдөй жолдору иштелип чыгат:

1. Өсүмдүктүн дем алуусу жана энергиянын алмашуусу күчөйт.

2. Мите үчүн уу заттар (фитонциддер, фенолдор, хинондор) топтолот.

3. Кошумча механикалык коргонуу тосмолору пайда болот.

4. Организм жогорку сезгичтикке ээ болот.

5. Фитоалексин синтезделинет.

Өсүмдүктүн оорудан коргонуусунун негизги максаты митенин таасирин өзүнүн клеткаларына жеткирбөө жана митени алсыздандырып, өлтүрүү болуп саналат.

Мите менен кожоюн өсүмдүктүн өз ара аракети өсүмдүктүн үстүнкү бетинде башталат. Митенин спорасы өсүмдүктүн органынын бетине токтоп кармалыш керек. Споранын өсүмдүктүн бетине кармалышына кутикуланын мом менен майланышы жолтоо болот. Мындай тайгалак бетке спора жана анын өсүшү үчүн керек суунун тамчысы токтобойт. Жабуучу ткандар микроорганизмдер үчүн механикалык тосмо гана болбостон, алар антибиотиктик заттарды да кармашат.

Кожоюн клетканын клеткалык кабыкчасына лигниндин топтолушу митеге өсүмдүктүн клеткасынан азыктык заттардын келишине жана митенин кожоюн клеткага киришине жолтоо болот.

Өсүмдүктөрдүн ооруга туруктуулугунда антибиотиктик заттардын (фитонциддер) чоң мааниси бар. Фитонциддер – ар түрдүү түзүлүштөгү төмөнкү молекулалуу кошулмалар (хинондор, гликозиддер, спирттер ж.б.). Алар микроорганизмдердин өөрчүшүн токтотууга жана өлтүрүүгө жөндөмдүү. Учма фитонциддер чөйрөгө бөлүнүп чыгарылат. Учма эмес фитонциддер жабуучу тканда жана вакуолярда кармалат.

Ооруга туруктуу өсүмдүктөрдүн сезгичтиги жогору. Алардын мите менен жанашып тийишкен жериндеги бир-эки катар клеткалар тез өлүп, митенин өсүмдүктүн ткандарын аралап, тереңирээк киришине тоскоолдук түзүлөт. Спора пайда болууга жол берилбейт. Анткени споралар тирүү клеткаларга жанаша болгондо гана пайда болот.

Өсүмдүк ооругандан кийин пайда болуучу коргоочу заттардын бири – фитоалексиндер. Фитоалексиндер ооруга чалдыккан өсүмдүктө мителик организмдин таасирине жооп катары пайда болгон төмөнкү молекулалуу антибиотиктик заттар.

Соо ткандарда фитоалексиндер жок. Алар жогорку сезгичтиктин натыйжасында өлгөн клеткалар менен чектеш-

кен тирүү клеткаларда синтезделинет. Ал тирүү клеткалардан өлгөн клеткаларга өтүп андагы микроорганизмдердин өсүшүн басып, алардын бөлүп чыгарган ферменттеринин активдүүлүгүн төмөндөтөт.

Кожоюн өсүмдүктү микроорганизм лектиндин – олигосахариддер, моносахариддер менен байланышуучу гликопротеиндин жана элистердин (митенин клетка кабыкчасынын жогорку молекулалуу глюканы) жардамы менен таанийт.

Ооруга карата өсүмдүктүн коргонуу механизмдери төмөнкүдөй иретте аракеттенет:

1. Мите кожоюн өсүмдүккө элистердин жардамы менен аракет кылат.

2. Өсүмдүктүн мембраналык рецептору митенин элистери менен аракеттенет.

3. Жогорку сезгичтик реакциянын натыйжасында өсүмдүктүн бир катар клеткалары өлөт.

4. Өсүмдүктүн өлгөн клеткаларында олигосахариддер пайда болот.

5. Олигосахариддер өлгөн клеткалардан тирүү клеткаларга өтүп, аларда фитоалексиндер синтезделет.

6. Өлгөн ткандар соо ткандардан перидерма аркылуу ажыратылат.

Өсүмдүктөр чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына каршы турууга жөндөмдүү. Чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарынын таасиринен коргонуу клеткалык жана органдык деңгээлде жүрөт. Клеткалык деңгээлде:

1) анатомиялык түзүлүштү өзгөртүү;

2) физиологиялык реакциялар (үттөрдүн жабылышы, ачылышы);

3) коргоочу заттарды топтоо (канттар, белоктор) аркылуу жүрөт. Органдык деңгээлде:

1) жоготулган органды кайра калыбына келтирүү (регенерация);

2) гормондук системанын жардамы аркылуу жүрөт.

СОҢКУ СӨЗ

Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын алдында жакынкы жылдарда өсүмдүктөрдүн негизги тиричилик процесстерин организмдик жана молекулалык деңгээлдерде толук изилдеп, башкаруу системаларынын жалпы теориясын иштеп чыгып, аны өсүмдүктүн өсүүсүн, өөрчүүсүн, продуктуулугун башкарууда колдонуу максаты турат. Эгерде буга чейинки 150 жылдын ичинде өсүмдүктөрдүн физиологиясы айыл чарба өсүмдүктөрүнүн минералдык заттар менен азыктануусунун теориясын иштеп чыкса, азыркы кезде өсүмдүктүн организмин гендердин, физиологиялык активдүү заттардын жардамы менен башкарууну үйрөнүү маселеси турат.

Коюлган максаттарга жетүү теориялык жактан да, практикалык жактан да жаңы багыттагы изилдөөлөрдү жүргүзүүнү талап кылат. Өсүмдүктүн өсүүсү, өөрчүшү жана продуктуулугу жөнүндө маалымат алыш үчүн бүтүндөй өсүмдүктү, анын бардык тиричилик процесстерин карап чыгыш керек. Мисалы, фотосинтездин продуктуулугу жалбырактын оптималдуу аянтына, фотосинтездик аппараттын түзүлүшүнө, суунун алмашуусуна, температурага, минералдык заттар менен азыктанууга, ассимиляттардын өсүү точкаларына нормалдуу ташылышына, өсүмдүктүн тышкы чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарынан жана оорулардан коргонууга жөндөмдүүлүгүнө байланыштуу. Башкача айтканда, фотосинтездин күчүн жана анын продуктуулугун организмдин башка функцияларынан ажыратып изилдөөгө болбойт. Тирүү өсүмдүктөрдү изилдегенде организмдерди тирүүлөй изилдөөгө мүмкүнчүлүк берүүчү потенциометрдик, спектрофотометрдик ж.б. методдорду колдонуп, бир убакта физиологиялык көп көрсөткүчтөрдү изилдөө керек.

Жыл сайын органикалык заттардын эбегейсиз массасын түзүп жана кычкылтекти бөлүп чыгарып, өсүмдүктөр био-

сферада чечүүчү ролду ойнойт. Өсүмдүктөр азык заттардын, техникалык сырьёнун, курулуш материалдарынын, отундун булагы. Алардан дары-дармектер жасалат. Элдин санынын өсүшү, өнөр жай курулуштарынын, шаарлардын өсүшүнөн айдоо аянттарынын азайышы бул продуктулардын баарын алуунун жаңы жолдорун табууну талап кылат.

Бул талапты аткаруунун бир нече жолу бар. Айыл чарба өсүмдүктөрүн өстүрүүдө жана коргоодо илимий жактан негизделген ыкмаларды, ар бир климаттык шартка туура келген жогорку түшүмдүү сортторду колдонуу керек.

Дениздердин жана океандардын флорасы сырьёнун эбегейсиз көп булагы болуп саналат. Жасалма чөйрөдө өстүрүлгөн балырлар мал чарбасында жана канаттуулар үчүн тоют катарында пайдаланылууда. Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдөн тазаланып алынган белоктордон жана углеводдордон жасалма азык-түлүк продуктулары алынууда.

Өсүмдүктөрдүн клеткаларынын жана ткандарынын культурасы менен байланышкан биотехнологиянын жаңы багыттары дарыларды, малдарга кошумча тоюттарды, аминокислоталарды ж.б. керектүү продуктуларды алууга негиз салат.

Клеткалык инженерия ар кандай түрлөрдөн алынган протопласттардын кошулуусунан жаңы гибриддерди алууну максат кылып коюп, айрым соматикалык клеткалардан бүтүндөй өсүмдүктөрдү өстүрүп алуу жолу (микроклонирлөө) менен баалуу экземплярларды практикада алышат. Айыл чарба өсүмдүктөрүнүн вирустук оорулардан таза, түшүмдүүлүгү жогору жаңы сортторун алууда гендик инженерия менен биотехнологиянын салымы чоң.

Гендик инженериянын болочогу кең. Клеткасына азот фиксирлөөгө жөндөмдүү симбиоздук жашоочу бактерияны же азот сиңирүүгө жооптуу генди киргизип, дан өсүмдүктөрүн азот сиңирүүгө жөндөмдүү организмге айландыруу маселеси коюлуп жатат.

Өсүмдүктөрдүн организмдеринде жүрүүчү фотосинтездин, азот сиңирүүнүн, целлюлозаны синтездөөнүн жана башка процесстердин молекулалык механизмдерин үйрөнүүнүн негизинде азык-түлүк продуктуларын, сырьёну, отунду, өнөр жайла-

рында өндүрүүгө өтүү азыркы кездеги башкы маселелердин бири. Жасалма фотосинтезди өздөштүрүп углеводдорду, белокторду, витаминдерди ж.б. керектүү продуктуларды синтездеп алуу азык-түлүк, техникалык сырье, отун проблемаларын чечип, элдердин жашоо шарттарынын жакшырышына, экологиялык чөйрөнүн тазартылышына шарт түзөт. Бул маселелерди чечүүгө физиологдордун, биохимиктердин, биофизиктердин, физиктердин, химиктердин ж.б. бардык коомдун күчтөрү багытталыш керек.

ТЕСТТИК СУРООЛОР

1. Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын изилдөө объектиси кайсы?

а) өсүмдүктүн морфологиясы;

б) өсүмдүктүн селекциясы, генетикасы;

в) жер бетинде таралышы;

г) ички тиричилик процесстери (дем алуу, фотосинтез, суунун бууланышы;

д) ички анатомиялык түзүлүшү.

2. Өсүмдүктөрдүн физиологиясын эмне үчүн изилдейт?

а) агротехникалык иштерди туура жүргүзүү үчүн (түбүн бошотуу, сугаруу);

б) топурактын асылдуулугун жогорулатуу үчүн;

в) топурактагы микроорганизмдерди жоготуу үчүн;

г) өсүмдүктөрдүн зыянкечтерине каршы күрөшүү үчүн.

3. Өсүмдүктөрдүн физиологиясын эмне үчүн изилдейт?

а) биологиялык моделдерди түзүү, жасалма продуктуну алуунун жолдорун табуу үчүн;

б) топурактын асылдуулугун жогорулатыш үчүн;

в) топурактагы микроорганизмдерди жоготуш үчүн;

г) өсүмдүктөрдүн зыянкечтерин жоготуш үчүн;

д) өсүмдүктүн анатомиясын изилдеш үчүн.

4. Өсүмдүктөрдүн физиологиясы эмнелерди изилдейт?

а) өсүмдүктүн жаратылышта таралышын;

б) өсүмдүктүн органдарынын түзүлүшүн;

в) өсүмдүктүн органдарынын ткандарынын функциясын;

г) өсүмдүктүн тканынын түзүлүшүн.

5. Өсүмдүк физиологиясынын изилдөөчү проблемалары кайсы?

а) физиологиялык процесстерди клеткалык, молекулалык деңгээлде изилдөө, практикада колдонулушун изилдөө;

б) өсүмдүктөрдүн көбөйүү жолдорун изилдөө;
в) өсүмдүктөрдүн генетикасын изилдөө;
г) жаратылышта таралышын изилдөө.

6. Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын проблемалык маселелери кайсы?

а) өсүмдүктөрдүн көбөйүү жолдорун изилдөө;
б) өсүмдүктөрдүн химиялык составын изилдөө;
в) физиологиялык процесстерди организмдин деңгээлинде табигый шартта изилдөө;
г) өсүмдүктөрдүн морфологиясын изилдөө.

7. Өсүмдүктөрдүн физиологиясынын проблемалык маселелери кайсы?

а) өсүмдүктөрдүн химиялык составын изилдөө;
б) өсүмдүктөрдүн жаңы түрлөрүн табуу;
в) физиологиялык процесстерди техникада колдонуу (фотосинтез);
г) өсүмдүктөрдүн анатомиясын изилдөө.

1. ӨСҮМДҮКТҮН ОРГАНДАРЫНЫН ТҮЗҮЛҮШҮ ЖАНА ФУНКЦИЯЛАРЫ

8. Кайсы организмдин клеткасында вакуоля суу алмашууда катышат?

а) жаныбардын;
б) бактериянын;
в) инфузориянын;
г) өсүмдүктүн.

9. Өсүмдүктүн клеткалык кабыкчасынын составында кайсы зат бар?

а) гликоген;
б) хитин;
в) целлюлоза;
г) пептидогликоген.

10. Кайсы организмдердин клеткасында хлоропласттар бар?

а) көк жашыл балырда;
б) козу карында;

в) бактерияларда;
г) өсүмдүктөрдүн жалбырагында.

11. Кайсысында фотосинтез жүрөт?
а) күкүрт бактериясында;
б) эритроциттерде;
в) козу карындарда;
г) өсүмдүктөрдө.

12. Өсүмдүктөрдүн клеткалары өз ара эмненин жардамы менен байланышышат?
а) десмосома;
б) плазмодесма;
в) рибосома;
г) цитоплазма.

13. Качан плазмолиз болот?
а) клетка суугa каныкканда;
б) клетка суусун жоготкондо;
в) изотондук эритмеде;
г) фотосинтезде.

14. Кандай эритмеде плазмолиз болот?
а) изотондук;
б) гипотондук;
в) гипертондук;
г) молярдык.

15. Кандай эритмеде деплазмолиз болот?
а) гипертондук;
б) таза сууда;
в) изотондук;
г) майда.

16. Кайсы клетка эукариоттук клетка?
а) бактерия;
б) цианобактерия;
в) өсүмдүктөрдүн клеткасы;
г) вирус.

17. Тиричиликти алып жүрүүчү система кайсы?
а) ядро;
б) эндоплазмалык торчо;

в) протоплазма;
г) митохондрия.

18. Рибосома кайсы функцияны аткарат?
а) фотосинтез;
б) трансляция (белок синтездөө);
в) ДНК синтездөө;
г) АТФ синтездөө.

19. Митохондрия кайсы функцияны аткарат?
а) фотосинтез;
б) АТФ синтездөө;
в) белок синтездөө;
г) заттарды ажыратуу.

20. Коргоочу функцияны эмне аткарат?
а) эндоплазмалык торчо;
б) рибосома;
в) плазмалык мембрана;
г) клеткалык борбор.

2. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН СУУ АЛМАШУУСУ

21. Кайсы зат эриткич?
а) белок;
б) азот;
в) клетчатка;
г) суу.

22. Кайсы зат өсүмдүк аркылуу буулантылат?
а) бензин;
б) эркин суу;
в) байланган суу;
г) эфир.

23. Кайсы суу кургакчылыкка, суукка туруктуулукту жогорулатат?
а) жалпы суу;
б) эркин суу;
в) байланган суу;
г) топурактагы суу.

24. Кайсы суу -10^0C тоңот, эриткич эмес, кыймылсыз?

а) байланган суу;

б) жалпы суу;

в) эркин суу;

г) топурактагы суу.

25. Суу клетканын кайсы компонентинде кармалат?

а) рибосомада;

б) ядродо;

в) липиддерде;

г) вакуолядa, клеткалык кабыкчада.

26. Фотосинтезде электрондордун донору кайсы зат?

а) суу;

б) фермент;

в) көмүр кычкыл газы;

г) крахмал.

27. Өсүмдүктүн органдарына азыктык заттардын ташылышын эмне камсыз кылат?

а) шапалакчалар;

б) клеткалык кабыкча;

в) суу;

г) хлоропласттар.

28. Кайсы суу топурактын ири көңдөйчөлөрүндө кармалат. Грунттук суугa агып кетет?

а) жабышкан суу;

б) капиллярдык кармалган суу;

в) коллоиддик байланган суу;

г) гравитациялык суу;

д) кристаллдык суу.

29. Кандай суулар өсүмдүктүн организминде байланган сууну түзөт?

а) капиллярдык байланган суу;

б) осмостук байланган, коллоиддик байланган;

в) жабышкан суу;

г) буулануучу суу;

д) жалпы суу.

30. Топурактагы кайсы суу өсүмдүк үчүн эң пайдалуу?

а) гравитациялык суу;

в) кристаллдашкан суу;
б) коллоиддик байланган суу;
г) капиллярдык көңдөйчөдөгү суу.

31. Өсүмдүк сууну топурактан кайсы органы менен соруп алат?

а) тамыр калпакчасы;
б) уч меристема;
в) сабактары;
г) тамыр түктөрү.

32. Өсүмдүк сууну топурактан кайсы күчтөрдүн жардамы менен соруп алат?

а) сүрүлүү күчү;
б) осмостук басым соруу күчү;
в) атмосфералык басым;
г) тартылуу күчү.

33. Өсүмдүктүн тамыры топурактан сууну соруп алыш үчүн топуракта кандай шарт керек?

а) жетиштүү кычкылтек, оптималдуу температура;
б) артык баш нымдуулук, саздуу топурак;
в) азыктык заттар жетишсиз;
г) төмөнкү температура.

34. Топурактан өсүмдүккө суунун чексиз сорулуп киришине кайсы күч тоскоол кылат?

а) осмостук басым;
б) соруу күчү;
в) атмосфералык басым;
г) клеткалык кабыкчанын тургордук басымы.

35. Суунун топурактан өсүмдүккө сорулуп киришинин жана өсүмдүк боюнча жылышынын төмөнкү кыймылдаткыч күчү кайсы?

а) цитоплазманын кыймылы;
б) тамырдын клеткаларынын жана ксилеманын түтүктөрүнүн осмостук басымы, соруу күчтөрү;
в) өсүмдүктүн кыймылы;
г) өсүмдүктүн жалбырактарынын соруу күчү.

36. Суунун топурактан өсүмдүккө сорулуп киришинин жана өсүмдүк боюнча жогору жылышынын жогорку кыймылдаткыч күчү кайсы?

а) цитоплазманын кыймылы;

б) өсүмдүктүн кыймылы;

в) транспирациянын соруу күчү;

г) тамырдын клеткаларынын соруу күчү.

37. Гуттация деген эмне?

а) суунун үт аркылуу бууланышы;

б) органикалык заттардын синтезделиниши;

в) заттардын өсүмдүктө синтезделиниши;

г) өсүмдүктүн жалбырактарынын атайын тешиктеринен суунун бөлүнүп чыгышы.

38. Өсүмдүктүн ыйы деген эмне?

а) өсүмдүктө заттардын синтезделиши;

б) суунун үт аркылуу бууланышы;

в) өсүмдүктүн кесилген сабагынан суюктуктун бөлүнүп чыгышы;

г) өсүмдүктүн жалбырагынын тешиктеринен суунун бөлүнүп чыгышы.

39. Суунун өсүмдүккө сорулуп кирип, өсүмдүк боюнча жылышынын төмөнкү кыймылдаткыч күчүнүн бар экендигинин далилдери кайсылар?

а) транспирация;

б) өсүмдүктүн ыйы жана гуттация;

в) фотосинтез;

г) дем алуу.

40. Суунун өсүмдүк аркылуу буулантылышы кайсы процесс?

а) фотосинтез;

б) дем алуу;

в) транспирация;

г) настия.

41. Транспирациянын өсүмдүк үчүн кандай мааниси бар?

а) азыктык органикалык заттар гидролизденет;

б) суу жана минералдык азык заттар өсүмдүккө сорулуп кирет;
в) өсүмдүк энергия менен камсыз болот;
г) өсүмдүк кыймылга келет.

42. Транспирациянын өсүмдүк үчүн кандай мааниси бар?
а) өсүмдүктүн туруктуулугун жогорулатат;
б) өсүмдүк кыймылга келет;
в) фотосинтез үчүн керектүү CO_2 жалбыракка кирет;
г) өсүмдүк энергия менен камсыз болот.

43. Үттүн клеткалары эпидермистин клеткаларынан кандайча айырмаланат?
а) клеткалык кабыкчасы бар;
б) плазмалык мембранасы жок;
в) цитоплазмасы жок;
г) хлоропласттары бар.

44. Үттүк тешиктин ачылышы жана жабылышы эмненин жардамы менен жүрөт?
а) дем алуунун жардамы менен;
б) фотосинтездин жардамы менен;
в) үттүк клеткалардын тургордук абалынын өзгөрүшүнөн;
г) өсүмдүктүн кыймылынын негизинде.

45. Үттүн активдүү ачылышы жана жабылышы эмнеге байланыштуу?
а) үттүк аппараттын тегерегиндеги коңшу клеткалардын тургордук абалынын өзгөрүшүнө байланыштуу;
б) үттүк клеткалардын тургордук абалынын өзгөрүшүнө байланыштуу;
в) мезофиллдин клеткаларынын өзгөрүшүнө байланыштуу;
г) жалбырактын тарамыштарынын жайланышына байланыштуу.

46. Үттүн пассивдүү ачылышы жана жабылышы эмнеге байланыштуу?

а) үттүк жабуучу клеткалардын тургорунун өзгөрүшүнө байланыштуу;
б) жалбырактын тарамыштарынын жайгашуусуна;
в) үттүк аппараттын тегерегиндеги коншу клеткалардын тургордук абалынын өзгөрүшүнө;
г) өткөрүүчү боонун өзгөрүүсүнө.

47. Транспирация кандай чоңдук менен өлчөнөт?

а) жалбырак аркылуу сиңирилген CO_2 саны менен;
б) жалбырактын аянты аркылуу буулантылган суунун саны менен;
в) жалбырактын аянты аркылуу сорулган суунун саны менен;
г) жалбыракта синтезделген заттын саны менен.

48. Мезофиттер кандай өсүмдүктөр?

а) ысык климатта өсүүчү өсүмдүктөр;
б) суунун жетишсиздигине туруктуу өсүмдүктөр;
в) дайым сууда өсүүчү өсүмдүктөр;
г) сууну орточо талап кылуучу мелүүн климаттын өсүмдүктөрү.

49. Гигрофиттер кандай өсүмдүктөр?

а) суунун жетишсиздигине туруктуу;
б) дайым сууда өсүүчү өсүмдүктөр;
в) туздуу чөйрөгө туруктуу өсүмдүктөр;
г) ысык климатта өсүүчү өсүмдүктөр.

50. Ксерофиттер кандай өсүмдүктөр?

а) суунун жетишсиздигине туруктуу;
б) дайым сууда өсүүчү өсүмдүктөр;
в) мелүүн климатта орточо нымдуулукта өсүүчү;
г) туздуулукка туруктуу.

51. Ксерофиттер чөйрөнүн кургакчылык татаал шарттарына кандайча ыңгайланган?

а) фотосинтез күчтүү жүрөт;
б) суу көп кармалат;
в) жалбырактары түк менен капталып, транспирациясы төмөн;
г) сабактары күчтүү бутактанган.

52. Ксерофиттер чөйрөнүн кургакчылык катаал шарттарына кандайча ыңгайланган?

а) мөмө байлабайт;

б) тамыр системасы күчтүү өөрчүгөн, осмостук басымы чоң; транспирациясы жакшы жүрөт;

в) суу көп кармалат;

г) сабактары күчтүү бутактанган.

3. ФОТОСИНТЕЗ

53. Фотосинтез деген эмне?

а) органикалык заттардын жөнөкөй заттарга ажырашы;

б) химиялык байланган энергиянын АТФке айланышы;

в) кычкылдануунун энергиясынын жардамы менен органикалык заттын синтезделиши;

г) жарыкта CO_2 жана суудан органикалык заттын синтезделиши.

54. Фотосинтезде кандай процесстер жүрөт?

а) татаал кошулмалар жөнөкөй заттарга ажырайт;

б) CO_2 жана суудан углеводдор синтезделинип, энергиянын айланышы жүрөт;

в) углеводдор O_2 менен кычкылданат;

г) кант анаэробдук чөйрөдө ачыйт.

55. Фотосинтезде кандай процесстер жүрөт?

а) кант анаэробдук чөйрөдө ачыйт;

б) углеводдор аэробдук чөйрөдө кычкылданат;

в) ДНКнын молекуласы синтезделет;

г) жарыктын энергиясы молекулардын химиялык байланган энергиясына айланат.

56. Фотосинтездин кандай мааниси бар?

а) фотосинтездин продуктулары бардык организмдер үчүн азыктык зат;

б) фотосинтезде эркин энергия бөлүнүп чыгат;

в) атмосфераны көмүр кычкыл газы менен байытат;

г) фотосинтезде аба кычкылтектен тазаланат.

57. Фотосинтездин кандай мааниси бар?
а) атмосфераны көмүр кычкыл газы менен байытат;
б) фотосинтезде эркин энергия бөлүнүп чыгат;
в) фотосинтезде абага кычкылтек бөлүнүп чыгат;
г) фотосинтезде көмүр кычкыл газы бөлүнүп чыгат.

58. Фотосинтездин жаратылышта кандай мааниси бар?
а) күйүүдө, дем алууда жутулган кычкылтектин ордун фотосинтезде бөлүнүп чыккан кычкылтек толуктайт;
б) аба кычкылтектен тазаланат;
в) углеводдор кычкылданып, энергия бөүнүп чыгат;
г) канттардын ачуусунан спирт пайда болот.

59. Фотосинтез өсүмдүктүн кайсы органында жүрөт?
а) сабакта;
б) тамырда;
в) мөмөдө;
г) жалбыракта.

60. Фотосинтез өсүмдүктүн кайсы тканында жүрөт?
а) меристемада;
б) камбийде;
в) аэренхимада;
г) мезофиллде.

61. Фотосинтез клетканын кайсы органоидинде жүрөт?
а) вакуоляда;
б) хлоропласта;
в) эндоплазмалык торчодо.
г) ядродо.

62. Фотосинтезде кайсы пигмент катышпайт?
а) каротиноиддер;
б) хлорофиллдер;
в) ксантофилл.
г) антоциан.

63. Фотосинтезде кыйыр катышуучу пигмент.
а) хлорофилл а;

б) хлорофилл в;
в) каротиноиддер;
г) гемоглобин.

64. Фотосинтезде кыйыр катышуучу пигмент.

а) гемоглобин;
б) фикоэритрин;
в) хлорофилл а;
г) хлорофилл в.

65. Хлоропласт кандай структуралык элементтерден турат?

а) мембранадан, жалчалардан;
б) мембранадан, граналардан, стромадан, тилакоид;
в) каналчадан вакуолдордон;
г) микротүтүкчөлөрдөн, кирпикчелерден.

66. Жашыл өсүмдүктөрдүн хлоропласттары кармоочу пигмент кайсы?

а) фикоэритрин;
б) хлорофилл;
в) антоциан;
г) фикоцианин;
д) гемоглобин.

67. Хлоропласттын граналарында кайсы процесс жүрөт?

а) фотосинтездин караңгы фазасынын реакциялары;
б) нуклеин кислоталары синтезделет;
в) фотосинтездин жарык фазасында жарыктын энергиясы химиялык энергияга айланат;
г) органикалык заттар синтезделинет;
д) суу бууга айланат.

68. Фотосинтездин караңгы фазасынын реакциялары хлоропласттын кайсы бөлүгүндө жүрөт?

а) граналарда;
б) стромада;
в) тилакоидде;
г) рибосомада;
д) мембранада.

69. Пигмент хлоропласттын кайсы бөлүгүндө кармалат?

а) стромада;
б) тышкы мембранада;

в) граналарда;
г) рибосомада;
д) ички мембранада.

70. Хлорофиллдин составында кайсы металл бар?

а) темир;
б) натрий;
в) жез;
г) алюминий;
д) магний.

71. Хлорофиллдин составындагы магний кандай функцияны аткарат?

а) пигментти белок менене байланыштырат;
б) пигменттин реакциялык активдүү борбору;
в) липидди белок менен байланыштырат;
г) пигменттин активдүүлүгүн төмөндөтөт;
д) пигменттин туруктуулугун сактайт.

72. Хлорофилл аркылуу жарыктын кайсы нурлары жутулат?

а) жашыл, ультрафиолет;
б) сары, кызыл сары (оранжевый);
в) ультрафиолеттик, сары;
г) кызыл, көк;
д) жашыл, сары.

73. Фотосинтезде хлорофиллдин функциясы?

а) жарыктын энергиясын жутуп, аны дүүлүккөн молекуланын энергиясына айландыруу;
б) химиялык реакцияларды активдештирүү;
в) фотосинтездин продуктуларын топтоо;
г) фотосинтездин продуктуларын ажыратуу;
д) фотосинтездин продуктуларын ташуу.

74. Фотосинтездин жарык фазасында кандай процесстер жүрөт?

а) органикалык зат синтезделинет;
б) карангы фасанын жүрүшү үчүн керектүү АТФ, НАДН синтезделинет;

в) көмүр кычкыл газы ташылып кетет;
г) фотосинтездин продуктулары ташылат;
д) регенерация жүрөт.

75. Фотосинтездин жарык фазасында кандай процесстер жүрөт?

а) көмүр кычкыл газы калыбына келет;
б) карбоксилдөө жүрөт;
в) пигмент аркылуу жарыктын энергиясы жутулуп алынып АТФдин НАДНын энергиясына айланат;
г) көмүр кычкыл газы бөлүнүп чыгат;
д) фотосинтездин продуктулары ташылат.

76. Хлорофилл кайсы затта эрийт?

а) сууда;
б) спиртте, ацетондо;
в) липидде
г) эфирде;
д) туз кислотасында.

77. Фотосинтездин караңгы фазасында кандай процесстер жүрөт?

а) жарыктын энергиясы пигменттин дүүлүгүсүн чакырат;
б) көмүр кычкыл газы калыбына келип кант синтезделет;
в) жарыктын энергиясы АТФтин энергиясына айланат;
г) НАДФ калыбына келет;
д) суунун молекуласы ажырайт.

78. Фотосинтездин караңгы фазасындагы этап кайсы?

а) карбоксилдөө;
б) гликолиз;
в) фотокычкылдануу;
г) эмбрионалдык;
д) адистешүү.

79. Фотосинтездин караңгы фазасынын этабы кайсы?

а) гликлиз;

б) фотокычкылдануу;

в) калыбына келүү, регенерация;

г) жетилүү;

д) адистешүү.

80. Фотосинтездин биринчи продуктусу кайсы зат?

а) алма кислотасы;

б) фосфоглицерин кислотасы;

в) крахмал;

г) глюкоза;

д) нуклеин кислотасы.

81. Фотосинтездин карбоксилдөө этабында кандай процесс жүрөт?

а) глюкоза кычкылданат;

б) көмүр кычкыл газы биринчи акцепторго кошулат;

в) суунун молекуласы ажырайт;

г) углеводдон көмүр кычкыл газы ажырап чыгат;

д) көмүр кычкыл газы калыбына келет.

82. Фотосинтездин регенерация этабында кандай процесс жүрөт?

а) көмүр кычкыл газы биринчи акцепторго кошулат;

б) суунун молекуласы ажырайт;

в) көмүр кычкыл газы калыбына келет;

г) көмүр кычкыл газынын биринчи акцептору (РДФ) баштапкы абалына кайра келет;

д) глюкоза кычкылданат.

83. Фотосинтезде көмүр кычкыл газынын биринчи акептору кайсы зат?

а) рибулозодифосфат;

б) глюкоза;

в) белок;

г) фосфоглицерин кислотасы;

д) седогептулоза.

84. C_4 – фотосинтезде көмүр кычкыл газынын биринчи акцептору кайсы зат?

а) рибулозодифосфат;

б) глюкоза;
в) белок;
г) седогептулоза;
д) фосфоенолпировиноград кислотасы.

85. Фотофосфорлоо деген кандай процесс?
а) заттардын кычкылдануусунда АТФдин синтезделиши;
б) фотосинтездин жарык фазасында электрондордун ташылуусунда АТФдин синтезделиши;
в) заттар ачыганда АТФдин синтезделиши;
г) белоктун фосфорду кошуп алышы;
д) углеводдун фосфорду кошуп алышы.

86. Суккуленттердин фотосинтезинин өзгөчөлүгү кандай?
а) көмүр кычкыл газынын акцептору рибулозодифосфат;
б) хлоропласттары граналуу жана гранасыз;
в) кычкылтек бөлүнүп чыкпайт;
г) көмүр кычкыл газы түнүчүндө жутулуп алынып, күндүз фотосинтез жүрөт;
д) көмүр кычкыл газынын биринчи акцептору белок.

87. C_4 – фотосинтездин өзгөчөлүгү кандай?
а) көмүр кычкыл газынын биринчи акцептору белок;
б) көмүр кычкыл газы түнүчүндө жутулуп алынып, күндүз фотосинтез жүрөт;
в) кычкылтек бөлүнүп чыкпайт;
г) хлоропласттары граналуу жана гранасыз клеткаларда жүрөт;
д) көмүр кычкыл газынын акцептору рибулозодифосфат.

88. Фотосинтезде суу кандайча катышат?
а) суу энергиянын булагы;
б) суу ферменттерди активдештирет;
в) суу көмүр кычкыл газын калыбына келтирүүчү электрондордун донору;
г) фотосинтезде суунун мааниси жок.

89. Фотосинтезде суунун мааниси эмне менен түшүндүрүлөт?

а) суу энергиянын булагы;

б) фотосинтезде суунун мааниси жок;

в) суу ферменттерди активдештирет;

г) суу болгондуктан үт тургордук абалга келип ачылып, ал аркылуу көмүр кычкыл газы кирет;

90. Каротиноиддердин фикобилиндердин фотосинтезде кандай мааниси бар?

а) каротиноиддер, фикобилиндер фотосинтездин жүрүшүн токтотот;

б) каротиноиддер, фикобилиндер фотосинтезде электрондордун донору;

в) бул пигменттер ферменттерди активдештирет;

г) каротиноиддер, фикобилиндер жарыктын энергиясын кошумча жутуп хлорофиллге берип, фотосинтезде катышат.

91. Фотосинтезде температуранын таасири кандай?

а) температура суунун молекуласын ажыратат;

б) температура химиялык реакциялардын жүрүшүн тездетет;

в) температура фотосинтезге таасир тийгизбейт;

г) температура өсүмдүктүн жалпы абалын жакшыртат.

92. Температура фотосинтездин кайсы фазасында таасир тийгизет?

а) фотосинтездин жарык фазасында;

б) фотосинтездин караңгы фазасында;

в) суунун молекуласынын ажырашына;

г) АТФдин синтезделишине.

93. Фотосинтезде жездин мааниси кандай?

а) үттүн ачылышына таасир кылат;

б) углеводдун синтезделишине катышат;

в) цитохромдук системасынын составына кирет;

г) суунун өсүмдүккө жутулушун тездетет.

94. Фотосинтезде темирдин мааниси эмне менен түшүндүрүлөт?

а) клетканын бөлүнүшүн тездетет;

б) цитохромдук системанын составына кирет;

в) электрон ташылуучу чынжырчанын составына кирет;

г) АТФдин синтезделишине катышат.

95. Фотосинтезде көмүр кычкыл газы эмне үчүн керек?

а) көмүр кычкыл газы электрондордун донору;

б) көмүр кычкыл газы калыбына келип углевод синтезделинет;

в) цитохромдук системанынын составына кирет;

г) ферредоксинди активдештирет.

96. Минималдык температура кандай температура?

а) фотосинтез жүрө баштаган температура;

б) фотосинтез күчтүү жүрүүчү температура;

в) температура андан ары өскөндө фотосинтез токтойт;

г) фотосинтездин жүрүшү токтолот.

97. Фотосинтездин оптималдык температурасы кандай температура?

а) фотосинтез жүрө баштаган температура;

б) фотосинтез күчтүү жүрүүчү температура;

в) фотосинтездин жүрүшү токтогон температура;

г) температуранын андан ары өсүшү фотосинтезди токтотот.

98. Фотосинтездин максималдык температурасы кандай температура?

а) фотосинтез күчтүү жүрүүчү температура;

б) фотосинтез жүрө баштаган температура;

в) температуранын андан ары өсүшү фотосинтезди токтотот;

г) фотосинтез нормалдуу жүргөн температура.

4. ДЕМ АЛУУ

99. Дем алуу деген эмне?

а) көмүр кычкыл газынан жана суудан углеводдун синтезделиши;

б) аэробдук шартта органикалык зат кычкылданып, CO_2 жана H_2Oго ажырайт;

в) көмүр кычыл газынын жутулуп алынышы;

г) жарыкта органикалык заттын синтезделиши.

100. Дем алууда кандай процесс жүрөт?

а) нуклеин кислоталары синтезделет;

б) органикалык заттар ачыйт, спирттер, кислоталар пайда болот;

в) органикалык зат кычкылданып CO_2ге жана H_2Oго ажырайт;

г) глюкоза синтезделет.

101. Дем алууда кандай процесс жүрөт?

а) органикалык заттын молекуласындагы химиялык энергия АТФдин энергиясына айланат;

б) жарыктын энергиясы химиялык байланган энергияга айланат;

в) жөнөкөй заттардан татаал кошулма синтезделет;

г) углевод ачып энергия бөлүнүп чыгат.

102. Дем алуу кандай шартта жүрөт?

а) абасыз чөйрөдө;

б) аэробдук (абалуу) чөйрөдө;

в) жогорку туздуу чөйрөдө;

г) муздуу чөйрөдө.

103. Дем алуунун өсүмдүк үчүн кандай мааниси бар?

а) дем алууда өсүмдүккө керектүү азыктык зат синтезделет;

б) өсүмдүктүн тиричилигине керектүү энергия пайда болот;

в) жогорку температуранын таасиринен өсүмдүктү сактайт;

г) өсүмдүктүн тузга туруктуулугун жогорулатат.

104. Дем алуунун өсүмдүк үчүн кандай мааниси бар?

а) өсүмдүктүн тузга туруктуулугун жогорулатат;

б) өсүмдүктү жогорку температуранын таасиринен коргойт;

в) дем алууда азыктык заттар синтезделет;

г) дем алуунун аралык продуктулары өсүмдүктүн зат алмашуусунда керектүү заттардын булагы.

105. Дем алуу клетканын кайсы органоидинде жүрөт?

а) хлоропластта;

б) лизосомада;

в) митохондрияда.

г) клеткалык борбордо.

106. Өсүмдүктүн атайын дем алуу органы кайсы органы?

а) жалбырагы;

б) тамыры;

в) сабагы;

г) бардык денеси менен дем алат, атайын дем алуу органы жок.

107. Дем алуу химиялык мүнөздөмөсү боюнча кандай процесс?

а) эки зат кошулуп бир зат пайда болот;

б) татаал зат синтезделүүчү;

в) аминдештирүү;

г) кычкылданып калыбына келүүчү.

108. Дем алуу химиялык кайсы процесс менен окшош?

а) полимеризация;

б) күйүү;

в) аминдештирүү.

г) фосфорлоштуруу;

109. Дем алуу күйүүгө кандайча окшош?

а) экөөндө тең көмүр кычкыл газы жутулат;

б) экөөндө тең органикалык зат синтезделет;

в) экөөндө тең кычкылтек жутулуп алынат;

г) экөөндө тең суутек бөлүнүп чыгат.

110. Дем алуу күйүүгө кандайча окшош?

а) экөөндө тең ферменттер катышат;

б) экөөндө тең көмүр кычкыл газы жутулат;

в) экөөндө тең белок синтезделет;

г) экөөндө тең кычкылтек электрондордун акцептору.

111. Дем алуу күйүүгө кандайча окшош?

а) экөөндө тең энергия бөлүнүп чыгат;

б) экөөндө тең суутек электрондордун акцептору;

в) экөөндө тең көмүр кычкыл газы жутулат;

г) экөөндө тең спирт пайда болот.

112. Заттардын биологиялык кычкылдануусунда Бахтын теориясынын мазмуну?

а) кычкылдануучу зат кычкылтек менен түз реакцияга кирет;

б) инерттүү кычкылтек активдүү зат менен кошулуп пероксид пайда кылып активдештирилет;

в) кычкылдануучу зат жөнөкөй заттарга ажырайт;

г) кычкылтек суутек менен түз кошулат.

113. Дем алууда глюкоза кантип кычкылданат?

а) кычкылтек менен түз реакцияга кирет;

б) көмүр кычкыл газды бөлүп чыгарып;

в) электрондорду, протондорду бөлүп чыгарып;

г) электондорду кошуп алып.

114. Биологиялык кычкылдануу боюнча Палладиндин теориясынын мазмуну кандай?

а) кычкылтек субстратты кычкылдандырат;

б) кычкылтек субстраттан бөлүнүп чыккан электрондор менен кошулуп суу пайда болот;

в) субстрат анаэробдук чөйрөдө ачыйт;

г) субстрат көмүр кычкыл газды берип кычкылданат.

115. Субстраттын суутегин активдештирүүчү фермент кайсы?

а) оксидаза;

б) пептидаза;

в) дегидрогеназа;

г) амилаза.

116. Кычкылтекти активдештирүүчү ферменттер кайсы?

а) пептидаза;
б) оксидазалар;
в) дегидрогеназалар;
г) протеаза.

117. Татаал кошулмаларды жөнөкөй кошулмаларга ажыратуучу ферменттер кайсылар?

а) оксидазалар;
б) трансферазалар;
в) гидролазалар;
г) карбоксилаза.

118. Көмүр кычкыл газынын кошулмадан ажырап чыгышын же кошулмага биригүүсүн катализдөөчү фермент.

а) карбоксилаза;
б) гидролаза;
в) каталаза;
г) дегидрогеназа.

119. Молекуладагы орун которушууларды катализдөөчү фермент

а) амилаза;
б) аскорбиноксидаза;
в) трансфераза;
г) пероксидаза.

120. Дем алууда глюкозанын кычкылдануусунун жолдору кайсы?

а) фосфорлошуп активдештирилбей глюкооксидазанын жардамы менен кычкылданат;
б) фотодемалуу;
в) суккуленттердин фотосинтези;
г) Кальвиндин цикли.

121. Дем алууда глюкозанын кычкылдануусунун жолдору кайсы?

а) фотодемалуу;
б) пентозофосфаттык жол;
в) C_3 – фотосинтез;
г) суккуленттердин фотосинтези.

122. Дем алууда глюкозанын кычкылдануусунун жолдору кайсы?

а) фотодемалуу;

б) C_3 – фотосинтез;

в) кутикулалык кычкылдануу;

г) гликолиздик жол.

123. Гликолиз деген эмне?

а) фотосинтездин жарык фазасы;

б) глюкозанын ферменттердин жардамы менен пировиноград кислотасына чейин ажырашы;

в) азыктык заттардын көмүр кычыл газына жана сууга ажырашы;

г) азыктык заттардын спирттерди пайда кылып ажырашы.

124. Гликолиз клетканын кайсы бөлүгүндө жүрөт?

а) эндоплазмалык торчодо;

б) рибосомада;

в) цитоплазмада.

г) митохондрияда.

125. Митохондрияда дем алуунун кайсы процесстери жүрөт?

а) гликолиз;

б) Кребстин циклинин реакциялары электрон ташуучу чынжырча жайгашкан;

в) татаал кошулмалардын гидролизи;

г) азыктык зат синтезделет.

126. Дем алууда АТФдин синтезделиши кандайча аталат?

а) фотофосфорлоо;

б) гуттация;

в) кычкылданып фосфорлоо;

г) кайра аминдештирүү.

127. Дем алуунун ачуу менен окшоштугу кайсы?

а) экөө тең аэробдук шартта жүрөт;

б) экөө тең анаэробдук шартта жүрөт;

в) экөнүн тең баштапкы этабы гликолиз;

г) окшош ферменттер катализдейт.

128. Дем алуунун ачуу менен окшоштугу кайсы?
а) экөөндө тең бирдей продуктулар пайда болот;
б) экөө тең аэробдук шартта жүрөт;
в) экөө тең анаэробдук шартта жүрөт;
г) экөөндө тең энергия бөлүнүп чыгат.

129. Дем алуунун ачуудан айырмасы кайсы?
а) азыктык заттар акыркы продуктуларга толук ажырайт;
б) азыктык заттар акыркы продуктуларга толук ажырабайт;
в) анаэробдук чөйрөдө жүрөт;
г) май кислотасы пайда болот.

130. Дем алуунун ачуудан айырмасы кайсы?
а) азыктык заттар акыркы продуктуларга толук ажырабайт;
б) анаэробдук чөйрөдө жүрөт;
в) азот сиңирилип алынат;
г) аэробдук чөйрөдө жүрөт.

131. Дем алуунун коэффициенти деген эмне?
а) убакыттын бирдигинде бөлүнүп чыккан CO_2 саны;
б) убакыттын бирдигинде бөлүнүп чыккан энергиянын саны;
в) бөлүнүп чыккан CO_2 жутулуп алынган O_2 болгон катышы;
г) дем алууда жутулуп алынган O_2 саны.

132. Кайсы заттар кычкылданганда дем алуу коэффициенти бирге барабар?
а) майлар;
б) белоктор;
в) органикалык кислоталар;
г) углеводдор.

133. Кайсы заттар кычкылданганда дем алуу коэффициенти бирден чоң болот?
а) майлар;
б) белоктор;
в) органикалык кислоталар (щавел кислотасы);
г) канттар.

5. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН МИНЕРАЛДЫК ЗАТТАР МЕНЕН АЗЫКТАНУУСУ

134. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусун изилдөөдө колдонулуучу метод кайсы?

а) экстракция;

б) хроматография;

в) экспресс метод;

г) вегетациялык опыт.

135. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусун изилдөөдө колдонулуучу метод кайсы?

а) хроматография;

б) интерполяция;

в) талаа опыты;

г) экспресс метод.

136. Макроэлементтер кайсылар?

а) темир, бор;

б) цинк, жез;

в) молибден, марганец;

г) азот, фосфор.

137. Макроэлементтер кайсылар?

а) цинк, бор;

б) темир, молибден;

в) калий, күкүрт;

г) кобальт, жез.

138. Макроэлементтер кайсылар?

а) цинк, жез;

б) магний, көмүртек;

в) кобальт, жез;

г) молибден, марганец.

139. Микроэлементтер кайсылар?

а) бор, марганец;

б) калий, күкүрт;

в) магний, фосфор;

г) азот, фосфор.

140. Микроэлементтер кайсылар?

а) цинк, жез;

б) азот, калий;

в) фосфор, күкүрт;

г) натрий, кальций.

141. Микроэлементтер кайсылар?

а) фосфор, күкүрт;

б) азот, кальций;

в) молибден, темир, кобальт;

г) натрий, кальций.

142. Азот кайсы кошулмалардын составында кармалат?

а) углеводдор;

б) белоктор, аминокислоталар;

в) канттар;

г) липиддер.

143. Азот кайсы кошулмалардын составында кармалат?

а) углеводдор;

б) кетокислоталар;

в) липиддер;

г) нуклеин кислоталары, АТФ.

144. Өсүмдүк үчүн азоттун булагы кайсы зат?

а) суперфосфат;

б) кальцийдин карбонаты;

в) нитраттар;

г) натрийдин сульфаты.

145. Өсүмдүк үчүн азоттун булагы кайсы зат?

а) суперфосфат;

б) кальцийдин карбонаты;

в) натрийдин сульфаты;

г) азот кычкыл аммоний.

146. Азот өсүмдүк аркылуу кандайча сиңирилет.

а) амин кислотасын пайда кылып;

б) углеводдорду пайда кылып;

в) азот кислотасын пайда кылып;

г) кетокислоталарды түзүп.

147. Молекулалык азотту сиңирүүгө жөндөмдүү организмдер кайсылар?

а) бактериялар;

б) гүлдүү өсүмдүктөр;

в) сүт эмүүчүлөр;

г) козу карындар.

148. Фосфор клетканын структурасын түзүүдө кандайча катышат?

а) углеводдордун составына кирип;

б) аминкислоталардын составына кирет;

в) липиддердин составына кирип;

г) кетокислоталардын составына кирип.

149. Фосфор, азот клетканын тукум куучулугунда кандайча катышат?

а) майлардын составына кирип;

б) нуклеин кислоталарынын составына кирип;

в) амин кислоталардын составына кирип;

г) кетокислоталардын составына кирип.

150. Фосфор өсүмдүктөрдө зат алмашууда, энергиянын айлануусунда кандайча катышат?

а) АТФтин НАДФ составына кирип;

б) май кислоталардын составына кирип;

в) каталазанын составына кирип;

г) органикалык кислоталардын составына кирип.

151. Өсүмдүккө фосфор кандай формада жутулат?

а) нуклеин кислотасы түрүндө;

б) АТФ түрүндө;

в) фосфор кислотасынын аниону түрүндө;

г) лецитин түрүндө.

152. Калийдин өсүмдүк үчүн мааниси.

а) мембраналардын составына кирип;

б) протоплазманын иондук балансын сактайт;

в) тукум куучулук информацияны сактайт;

г) нуклеин кислоталарынын составына кирет.

153. Өсүмдүктүн тиричилигинде күкүрттүн мааниси.

а) нуклеин кислоталарынын составына кирет;

б) АТФ составына кирет;

в) аминокислоталардын, белоктун составында;

г) клеткалык кабыкчаны түзүүгө катышат.

154. Күкүрт топурактан өсүмдүккө кандай формада жутулат?

а) амин кислотасы түрүндө;

б) күкүрттүү суутек түрүндө;

в) сульфгидрилдик группа түрүндө;

г) SO_4^{2-} формасында.

155. Азот жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) өсүмдүктүн вегетативдик органдары күчтүү өсөт;

б) өсүмдүктүн вегетативдик органдары начар өсөт;

в) өсүмдүктө жашыл пигменттин кармалышы өсөт;

г) өсүмдүктүн түшүмдүүлүгү жогорулайт.

156. Фосфор жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) өсүмдүктүн вегетативдик органдары күчтүү өөрчүйт;

б) өсүмдүктүн жашыл массасы көп топтолот;

в) өсүмдүктүн бышып жетилүүсү кечигет;

г) өсүмдүктүн өсүү точкасы өлөт.

157. Өсүмдүктүн тиричилигинде кальцийдин кандай мааниси бар?

а) клеткалык кабыкчанын түзүлүшүндө катышат;

б) белоктордун составына кирет;

в) АТФтин составына кирет;

г) энергетикалык булак.

158. Өсүмдүктүн тиричилигинде магнийдин кандай мааниси бар?

а) белоктордун составына кирет;

б) нуклеин кислоталарынын составында кармалат;

в) хлорофиллдин составында кармалат (фотосинтез);

г) клетканын энергетикалык булагы.

159. Өсүмдүктө микроэлементтер аз кармалса да ага чоң таасир тийгизүүсү эмне менен түшүндүрүлөт?

а) мембраналардын составына кирет;

б) углеводдордун составына кирет;

в) белоктордун составына кирет;

г) ферменттердин составдык бөлүгү, активатору.

160. Өсүмдүктө микроэлементтер аз кармалса да, таасири чоң эмне үчүн?

а) мембраналардын составына кирет;

б) углеводдордун составына кирет;

в) белоктор, кислоталар, углеводдор менен активдүү комплекстик кошулмаларды пайда кылат;

г) клетканын кабыкчасынын составына кирет.

161. Күкүрттүн өсүмдүктүн тиричилигинде кандай мааниси бар?

а) нуклеин кислоталарынын составында кармалат;

б) клеткалык кабыкчаны түзүүгө катышат;

в) протоплазманын иондук балансын сактайт;

г) маанилүү ферменттердин коэнзиминин составына кирет.

162. Кальцийдин кандай мааниси бар?

а) нуклеин кислоталарынын составында кармалат;

б) протоплазманын иондук балансын сактайт;

в) коэнзим-Ада кармалат;

г) клеткалык мембрананы түзүүгө катышат.

163. Күкүрттүн кандай мааниси бар?

а) углеводдордун составында;

б) витаминдердин, фитонциддердин составында;

в) нуклеин кислоталарынын составында;

г) протоплазманын иондук балансын сактайт.

164. Темирдин мааниси кандай?

а) белоктордун составында болот;

б) каталаза, пероксидаза, цитохромдордо кармалат;

в) нуклеин кислоталарынын составында болот;

г) канттардын составында болот.

165. Темирдин кандай мааниси бар?

а) ферредоксиндин, каталазанын, пероксидазанын составында кармалат;

б) белоктордун составында болот;

в) канттардын составында болот;

г) нуклеин кислоталарынын составында болот.

166. Молибден кайсы ферменттердин составында болот?

а) нитратредуктазанын;

б) карбоангидразанын;

в) амилазанын;

г) каталазанын, пероксидазанын.

167. Жез кайсы ферментте кармалат?

а) карбоангидразада;

б) амилазада;

в) полифенолоксидазада;

г) нитратредуктазада.

168. Молибден кайсы реакцияларда катышат?

а) суунун ажырашында;

б) нитраттардын калыбына келишинде;

в) аммиактын сиңирилишинде;

г) белоктордун гидролизинде.

169. Цинк кайсы ферменттин составында болот?

а) протеазада;

б) каталазада, карбоксилазада;

в) карбоангидразада, карбоксипептидазада;

г) нитратредуктазада.

170. Цинк өсүмдүктүн өсүүсүндө кандайча катышат?

а) ферредоксиндин составына кирет;

б) каталазанын составына кирет;

в) углеводдордун синтезин катализдейт;

г) ауксиндин синтезин активдештирет.

171. Бор биохимиялык реакцияларга кандайча катышат?

а) нитратредуктазаны активдештирет;

б) каталазаны активдештирет;

в) химиялык реакцияларды активдештирбейт;
г) комплекстик кошулманы пайда кылат.

172. Бор жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) сабактар узарып өспөйт;
б) сабактын тамырдын өсүү точкалары карайып өлөт;
в) жалбырактарда темгилдүү участоктор пайда болот;
г) мөмөлөрдүн формасы бузулат.

173. Бор жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) өсүмдүк тез бышып жетилет;
б) жалбырактын аянты чоңоюп өсөт;
в) өткөрүүчү түтүктөр бузулуп, заттардын ташылышы токтойт;
г) мөмөлөрдүн формасы бузулат.

174. Цинк жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) жалбырактар түтүкчө болуп оролот;
б) муун аралыктар узарып өспөй жалбырактар бир орунда чокмороктошкон;
в) жалбырактар жалпы саргаят;
г) жалбырактардын аянты чоң.

175. Цинк жетишсиздиктин белгиси кандай?

а) мөмөлөрдүн өөрчүшү кечигет;
б) жалбырактар саргаят;
в) жалбырактардын аянты өспөй майда;
г) сабактын өсүү точкасы өлөт.

176. Азот кармоочу органикалык заттардын микроорганизмдердин жардамы менен аммиак бөлүп чыгарып ажырашы кандай процесс?

а) нитрификация;
б) гидратация;
в) денитрификация;
г) декарбоксилдөө.

177. Топурактагы микроорганизмдердин жардамы менен аммиактын нитраттарга чейин кычкылданышы кайсы процесс?

а) аммонификация;

б) денитрификация;
в) декарбоксилдөө;
г) нитрификация.

178. Нитраттардын микроорганизмдердин жардамы менен молекулалык азотко чейин калыбына келиши кайсы процесс?
а) аммонификация;
б) нитрификация;
в) денитрификация;
г) азотфикация.

179. Молекулалык азоттун микроорганизмдердин жардамы менен аммиакка айланышы кайсы процесс?
а) азоттун биологиялык сиңирилиши;
б) аммонификация;
в) денитрификация;
г) нитрификация.

180. Минералдык заттардын өсүмдүккө жутулуусунда дем алуунун кандай мааниси бар?
а) тамырды, органикалык азыктык заттар менен жабдыйт;
б) тамырды кычкылтек менен жабдыйт;
в) заттардын активдүү жутулушуна жумшалуучу энергиянын булагы;
г) клеткалардын тургордук абалын сактайт.

181. Минералдык заттар менен азыктанууда дем алуунун мааниси.
а) клеткалардын тургордук абалын сактайт;
б) жутулуучу иондорго алмашылуучу иондордун булагы;
в) органикалык заттар менен жабдыйт;
г) тамырды кычкылтек менен байытат.

182. Минералдык заттар менен азыктанууда фотосинтездин мааниси.
а) клеткалардын тургордук абалын сактайт;
б) тамырды көмүр кычкыл газы менен байытат;

в) фотосинтездин продуктулары элементтердин акцепторлору;

г) көмүр кычкыл газы топтолот.

183. Өсүмдүктө заттардын симпласттык жылышы кайсы?

а) клетканын цитоплазмасы, вокуолдору аркылуу жылуу;

б) клеткалык кабыкча аркылуу жылуу;

в) мембрана аркылуу жылуу;

г) өткөрүүчү түтүк аркылуу жылуу.

184. Заттардын кандай ташылышы аппопласттык ташылыш?

а) клеткалардын цитоплазмасы, плазмодесмасы аркылуу ташылыш;

б) клеткалардын кабыкчасы аркылуу ташылыш;

в) флоэма аркылуу;

г) эндоплазмалык торчо аркылуу.

185. Тамырдын кандай мааниси бар?

а) фотосинтез жүрөт;

б) сууну буулантат;

в) сууну жана минералдык элементтерди топурактан жутуп алат;

г) өсүмдүктү кычкылтек менен жабдыйт.

186. Тамырда кайсы процесс жүрөт?

а) фитогормондор, алкалоиддер, витаминдер синтезделет;

б) транспирация;

в) кычкылтек топтолот;

г) хлорофилл синтезделет.

187. Кычкылтектин жетишсиздигинен кайсы орган көбүрөөк жапа чегет?

а) жалбырактар;

б) сабак;

в) өсүү точкасы;

г) тамыр.

188. Заттар өсүмдүктүн жогорку жайгашкан органдарынан төмөнкү жайгашкан органдарына эмне аркылуу ташылат?

а) ксилема;

б) апопласт;

в) симпласт;

г) флоэма, элек түтүктөр.

189. Заттар төмөнтөн жогору карай эмне аркылуу ташылат?

а) ксилема;

б) флоэма, элек түтүктөр;

в) апопласт;

г) симпласт.

9. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН ӨСҮҮСҮ ЖАНА ӨӨРЧҮШҮ

190. Өсүмдүктүн органдарынын өлчөмүнүн, массасынын өсүшү кайсы процесс?

а) өөрчүү;

б) транспирация;

в) өсүү;

г) фотосинтез.

191. Онтогенезде морфологиялык, физиологиялык сапаттык өзгөрүш эмне деп аталат?

а) өсүү;

б) фотосинтез;

в) транспирация;

г) өөрчүү;

192. Адистештирилбеген, дайыма бөлүнүп туруучу клеткалардан турган ткань кайсы ткань?

а) механикалык;

б) мезофилл;

в) флоэма;

г) меристема.

193. Уч меристемасы кайда жайгашкан?

а) сабактын муундарынын ортосунда;

б) сабактын, тамырдын учтарында;

в) жалбырактын негизинде;

г) кабык менен флоэманын ортосунда.

194. Муун меристемасы кайда жайгашкан?

а) сабактардын учунда;

б) тамырдын учунда;

в) дан өсүмдүктөрүнүн сабагынын муундарында;

г) кабык менен флоэманын ортосунда.

195. Интеркалярдык өсүү кандай өсүү?

а) сабактын учунан узарып өсүшү;

б) дан өсүмдүктөрүнүн сабактарынын муун аралык өсүшү;

в) тамырдын учунан узарып өсүшү;

г) жалбырак пластинкасынын өсүшү.

196. Бир үлүштүүлөрдүн жалбырактарынын өсүшү өсүүнүн кайсы түрү?

а) апикалдык;

б) муун аралык;

в) интеркалярдык;

г) базалдык.

197. Клетканын өсүүсүнүн фазасы.

а) жарык;

б) эмбрионалдык;

в) караңгы;

г) жаштык.

198. Клетканын өсүүсүнүн фазасы.

а) бышып жетилүү;

б) жаштык; г) чоюлуп өсүү.

в) калыбына келүү.

199. Клетканын өсүүсүнүн фазалары кайсы?

а) регенерация;

б) адистешүү, эмбрионалдык;

в) караңгы, жарык;

г) бышып жетилүү.

200. Өсүмдүктүн өсүүсү кайсы процесс менен алмаштырылат?

а) фотосинтез;

б) дем алуу;

в) тыныгуу;

г) транспирация.

201. Көп жылдык өсүмдүктөр кайсылар?

а) сабиз, кызылча, шалгам;

б) козу кулак, беде, дарактар;

в) буудай, арпа;

г) бадыран, помидор.

202. Бир жылдык өсүмдүктөр кайсылар?

а) сабиз, кызылча, шалгам;

б) козу кулак, беде;

в) буудай, арпа, бадыран, помидор;

г) ит мурун, кара өрүк.

203. Эки жылдык өсүмдүктөр кайсылар?

а) сабиз, кызылча, шалгам;

б) козу кулак, беде;

в) буудай, арпа, помидор;

г) ит мурун, кара өрүк.

204. Жарык жетишпеген жерде өскөн өсүмдүктүн тышкы белгилери кандай?

а) кочкул жашыл түстө;

б) сабагы узун, өңү саргыч, агыш;

в) сабагы кыска;

г) жалбырактары чоң.

205. Жарык жетишпеген жерде өскөн өсүмдүктүн анатомиялык белгилери кандай?

а) клеткалары майда;

б) механикалык ткань күчтүү;

в) ткандары борпоң, клеткалары узун;

г) клетка аралык боштуктары жок.

206. Клетканын чоюлуп өсүүсүн кайсы нурлар күчөтөт?

а) көк;

б) сары;

в) фиолеттик;
г) кызыл инфракызыл.

207. Кайсы элемент вегетативдик органдардын өсүүсүн күчөтөт?
а) фосфор;
б) темир;
в) калий;
г) азот.

208. Кайсы элемент өсүмдүктүн өөрчүсүн тездетет?
а) фосфор;
б) азот;
в) натрий;
г) темир.

209. Өсүмдүктүн өсүүсүн күчөтүүчү жана токтотуучу биологиялык активдүү заттар кандай аталат?
а) белоктор;
б) нуклеин кислоталары;
в) фитогормондор;
г) амин кислоталары.

210. Кайсынысы фитогормон?
а) белок, амилаза;
б) фермент, пероксидаза;
в) ауксин, гиббереллин, абсцизин;
г) нуклеин кислотасы.

211. Кайсынысы фитогормон?
а) белок, пролин;
б) гетероауксин, цитокинин;
в) фермент, серин;
г) нуклеин кислотасы, аланин.

212. Кайсынысы фермент?
а) карбоангидраза, трансфераза;
б) нуклеин кислотасы, белок;
в) цитокинин, ауксин;
г) убихинон, цитохром.

213. Кайсынысы фермент?

а) ферредоксин, аланин;

в) убихинон, ацетоальдегид;

б) индолилуксус кислотасы, аланин;

г) цитохромоксидаза, альдолаза.

214. Өсүү точкасын, өсүмдүктү өлтүрүүчү химиялык зат кандай аталат?

а) фитогормондор;

б) ферменттер;

в) гербидциддер;

г) белоктор.

10. ӨСҮМДҮКТӨРДҮН КЫЙМЫЛЫ

215. Чөйрөнүн факторунун таасиринен бүтүндөй организмдин кыймылы кандай аталат?

а) тропизм;

в) настия;

б) таксис;

г) геотропизм.

216. Чөйрөнүн факторунун бир жактуу таасиринен өсүмдүктүн органынын кыймылы кандай аталат?

а) настия;

б) тропизм;

в) таксис;

г) фототаксис.

217. Жарыктын бир жактуу таасиринен өсүмдүктүн органынын кыймылы кайсы кыймыл?

а) настия;

б) фототропизм;

в) фотонастия;

г) фототаксис.

218. Химиялык заттын бир жактуу таасиринен өсүмдүктүн органынын кыймылы кайсы кыймыл?

а) фототропизм;

б) хемотропизм;

в) хемотаксис;

г) хемонастия.

219. Чөйрөнүн факторунун жалпы диффузиялык таасиринен өсүмдүктүн органынын кыймылы кайсы кыймыл?

а) тропизм;

б) фототропизм;

в) таксис;

г) настия.

220. Химиялык заттын бир жактуу таасиринен бүтүндөй организмдин кыймылы кайсы кыймыл?

а) фототропизм;

б) хемотропизм;

в) хемотаксис;

г) хемонастия.

221. Жарыктын жалпы диффузиялык таасиринен органдын кыймылы кайсы кыймыл?

а) фототаксис;

б) хемотаксис;

в) фотонастия;

г) фототропизм;

д) хемотропизм.

222. Суунун бир жактуу таасиринен өсүмдүктүн органынын кыймылы кайсы кыймыл?

а) гидротропизм;

б) гидротаксис;

в) фототаксис;

г) фототропизм.

223. Онтогенез деген эмне?

а) уруктун пайда болуусунан өсүмдүк картайганга чейин өөрчүсү;

б) өсүмдүктүн тарыхый өөрчүшү;

в) өсүмдүктүн вегетативдик өсүшү;

г) өсүмдүктүн тыныгуусу.

224. Зиготадан урук пайда болгонго чейинки этап кандай аталат?

а) жаштык;

б) эмбрионалдык;

в) жетилүү;

г) картаюу.

225. Урук өнүп, өсүп, вегетативдик органдар пайда болгон этап кандай аталат?

а) эмбрионалдык;

б) өлүү;

в) картаюу;

г) жаштык.

226. Өсүмдүктө генеративдик органдар пайда болуп, гүлдөп, уруктанып мөмөлөр, уруктар пайда болуу этап кандай аталат?

а) эмбрионалдык;

б) жетилүү;

в) жаштык;

г) картаюу.

227. Өсүмдүктүн өөрчүшүндө мөмөлөр, уруктар бышып жетилгенден кийинки этап кайсы этап?

а) эмбрионалдык;

б) жетилүү;

в) жаштык;

г) картаюу.

228. Өсүмдүктүн генеративдик өөрчүүгө өтүшүнө таасир кылуучу фактор кайсы?

а) суу;

б) температура;

в) минералдык заттар;

г) нуклеин кислоталары.

229. Өсүмдүктүн генеративдик өөрчүүгө өтүшүнө таасир кылуучу фактор кайсы?

а) минералдык заттар;

б) шамал;

в) суу;

г) күндүн узундугу.

230. Кыска күндүн өсүмдүктөрү кайсылар?

а) буудай;

б) тамеки, пахта;

в) арпа, буудай;

г) кара буудай.

231. Узун күндүн өсүмдүктөрү кайсылар?

а) тамеки;

б) күрүч;

в) жүгөрү, таруу;

г) кара буудай, арпа.

232. Организм кантип жашарат?

а) жаңы органдар пайда болуп;

б) жалбырактарын түшүрүп;

в) мөмөлөрү бышып, жетилип;

г) тыныгууга өтүп.

11. ЧӨЙРӨНҮН ЫҢГАЙСЫЗ ШАРТТАРЫНА ТУРУКТУУЛУК

233. Кургакчылыкта кайсы процесс активдүү?

а) гидролиздик реакциялар;

б) фотосинтез;

в) белоктордун синтези;

г) хлорофиллдин синтези.

234. Кургакчылыкта кайсы процесс активдүү?

а) фотосинтез;

б) осмостук басым;

в) хлорофиллдин синтези;

г) клеткалардын узарып өсүшү.

235. Кургакчылыкка туруктуу өсүмдүктө кайсы суу көп кармалат?

а) кристаллдашкан суу;

б) байланган суу;

в) жалпы суу;

г) эркин суу.

236. Артыкча нымдуулуктун тескери таасири кандай?
а) фотосинтез начар жүрөт;
б) тамыр чирийт, дем алуусу токтойт;
в) тамырдын дем алуусу күчтүү;
г) тамырдын клеткасында спирт аз топтолот.

237. Суукка туруктуу өсүмдүк кандай өсүмдүк?
а) 0^0 тан жогорку температурада нормалдуу өсөт;
б) 0^0 тан төмөнкү температурада нормалдуу өсөт;
в) 35^0 температурада нормалдуу өспөйт;
г) 50^0 температурада нормалдуу өспөйт.

238. Муздакка туруктуу өсүмдүк кандай?
а) 0^0 төмөнкү температурада нормалдуу өсөт;
б) 0^0 жогорку температурада нормалдуу өсөт;
в) -10^0 температурада нормалдуу өсүү;
г) эркин суу көп кармалат.

239. Төмөнкү температуранын тескери таасири кандай?
а) фотосинтез күчтүү жүрөт;
б) гидролиздик реакциялар күчтүү;
в) дем алуу күчтүү жүрөт;
г) клеткалардагы суу тоңуп суусузданат.

240. Төмөнкү температуранын тескери таасири кандай?
а) фотосинтез күчтүү жүрөт;
б) ферменттердин активдүүлүгү артат;
в) муздун кристаллдары клеткаларды бузат;
г) гидролиздик ферменттер күчтүү.

241. Жогорку туздуулуктун тескери таасири кандай?
а) клеткалар плазмолизденет;
б) дем алуу күчтүү жүрөт;
в) фотосинтез күчтүү жүрөт;
г) өсүмдүктө суунун кармалышы көбөйөт.

242. Туздуулукка туруктуулукту жогорулатуунун жолу.
а) суунун кармалышын жогорулатуу;
б) клеткада азоттун кармалышын көбөйтүү;
в) өсүмдүктө эркин сууну көбөйтүү;
г) урукту себээр алдында туздун эритмесинде чылоо.

243. Газдардын өсүмдүккө тескери таасири кандай?

а) дем алууну күчөтөт;

б) үттөр бүтөлөт, газ алмашуу бузулат, уулантат;

в) фотосинтезди күчөтөт;

г) эркин суунун кармалышы азаят.

244. Кайсы өсүмдүк мителик менен жашайт?

а) арпа, буудай;

б) чырмоок;

в) сары чырмоок;

г) кырк муун.

245. Туздуулуктун кандай түрлөрү бар?

а) фосфаттык;

б) натрийдик, кальцийдик;

в) аммонийдик, күкүрттүк;

г) сульфаттык, хлориддик.

246. Физиологиялык кычкыл туз кандай туз?

а) суперфосфат;

б) хлордуу калийден калийдин катиондору өсүмдүк аркылуу жутулуп, топуракта хлордун аниондору калат;

в) KNO_3төн NO_3^{-1} өсүмдүктүн тамыры аркылуу тез жутулуп алынып, топуракта калийдин катиондору калат;

г) Na_2SO_4 SO_4^{2-} өсүмдүккө жутулуп топуракта Na^+ калат.

247. Оору козгоочу микроорганизмдерден өсүмдүк кантип коргонот?

а) фитонциддерди, антибиотиктерди бөлүп чыгарат;

б) үттөрү ачылат;

в) клеткалар плазмолизденет;

г) клеткадагы суу иондоштурулат.

248. Радиациянын өсүмдүккө тийгизген тескери таасири кандай?

а) үттөрү бүтөлөт;

б) клеткалар суусузданат;

в) клеткалык суу тоңот;

г) заттардын, суунун молекулалары иондоштурулуп, күчтүү кычкылдандыргычтар пайда болот.

249. Радиацияга туруктуулукту жогорулатуучу заттар?

а) пероксидаза, каталаза, сульфгидрилдик группа кармалган кошулмалар;

б) суу, кычкылтек;

в) белок, көмүртек;

г) суутектин перокиси.

250. Оору козгоочу микроорганизмдер кандай таасир тийгизет?

а) клетка плазмолизделет;

б) микроорганизмдердин токсиндери ууландырат;

в) микроорганизмдер заттарды иондоштурат;

г) организмдин суусун тондурат.

251. Оору козгоочу микроорганизмдерден өсүмдүк кантип коргонот?

а) кутикулалык кабык менен капталат, дем алуусу күчтүү;

б) фотосинтез күчтүү жүрөт;

в) белок көп синтезделет;

г) өсүмдүк түк менен капталат.

252. Жогорку туздуулук өсүмдүккө кандай тескери таасир тийгизет?

а) өсүмдүктө суунун кармалышы көбөйөт;

б) топурактан суу өсүмдүккө сорулуп кирбейт;

в) дем алуу токтойт;

г) фотосинтез күчтүү жүрөт.

253. Өсүмдүк жогорку туздуулукка кантип ыңгайлашат?

а) тузду көп жутуп алып осмостук басымы өсөт;

б) сууну күчтүү буулантат;

в) ферменттер көп синтезделет;

г) өсүмдүк узунунан күчтүү өсөт.

254. Өсүмдүк жогорку туздуулукка кантип ыңгайлашат?

а) сууну күчтүү буулантат;

б) ферменттик процесстер начарлайт;
в) өсүмдүк узунунан күчтүү өсөт;
г) артыкбаш туздарды бөлүп чыгарат.

255. Өсүмдүктөр артыкбаш нымдуулукка кантип ыңгайлашат?
а) сууну көп буулантат;
б) сууну көп жутуп алат;
в) аэренхимасы бар;
г) фотосинтез күчтүү жүрөт.

256. Артыкбаш нымдуулукка өсүмдүктөр кантип ыңгайлашат?
а) сууну көп буулантат;
б) азоттук азыктануусу күчтүү;
в) сууну көп жутуп алат;
г) дем алуусу күчтүү жүрөт.

257. Кыштын катаал шарттары күздүк өсүмдүккө кандайча тескери таасир тийгизет?
а) суунун буулантылышы жогорулайт;
б) дем алууга запастык азыктык заттар көп сарпталат;
в) фотосинтез күчтүү жүрөт;
г) азыктык заттар көп топтолот.

258. Кыштын катаал шарттары күздүк өсүмдүккө кандайча тескери таасир тийгизет?
а) клеткалардагы суу тонуп клеткалар суусузданып айрылып бузулат;
б) клеткалардын өсүүсү активдештирилет;
в) минералдык заттар күчтүү жутулат;
г) азыктык заттар көп синтезделет.

259. Кыштын катаал шарттарынан күздүк өсүмдүктөр кантип коргонот?
а) сууну көп буулантат;
б) жалбырактарынын аянты күчтүү өсөт;
в) тыныгууга эрте өтөт;
г) тыныгууга өтпөйт, активдүүлүгү узак.

260. Кыштын катаал шарттарынан күздүк өсүмдүктөр кантип коргонушат?

а) жалбырактарынын аянты күчтүү өсөт;

б) тыныгууга өтпөйт, активдүүлүгү узак;

в) клеткаларда эркин суунун саны көп;

г) моносахариддер көп кармалат, байланган суу көп.

261. Өсүмдүктөр газдардын тескери таасиринен кантип коргонушат?

а) газдарды кошуп алуучу органикалык кислоталар көп синтезделет;

б) суу көп буулантылат;

в) тыныгууга өтөт;

г) газдарды көп жутуп алышат.

262. Өсүмдүктөр газдардын тескери таасиринен кантип коргонушат?

а) сууну топурактан көп жутуп алат;

б) фитоалексин синтезделет;

в) антибиотиктерди, фитонциддерди бөлүп чыгарат;

г) газдарга сезгич, аларды денесине өткөрбөйт.

263. Ысык, кургак климаттын өсүмдүктөрүнүн фотосинтези кандай?

а) C_3– фотосинтез;

б) C_4– фотосинтез;

в) гликолиз;

г) фотодемалуу.

264. Кургакчылык шартка ыңгайлашып өскөн өсүмдүктөр кайсы?

а) мезофиттер;

б) паразиттер;

в) гигрофиттер;

г) ксерофиттер.

265. Ксерофиттер кургакчылыкка кандайча ыңгайлашкан?

а) органикалык заттар күчтүү синтезделет;

б) тамыр системасы күчтүү өөрчүгөн, транспирациясы чоң;

в) дем алуусу активдүү;

г) нуклеин кислотасынын синтези жогору.

266. Ксерофиттер кургакчылыкка кандайча ыңгайлашкан?

а) жалбырагы түк менен капталган, сууну аз буулантат;

б) дем алуусу активдүү;

в) нуклеин кислотасынын синтези жогору;

г) бутактанып өсүүсү күчтүү.

267. Суккуленттер кандай шартта өсүүчү өсүмдүктөр?

а) артыкбаш нымдуу жерде;

б) мелүүн алкакта;

в) түндүктө;

г) чөлдө.

268. Суккуленттердин кандайча өзгөчөлүктөрү бар?

а) жалбырактары калың түк менен капталган;

б) сабактары жоон калың эттүү, илешкектиги жогору үттөрү күндүз жабык;

в) фотосинтези күчтүү жүрөт, өсүүсү активдүү;

г) жалбырактары аркылуу сууну көп буулантат.

ТУУРА ЖООПТОР

1.	г	35.	б	69.	в	103.	б
2.	а	36.	в	70.	д	104.	г
3.	а	37.	г	71.	б	105.	в
4.	в	38.	в	72.	г	106.	г
5.	а	39.	б	73.	а	107.	г
6.	в	40.	в	74.	б	108.	б
7.	в	41.	б	75.	в	109.	в
8.	г	42.	в	76.	б	110.	г
9.	в	43.	г	77.	б	111.	а
10.	г	44.	в	78.	а	112.	б
11.	г	45.	б	79.	в	113.	в
12.	б	46.	в	80.	б	114.	б
13.	б	47.	б	81.	б	115.	в
14.	в	48.	г	82.	г	116.	б
15.	б	49.	б	83.	а	117.	в
16.	в	50.	а	84.	г	118.	а
17.	в	51.	в	85.	б	119.	в
18.	б	52.	б	86.	г	120.	а
19.	б	53.	г	87.	г	121.	б
20.	в	54.	б	88.	в	122.	г
21.	г	55.	г	89.	г	123.	б
22.	б	56.	а	90.	г	124.	в
23.	в	57.	в	91.	б	125.	б
24.	а	58.	а	92.	б	126.	в
25.	г	59.	г	93.	в	127.	в
26.	а	60.	г	94.	г	128.	г
27.	в	61.	б	95.	б	129.	а
28.	г	62.	г	96.	а	130.	г
29.	б	63.	в	97.	б	131.	в
30.	г	64.	б	98.	в	132.	г
31.	г	65.	б	99.	б	133.	в
32.	б	66.	б	100.	в	134.	г
33.	а	67.	в	101.	а	135.	в
34.	г	68.	б	102.	б	136.	г

137. в
138. б
139. а
140. а
141. в
142. б
143. г
144. в
145. г
146. а
147. а
148. в
149. б
150. а
151. в
152. б
153. в
154. г
155. б
156. в
157. а
158. в
159. г
160. в
161. г
162. б
163. б
164. б
165. а
166. а
167. в
168. б
169. в
170. г
171. г
172. б
173. в
174. б
175. а
176. в
177. г
178. в
179. б
180. в
181. б
182. в
183. а
184. б
185. в
186. а
187. г
188. г
189. а
190. в
191. г
192. г
193. б
194. в
195. б
196. г
197. б
198. г
199. б
200. в
201. б
202. в
203. а
204. б
205. в
206. г
207. г
208. а
209. в
210. в
211. б
212. а
213. г
214. в
215. в
216. б
217. б
218. б
219. г
220. в
221. в
222. а
223. а
224. б
225. г
226. б
227. г
228. б
229. г
230. б
231. г
232. а
233. а
234. б
235. б
236. б
237. б
238. б
239. г
240. в
241. а
242. г
243. б
244. в
245. г
246. б
247. а
248. г
249. а
250. б
251. а
252. б
253. а
254. г
255. в
256. г
257. б
258. а
259. в
260. г
261. а
262. г
263. б
264. г
265. б
266. а
267. г
268. б

АДАБИЯТТАР

Артомонов В.И. Занимательная физиология растений. М., 1991. Агропромиздат, 1991.

Блукет Н.А., Емцев В.Т. Ботаника с основами физиологии растений и микробиологии, М. 1974.

Брей С. Азотный обмен в растениях, М., 1986.

Гамбург К.З. Биохимия ауксина и его действие на клетки растений. Новосибирск, 1976.

Гавриленко В.Ф., Гусев М.В., Никитина К.А. Избранные главы физиологии растений. М., 1986.

Гудвин Т., Мерсер Э. Введние в биохимию растений. Т.1, М., 1986.

Гусев Н.А. Состояние воды в растении. М., 1986.

Генкель П.А. Физиология жаро- и засухоустойчивости растений. М., 1982.

Деверолл БДж. Защитные механизмы растений. М., 1980.

Кефели В.И. Рост растений. М., 1984.

Кулаева О.Н. Цитокинины их структура и функции. М., 1978.

Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М., 1976.

Леопольд А. Рост и развитие растений. М., 1968.

Либберт Э. Физиология растений. М., 1976.

Люттге У., Хичинботам Н. Передвижение веществ в растениях. М., 1984.

Максимов Н.А. Краткий курс физиологии растений. М., 1960.

Манойленко К.В. Развитие эволюционного направления в физиологии растений. Л., 1974.

Мелещенко С.Н. Система водного транспорта высшего растения и его элементы. Санкт-Петербург, 1997.

Медведев С.С., Маркова И.В. Цитоскелет и полярность растений. Санкт-Петербург, 1998.

Мокроносов А.Т. Физиолого-экологические и биохимические аспекты фотосинтеза, М., 1992.

Николаева М.Г. Физиология глубокого покоя семян. Л., 1967.

Николаевский В.С. Биологические свойства газоустойчивости растений. Новосибирск, 1974.

Обручева Н.В., Антипова О.В. Физиология инициации прорастания семян. М., 1997.

Пахомова Г.И., Безуглов В.Н. Водный режим растений. Казань, 1980.

Полевой В.В. Физиология растений. М., 1989.

Полевой В.В. Фитогормоны. Л., 1982.

Полуэктов Р.А., Кумано В.Р. Моделирование транспирации посевов с/х растений. Санкт-Петербург, 1997.

Роль фитогормона в растениях. М., 1986.

Рубин Б.А., Ладыгина М.Е. Физиология и биохимия дыхания растений. М., 1974.

Саламатова Т.С. Физиология растительной клетки. Л., 1983.

Синнот Э. Морфогенез растений. М., 1963.

Скулачев В.П. Трансформация энергии в биомембранах. М., 1972.

Туманов И.М. Физиология закаливания и морозостойкости растений. М., 1979.

Уоринг Ф., Филлипс И. Рост растений и дифференцировка. М., 1984.

Физиология фотосинтеза. М., 1982.

Хавкин Э.Е. Генетическая регуляция морфогенеза растений. М., 1998.

Холодостойкость растений. М., 1983.

Чайлахян М.Х. Регуляция цветения высших растений. М., 1988.

Шевелуха В.С. Периодичность роста с/х растений и пути ее регуляции. М., 1980.

Эдвард С.Дж., Уокер Д. Фотосинтез C_3 и C_4 растений: механизмы и регуляция. М., 1986.

МАЗМУНУ

Кириш сөз 3

1. Өсүмдүктүн организминин түзүлүшү жана функциялары

1.1. Өсүмдүктөрдүн клеткасынын түзүлүшү 12
1.2. Протоплазманын физикалык, химиялык касиеттери 22
1.3. Жогорку түзүлүштөгү өсүмдүктөрдүн ткандары жана органдары ... 30
1.4. Өсүмдүктөрдүн башкаруу системалары 31

2. Өсүмдүктөрдө суунун алмашуусу

2.1. Клеткада суунун кармалышы жана анын мааниси 36
2.2. Суунун клеткага сорулуп кириши 40
2.3. Суунун өсүмдүк боюнча жылышы 47
2.3.1. Төмөнкү кыймылдаткыч күч (тамырдык басым) 47
2.3.2. Жогорку кыймылдаткыч күч (транспирация) 50
2.4. Суунун өсүмдүк аркылуу бууланышы. Транспирация 52
2.4.1. Үттөрдүн түзүлүшү. Алардын иштөө механизми 54
2.4.2. Транспирациянын сандык көрсөткүчтөрү 59
2.5. Ар түрдүү экологиялык топтордогу өсүмдүктөрдүн суу алмашуусунун өзгөчөлүктөрү ... 61
2.6. Өсүмдүктөрдү сугаруунун физиологиялык негиздери 65

3. Фотосинтез

3.1. Фотосинтезди изилдөөнүн тарыхы 69
3.2. Фотосинтез жөнүндө түшүнүк жана анын мааниси 72
3.3. Фотосинтездик аппараттын түзүлүшү 74
3.4. Фотосинтездөөчү организмдердин пигменттери 77
3.4.1. Хлорофиллдер 77
3.4.2. Каротиноиддер 82
3.4.3. Фикобилиндер жана антоциандар 84
3.5. Фотосинтездин жарык фазасы 85
3.6. Фотосинтезде көмүртектин айлануулары (фотосинтездин караңгы фазасы) ... 94
3.7. Фотосинтездин жүрүшүнүн жөнгө салынышы 105
3.8. Тышкы чөйрөнүн факторлорунун фотосинтезге тийгизген таасири .. 107

4. Өсүмдүктөрдүн дем алуусу

4.1. Дем алуу жөнүндө түшүнүк. Дем алуунун мааниси 116

4.2. Дем алуу жөнүндө түшүнүктүн келип чыгышы 116
4.3. Дем алууда кычкылданып-калыбына келүү
процесстеринин жүрүшү (Бахтын, Палладиндин теориялары) ... 118
4.4. Дем алуунун ферменттик системасы.
Кычкылдануунун жүрүшү 121
4.4.1. Суутекти активдештирүүчү ферменттер
(дегидрогеназалар) 121
4.4.2. Кычкылтекти активдештирүүчү ферменттер
(оксидазалар) 123
4.4.3. Суутекти аралык ташуучу ферменттер 124
4.5. Субстраттын айланыулары.
4.5.1. Гликолиз 126
4.5.2. Ди– жана трикарбондук кислоталардын
айланышы (Кребстин цикли) 129
4.5.3. Глюкозанын кычкылданышынын
пентозофосфаттык жолу 135
4.5.4. Канттардын түз кычкылданышы (глюкозанын
пировиноград кислотасына айланышынын
Энтнер-Дудоровдун жолу) 137
4.6. Дем алуунун электрон ташуучу чынжырчасы.
Кычкылдандырып фосфорлоо 139
4.7. Дем алуунун субстраттары. Дем алуу
коэффициенти 141
4.8. Дем алуунун башкарылышы 143
4.9. Ички жана тышкы чөйрөнүн факторлорунун
дем алууга тийгизген таасири 144

5. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусу
5.1. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен
азыктануусу жөнүндөгү илимдин өнүгүшү 151
5.2. Өсүмдүктөрдө минералдык элементтердин
кармалышы 154
5.3. Топурак азыктык минералдык элементтердин булагы 157
5.4. Өсүмдүктөрдүн минералдык заттар менен азыктануусун
изилдөөнүн методдору 160
5.5. Негизги азыктык элементтердин физиологиялык
мааниси.
5.5.1. Азот 162
5.5.1.1. Нитраттык азоттун сиңирилиши 164
5.5.1.2. Аммиактын сиңирилиши. Аминокислоталардын,
амиддердин пайда болушу 165
5.5.1.3. Молекулалык азоттун биологиялык сиңирилиши 168
5.5.1.4. Азот сиңирүүнүн механизми 170
5.5.1.5. Азоттун жаратылышта айланышы 171
5.5.2. Фосфор 173
5.5.3. Калий 176
5.5.4. Күкүрт, кальций, магний ж.б. макроэлементтер 179
5.5.4.1. Күкүрттүн өсүмдүктөрдө кармалышы жана айланышы 179
5.5.4.2. Кальций 182
5.5.5. Микроэлементтер. Өсүмдүктөрдүн зат алмашуусунда
микроэлементтердин мааниси 186

5.6. Минералдык заттардын өсүмдүккө жутулуп кириши ... 195
5.6.1. Минералдык заттардын клетканын кабыкчасы аркылуу жутулушу ... 195
5.6.2. Плазмалык мембрана аркылуу иондордун ташылышы ... 198
5.6.3. Тамыр аркылуу заттардын жутулушунун башка процесстер (фотосинтез, дем алуу, суу алмашуу ж.б.) жана тышкы чөйрөнүн факторлору менен байланышы ... 200
5.6.4. Өсүмдүктүн тамыры – минералдык элементтерди жутуп алуучу жана татаал органикалык заттарды кайра синтездөөчү орган. ... 203

6. Өсүмдүктөрдүн гетеротрофтук жол менен азыктануусу
6.1. Гетеротрофтук өсүмдүктөр ... 209
6.2. Өсүмдүктөрдүн өзүнүн органикалык заттары менен гетеротрофтук азыктануусу ... 213

7. Өсүмдүктө заттардын ташылышы, заттардын төмөнтөн жогору жана жогорудан төмөн карай ташылышы жөнүндө түшүнүк
7.1. Заттардын ксилема боюнча ташылышы ... 218
7.2. Заттардын флоэма боюнча ташылышы ... 219
7.2.1. Флоэма боюнча заттардын ташылуу механизми ... 221
7.2.2. Флоэма боюнча заттардын ташылышынын жөнгө салынышы ... 222

8. Өсүмдүктөрдүн заттарды бөлүп чыгаруусу
8.1. Заттарды бөлүп чыгаруунун жолдору ... 224

9. Өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн жана өөрчүшүнүн физиологиясы
9.1. Өсүү жана өөрчүү жөнүндө түшүнүк ... 227
9.2. Өсүүнүн белгилери, түрлөрү жана ылдамдыгы ... 228
9.2.1. Өсүүнүн мезгилдүүлүгү. Тыныгуу жөнүндө түшүнүк ... 233
9.2.2. Морфогенездин механизми ... 236
9.2.3. Тышкы чөйрөнүн факторлорунун өсүүгө тийгизген таасири ... 237
9.2.4. Фитогормондор ... 240
9.3. Өсүмдүктөрдүн онтогенези (өөрчүүсү) ... 244
9.3.1. Онтогенездин этаптары ... 245
9.3.2. Бөлүнүп алынган ткандарды жасалма чөйрөдө өстүрүү (ткандардын культурасы) ... 254

10. Өсүмдүктөрдүн кыймылдары
10.1. Цитоплазманын жана органоиддердин кыймылы ... 256
10.2. Шапалакчанын жардамы менен кыймылдоо (таксис) ... 257
10.3. Учунан өсүү ... 258
10.4.1. Өсүү кыймылдары. Тропизмдер ... 258
10.4.2. Настиялар ... 262
10.5. Тургордук кыймылдар ... 264

11. Чөйрөнүн ыңгайсыз шарттарына туруктуулук жана анын физиологиялык негиздери
11.1. Өсүмдүктөрдүн коргонуу жолдору ... 266