

ТОПЫРАҚТЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ

7.1. Тау жыныстары және топырақтағы химиялық элементтердің мөлшері

Топырақтың түзілуіне жоғарыда сипатталған топырақ түзу факторларымен қатар, оның түзілуіне тікелей қатысы бар материалдық негіздердің рөлі ерекше. Топырақ түзу материалдық негіздерге: аналық тау жынысы, осы қабаттағы ауа құрамы мен ылғал, мекендейтін бүкіл жоғарғы және төменгі сатылы организмдер қосындылары жатады. Табиғаттың ауа райы мен жер бедерлерінің өзгешелігі нәтижесінде әртүрлі топырақтар түзіледі.

Әдетте, бір затты түзуге қатысатын материалдар негіздерінде үлесін зерттеу олардың химиялық құрамын анықтаудан басталады. Биосферадағы әр түрлі табиғат денелерінің химиялық құрамын сипаттағанда, оның құрамындағы әр түрлі элементтердің орта есеппен алатын орнын, үлесін пайызбен шығарады. Жер қабатындағы элементтердің орташа құрамын 1924 жылы алғаш есептеп шыққан американдық ғалым Ф. У. Кларк еді. Сондықтан мұны Кларк көрсеткіші деп атайды. Кейінірек жаңа қосылған мәліметерге байланысты бұл Кларк көрсеткіштері бірнеше рет толықтырылды (А. Е. Ферсман, 1934 – 1939, А. П. Виноградов, 1962).

Сонымен қатар, ауа құрамындағы, судағы және тірі заттардағы элементтер кларкы да есепке алынатын болды.

Тау жыныстарының орташа химиялық құрамы. Тау жыныстарындағы химиялық элементтердің кларк үлестеріне байланысты олар:

мол элементтер, Кларк көрсеткіштері – п 10-п-10₂;

аз элементтер, Кларк көрсеткіштері - п- 10-п -10₃;

өте аз элементтер, Кларк көрсеткіштері - п- 10₃-п- 10₅ болып үш топқа қосылады.

Жер бетіне жақын ауаның химиялық құрамы. Топырақ түзуші жыныстарының құрамымен салыстырғанда топырақ бетіндегі мөлшері өте алшақ.

Келтірілген мәліметтерден азот жер қыртысында аз элемент

қатарында болса, ауа құрамында ол негізгі құраушы элемент. Ауадағы азот – топыраққа берілетін азоттың негізгі көзі. Ол биологиялық тірі организмдерге қажетті белок түзетін элемент. Топыраққа ол ауадан түсетін ылғалдар және ауадан азотты сіңіретін микроорганизм-дер арқылы келеді. Ауаның құрамындағы екінші негізгі элемент – оттегі. Онымен тотықтандыру реакциялары, соған байланысты тау жыныстарының үгілуі мен топырақ түзу құбылыстары тікелей байланысты. Озон – ауа құрамындағы өте аз элемент, өте белсенді тотықтырғыш.

Жасыл өсімдіктер үшін және топырақ түзуде ауадағы көмір қышқыл газының маңызы ерекше. Жасыл өсімдіктердің жапырағы арқылы фотосинтез жүреді. Осының нәтижесінде көмір қышқыл газындағы көміртегі өсімдіктердің барлық органикалық бөліктерін түзеді, олар кейін топыраққа беріледі. Органикалық заттардың шіріп-ыдырау құбылыстарынан пайда болған топырақтың кара шіріндісінде (гумус) көміртегінің үлесі – 58%, ол негізінен ауадағы көмірқышқыл газынан түседі.

Жер бетіндегі және топырақ кеуектеріндегі көмірқышқыл газы ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$) ылғалмен қосылып, көмір қышқылын түзеді.

Топыраққа түсетін ауа ылғалдары мен жерасты суларының химиялық құрамы. Ауадан түсетін ылғал топырақтағы барлық тіршілік атаулыны және ондағы жүретін бүкіл химиялық реакцияларды қамтамасыз етеді, ерітеді, жуып-шайып тез ерігіш тұздарды топырақ қабатынан әкетеді.

Ауадан түсетін ылғал, әдетте, таза су емес, ол өзімен ауа газдарын, шаң-тозандарды, тұздарды, қышқылдарды ілестіре келеді. Кей кездерде ауадағы топырақ бетінен немесе теңіз беттерінен ұшқан тұздар ылғалмен еріп, топырақ бетіне қайта сіңіп жатады.

Өсімдіктер мен жануарлар химиялық элементтерді өздерін биологиялық қажеттілігіне байланысты таңдап сіңіреді. Сондықтан күлдік пішіндегі элементтер құрамы жер қыртысындағы элементтерге қарағанда, тіпті, өзгеше. Тау жынысынан немесе топырақтан тірі организмдердің элементтерді биологиялық сіңіру белсенділігі Б. П. Польшов пен А. И. Перельман енгізген сіңірудің биологиялық коэффициенті арқылы анықталады. Бұл коэффициент өсімдік күлінде элементтің топырақтағы немесе тау жынысындағы элементке қатынасынан алынады.

7.2. Топырақтағы химиялық құрамның қалыптасуы

Химиялық талдауға қарасақ, топырақтағы химиялық элементтер құрамы көп және ол көп жылға жетеді. Н. П. Ремезов деректері бойынша, қаратопырақ құрамында азот пен фосфордың көптігі сонша, бидайдан орташа түсім алғанда небары 250 жылға жетеді екен, ал калий құрамы – 3 мың жылға жетерлік. Бірақ өсімдіктер үшін элементтер мөлшері емес, топырақтағы өсімдік сіңіруге ыңғайлы формалары маңызды.

Топырақтағы азоттың көп бөлігі органикалық ғана түрінде болады, сондықтан ол күрделі келеді, соның ішінде мәдени өсімдіктер үшін сіңірілмейді. Тек микробиологиялық тіршілік нәтижесінде пайда болатын аммоний және нитрат қоспалар ғана өсімдікке сіңімді.

Фосфордың органикалық қоспалары және фосфор құрамы – минералдардың көбі өсімдіктерге сіңбейді. Топырақтағы калий негізгі массасы екінші дисперсиялық силикат (гидросиюд) құрамына кіреді, бұл күйінде оны өсімдіктер қорыта алмайды.

Өсімдіктер сіңірілген калийді және калийдің суда еритін қоспаларын бойына тартады, бұлардың топырақтағы мөлшері мардымсыз. Кальций мен магний де сіңірілген және суда еріген күйінде ғана өсімдіктерге пайдалы. Өсімдіктерге сіңімді түрдегі химиялық элементтер құрамы олардың жалпы құрамына қарағанда өте аз. Сондықтан мәдени өсімдіктердің қалыпты өсуі үшін (демек, жақсы өнім алу үшін) кейбір қоректік элементтерді сіңімді формада топыраққа тыңайтқыш ретінде қосу керек.

Оның тағы бір себебі жыл сайын жиналған өніммен бірге химиялық элементтер де топырақтан алынып, азаяды. Демек, өсімдіктердің қалыпты өсуіне керек элементтер мөлшері де азаяды, бұл егін өніміне әсер етеді. Мысалы, бұл құбылыс АҚШ-тың орталық аудандарында байқалды, онда 20 жыл ішінде топырақтағы азот мөлшері 20%-ға кеміген, келесі 20 жылда 10%-ға, келесі 20 жылда 7%-ға кеміген.

Сондықтан агрохимия ережесіне сәйкес тыңайтқыш қолдану ауыл шаруашылығы дақылдары түсімін және жер құнарлылығын көтеретін маңызды тәсіл болып табылады.

Тыңайтқыш қолдана отырып адам заттардың биологиялық айналымына белсенді араласып, өз мақсатында бағыт беріп, реттейді. Органикалық минерал тыңайтқыштарды қосумен қатар соңғы жыл-

дары бактериялық тыңайтқыштарда қолданыс табуда. Бактериялар массасын топыраққа араластырып микробиологиялық процестерді күшейтуге және химиялық элементтердің сіңімділігін көтеруге қол жеткізіледі. Мысалы, фосфорбактерин органикалық заттарды ыдыратып, фосфорды сіңімді фосфор түріне айналдырды, т.б.

Ауыл шаруашылығы дақылдарын қалыпты өсіру үшін макро-элементтер мөлшері ғана емес, сирек кездесетін және бытырап орналасқан химиялық элементтер құрамы да маңызды.

Олардың болмауы немесе аз болуы мәдени өсімдіктердің ауруына, түсімнің аз болуына әкеледі.

Топырақта жездің кемдігінен пайда болған жағымсыз құбылыстар кең тараған. Бұл құбылыстар торф топырақта орман аймағында көп кездеседі («өңдеу сырқаты» деп атайды). Жез қосқан соң ғана бұл ауру жойылған, астық өнімі көбейген.

Жезді кейбір өсімдіктер организміне қосу үшін оларды паразиттік саңырауқұлақтарға қарсы тұрақтылығын арттырады. Мырыш, бор, марганец, молибден және сирек кездесетін элементтер топыраққа қосқанның әсері болатыны анықталды.

7.3. Химиялық элементтердің топырақ қабаттарында таралуы

Топырақ түзілу құбылыстарының нәтижесінде жалпы тау жыныстарының құрамын сақтай отырып, көптеген элементтердің мөлшеріне өзгерістер енгізеді.

Топырақтардың орташа химиялық құрамы, % (А. П. Виноградов, 1962):

O – 49	Si - 33	Al - 7,13
Fe - 3,80		
Ca - 1,37		
Na - 0,83		
- 1,36 Mg		
- 0,60 Ti -		
0,46 C -		
2,00 S -		
0,085 Mn		
- 0,085		

Топырақтағы химиялық элементтердің мөлшеріне қарай бірінші орында О мен Si, екінші Al мен Fe, үшінші Ca мен Mg, солардан кейін Na, K, т.б. элементтер орналасқан, Топырақтың химиялық құрамы өзін түзген тау жыныстарының химиялық құрамынан айырмашылығы бар. Мұнда органикалық элементтердің мөлшерлері көп: көміртегі 20 есе, азот 10 есе өседі. Сонымен қатар, оттегі және сутегі мөлшерінің көп, ал алюминий, темір, калий, кальций, магнийдің аз екені байқалады. Осы элементтер әр түрлі химиялық қосындылар түрінде топырақ құрамына еніп, топырақ типтерін анықтайды. Өсімдіктер мен топырақ арасындағы қарым-қатынасты белгілеуде бұлардың биологиялық маңызы өте зор. Көміртегі, сутегі, оттегі топырақтың органикалық заттарының құрамына кіреді, мине-ралды түрде олардың карбонатты тұздары кездеседі.

Оттегі су құрамында гидроксидтердің, алюмосиликаттардың, бос қышқылдардың және олардың тұздарының құрамында болады.

Топырақтағы тағы бір үлесі мол элементтің бірі – кремний. Ол жер қабатындағы минералды қосындылар құрамына кіріп, органикалық заттар құрамындағы көміртегі сияқты маңызды рөл атқарады. Топырақта ең көп тараған кремний қосындыларының бірі – кварц минералы SiO_2 . Кремний және кремний қышқылдарының тұздары силикаттар мен алюмосиликаттар құрамына кіреді. Өсімдіктердің құрамында да кремний бар, мысалы, ол дәнді дақылдарда 10%-дан 60%-ға дейін жетеді.

Алюминий алюмосиликаттар балшықты минералдар құрамында кездеседі. Бұлардың биологиялық маңызы онша емес. Al_2O_3 -тің топырақтағы жалпы мөлшері 1-2%-дан 15-20%-ға дейін, ал ферралитті топырақтарда 40%-ға дейін жетеді.

Темір әртүрлі оксидті, гидроксидті және шала күкіртті қосындылардың құрамына кіреді. Бұл элемент биологиялық жағынан өсімдіктердегі хлорофильдің түзілуіне катысады. Егер өсімдіктерге темір жетіспесе, олардың жапырақтары сарғайып, хлороз деген ауруға шалдығады. Топырақтағы темір элементінің мөлшері әртүрлі. Мысалы, құмдақ топырақтарда 0,5-1,0%, лесс жыныстарында түзілген топырақтарында 3-5, ал ферралитті топырақтарда 20-50%.

Калий мен магний топырақта слюдалардың немесе басқа минералдардың құрамында кездеседі. Бұлар тұздар түрінде бөлініп, басқа минералдың қосындыларымен реакцияға түсіп, күкірт, фосфор

қышқылдарының тұздарын құрайды. Бұл екі элемент те өсімдіктерге өте қажет. Топырақта ол 1-3% мөлшерінде болады.

Калий мен натрий дала шпаттарының ортоклаз, микроклин, альбит құрамында бұзылу нәтижесінде минералды қышқылдардың тұздарын құрайды. Бұл тұздар суда жақсы ериді. Калий – өсімдіктердің қоректік элементтерінің бірі. Оның топырақтағы мөлшері – 2-3%, Na_2O -ның мөлшері – 1-3%. Натрийдің жылжымалы түрі топырақта жоғары болса, ол физикалық және химиялық жағынан қолайсыз қасиеттер туғызады.

Титан көбінесе, алғашқыда үгілуге аз берілетін минералдардың құрамына кіреді (ильменит, рутил, сфен). TiO_2 мөлшері топырақта көп болмайды.

Марганецтің топырақтағы мөлшері өте аз. Пиродезит, баунит, оливин сияқты микроэлементтер өсімдіктердің өсуі мен сапалы дамуына өте қажет. Бұл тақырыпқа әріректе тоқталмақпыз.

Күкірт өсімдіктердің немесе жануарлардың қалдықтарымен түзілген органикалық заттардың құрамында болады. Пирит деген ми-нерал түрінде де кездеседі: Fe_2S . Топырақта SO_2 мөлшері пайыздың оннан бір бөлігінен аспайды, кейбір сульфатты тұздар топырақта көп болуы мүмкін. Егер де күкірттің топырақта жылжымалы түрі мол болса, оның себебін осы төңіректе ыластаушы өндіріс орындарынан іздестірген жөн.

Көміртегі, сутегі, азот, фосфор – органигендік элементтер. Олардың топыраққа тигізер пайдасы көп. Көміртегі гумустың, органикалық қалдықтардың құрамында, сутегі газдардың, өсімдік пен жануарлардың денелеріндегі органикалық заттарда болады. Көміртегі органикалық заттарға бай топырақтарда 3-10%, сутегі 3-6% мөлшерде. Азот өсімдіктің өсуінде, жануарлардың тіршілігінде зор рөл атқарады. Оның мөлшері көбінесе, органикалық қосындылар: аммиак, азот және азотты қышқылдардың тұздары күйінде кездеседі (0,3-0,4, кейде 0,1%). Топыраққа азот екі жолмен келеді: 1) үлкен қысым әрі катализатор (найзағай) қатысуы арқылы аммиак NH_3 түзіліп, жауын-шашынмен түседі; 2) азот сіңіруші бактериялардың (бос немесе бұршақты өсімдіктер тамыр түйіндеріндегі) қатысуымен шоғырланады.

Фосфор, апатит, фосфорит минералдары құрамында және топырақ шіріндісінде, органикалық қосындыларда кездеседі. Топырақта фосфор қышқылының тұздары – фосфаттар түрінде

болады. Na мен Ca бір фосфаты Na_2HPO_3 , $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, натрий мен кальций екі фосфаты Na_2HPO_4 , $\text{Ca}(\text{HPO}_4)2\text{H}_2\text{O}$, натрий мен кальций үш фосфаты – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Na_3PO_4 . Топырақта көбінесе, суда еритін, өсімдікке сіңімді $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ түрі болуы қажет.

7.4. Топырақтың макро- және микроэлементтері

Органикалық тыңайтқыштар – жануарлар мен өсімдіктер қалдықтарының органикалық қосылыстары түрінде кездесетін қоректік заттар. Органикалық тыңайтқыштар бұдан *3 мың жыл-дай бұрын* Қытай мен Жапонияда қолданыла бастаған. Бұрынғы КСРО аумағында *XIV – XV ғасырлардан* бастап ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыратын құрал ретінде кеңінен таралған. Органикалық тыңайтқыштарға *көң, қи, құс саңғырығы, садыра, жасыл тыңайтқыштар, сабан, т.б. өсімдік қалдықтары, залалсыздандырылған тұрмыстық және өндіріс қалдықтары, ақаба сулардың тұнбалары,* т.б. жатады. Өнеркәсіпте моче-вина шығарылады. Органикалық тыңайтқыштар құрамында топырақтың ең маңызды агрономиялық қасиеттеріне қажетті макро-және микроэлементтер бар. Топырақты *қарашірікпен, қажетті химиялық элементтермен байытуға, оның ылғалдылығын молай-тып, ауа мен су режимінің реттелуіне, физикалық қасиеттерін жақсартуға* мүмкіндік береді. Органикалық тыңайтқыштар ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін жоғарылатып, сапасын арттырады. Құнарсыз топырақты құнарландыру үшін және сулан-дыру жүргізілген жерлерді игеру үшін міндетті түрде органикалық тыңайтқыштар себіледі. Көбіне топырақты жыртқан кезде тұқымды себуге дейін енгізіледі. Қопсыту кезінде өте шіріген қарашірік, тауық қиын, т.б., ал үстеп қоректендіргенде көбіне, садыра және тауық қиын қолданады. *Картон, жүгері, көкөніс және техникалық дақылдарды, күздік дақылдарды,* т.б. отырғызғанда оның шұңқырына салу тиімді. Жылыжайларда егістік бетін жабындауда қолданады. Органикалық тыңайтқыштарды қолданудың тиімділігі ылғалы жеткілікті аудандардағы шымды-күлгіндеу және орманның сұр топырақтарында жоғары, ал күлгінденген және сілтісіздендірілген қара топырақтарда төмендеу, құнарлы және қарапайым қаратопырақтарда төмен болады. Органикалық тыңайтқыштардың мөлшері дақылдың түріне және топырақ-климаттық жағдайға байланысты *15 – 60 т/га-ға* тең. Ми-

нералды тыңайтқыштармен бірге қолданғанда оның мөлшері азаяды. Құрғақшылық аудандарда жырту қабатының барлық тереңдігіне енгізіледі, ал ауыртопырақты жерлерде оның *тереңдігі 15 – 18 см*-ден аспауы керек. Микроэлементтердің мал шаруашылығы үшін де маңызы зор. Кейбір микроэлементтердің топырақта және өсімдіктерде (жемде) артық не кем болуы мал өнімділігіне елеулі әсер етеді.

Микроэлементтер. Кейбір химиялық элементтердің мөлшері топырақта өте аз ($n10^{-3}$) болғандықтан, оларды: бор, молибден, мыс, жез, марганец, кобальт, мырыш, иод, фторды (B, Mn, Mo, Cu, Zn, Co, I, F), т.б. жеке топқа жатқызады. Микроэлементтер өсімдіктерге қоректік элемент ретінде тікелей сіңбейді, олар қоректік элементтер-мен бірге сіңіріледі және тірі организмдердің ферменттік құрамына кіреді де, топырақта биохимиялық алмасу процестерін жеделдетеді. Өсімдіктер өнімі мен оның сапасының және топырақтағы микроэлементтер мөлшерлерінің арасында тікелей байланыс бар. Топырақта микроэлементтердің жетіспеуінен өсімдіктердің өнімі де, сапасы да төмендеп, тіпті, ауруға шалдығады. Микроэлементтер жетіспесе немесе артық мөлшерде болса, онда ондай топырақты биохимиялық зарарлы эпидемия провинциялары деп атайды. Бұл табиғи факторлармен қатар, техногендік ластану, тыңайтқыштарды артық қолдану салдарынан болуы мүмкін. Топырақтағы микроэлементтердің мөлшері олардың топырақ түзуші аналық жынысындағы бастапқы мөлшерлеріне байланысты. Гумус белсенді түрде жиналатын процестерде микроэлементтер топырақтың беткі қабатында мол, ал шайылу процесі басым болған жағдайда едәуір аз болады.

Топырақ түрлі минералды (90-99%) және органикалық заттар (1-10%) мен топырақ ауасынан тұрады. Топырақтың химиялық құрамының маңызы зор, ол құнарлығын айқындаумен қатар, өсімдік құрамына әсерін тигізеді. Топырақтың химиялық құрамына өсімдіктердің химиялық құрамы тәуелді деуге болады. Топырақ құрамы мен жер сулары арасында тікелей байланыс бар. Қандай да бір макро- және микроэлементтердің кемістігі немесе тым көп болуы азықтық өсімдіктердің өнімділігіне, сондай-ақ құрамындағы жекелеген элементтер мөлшеріне әсерін тигізеді. Жануарларды азықтандыруға пайдаланылатын өсімдіктерде кейбір элементтер кемістігі немесе көп болуы, өнімділік төмендеуі мен бірқатар аурулар байқалуының себебі бола алады.

Егер топырақта азықтық өсімдіктерде кальций және фосфор тұздары жетіспесе, жануарлар организмінде минералды алмасу бұзылып, нәтижесінде рахит (жас төлдерде), остеомаляция (ересек жануарларда,) іш тастау тәрізді аурулар байқалады. Топырақ пен азықтарда натрий мен магний жетіспеуінің де салдары ауыр. Кальций, фосфор, магний, натрий, көміртегі, сутегі, азот оттегі, күкірт, калий, темір, кремний, алюминий, хлор макроэлементтерге жатады. Олардың топырақта, өсімдік, жануар организмдеріндегі мөлшері бүтіннен жүздік пайыздарға дейін ауытқиды.

Макроэлементтер жануардың тірі салмағының 99,9%-ын құрайды, ал тек 0,1% ғана сан жағынан көп (100-дей) топ-микроэлементтерге келеді. Микроэлементтер организм үшін энергетикалық шикізат болып табылады. Электролиттер есебінен олар осмостық қысымды, ұлпа сұйықтықтарындағы иондардың динамикалық тепе-теңдігін реттейді, организмнің жаңа жасушалар түзуіне қатысады, гормон, дәрумен, ферменттер құрамына енеді.

Организмдегі микроэлементтер алмасуы орталық нерв жүйесі тарапындағы бақылауға тәуелді. Орталық нерв жүйесінде микро-элементтер шоғырлануы біркелкі емес. Мәселен, мидың сұрғылт заттегінде басым түрде кобальт, марганец, мыс, молибден, мырыш, ванадий мен хром болса, ақ заттектен олар едәуір аз. Нерв жасушалары ядроларында басым түрде ауыр металдар шоғырланады. Ми сұйықтығы мен сопақша мида мыс, мидың үлкен жартышарларында

– кобальт, мишықта – мырыш көп.

Барлық ұлпалар мен ағзаларда нақты бір микроэлементтер шоғырлануы байқалады. Қалқанша безде – йод, өкпеде – литий, гипофизде – кобальт, мырыш, хром, бүйректерде – кадмий, қанның пішіндес элементтерінде – марганец, мыс, мырыш, кадмий, қан плазмасында – кобальт, титан болады. Қойлар мен бұзаулар жүнінде көп мөлшерде йод болады.

Топырақтың құрғақ затында 1 кг 5 мг аз йод болғанда, жануарларда зат алмасу біршама бұзылады, ақуыз бен көмірсулар алмасуы төмендейді, су мен хлоридтер тежелуі орын алады, нәтижесінде теріасты шелінің домбығуы байқалады, қанда кальций мен фосфор мөлшері азаяды, тотығу үрдістері мен газ алмасуы төмендейді, жылу туындалуы азаяды, сүйек өсуі тежеледі, қысырлық, бедеулік, өлі туулар орын алады.

Өнімділіктің барлық түрлері төмендейді. Йод организм үшін

орны толмас микроэлемент, онсыз барлық жасушалардың тіршілігі тыйылады.

Егер 1 кг құрғақ топырақта 3 кг-дан аз кобальт болса, жануарларда аcobальтоз ауруы байқалады. Аcobальтозбен ауырған кезде жануарларда (B₁₂ авитаминозы) күйзелу, тәбеті бұзылуы (жалақ), каназдылық, өршитін жүдеп-жадау (каhexсия, өлім).

Топырақтың 1 кг құрғақ затында 2 кг-дан аз мырыш болуы жас жануарлардың өсуінің баяулауы мен жүдеп-жадауына, жүндері түсуіне, жыныс безі қызметінің төмендеуі мен бедеулікке әкеліп соғады. Егер топырақтың 1 кг құрғақ затында 1 мг аз мыс болса, жануарларда өсу баяулайды, қан аздылық, жас жануарлар жүдеп – жадауы, жүннің тұйпалануы, терінің депигментациялануы, жалақ байқалуы, сүйектер пішінінің өзгерілуі, ұдайы өндіру қабілетінің жоғалуы, сүт өнімділігі төмендеп, жоғалуы тәрізді белгілер байқалады, жануарлар орталық нерв жүйесі зақымдалуы белгілері байқалатын ауруларға шалдығады, аяқтар салданады.

Топырақтың 1 кг құрғақ затында 500 мг аз марганец болуында жас жануарлардың аяқтарының пішіні өзгереді, өсіп-өнуі баяулайды. Жүн сапасының төмендеуі орын алады. Іш тастаулар мен қысырлық байқалады. Құстарда перозис дамиды. Аурулардың алдын алу үшін азықтандыру рационына дәрумендер енгізу қажет, топырақ тиісті тыңайтқыштармен өңделуі керек.

7.5. Макро- микроэлементтердің тірі организмдерге әсері

Адамның ағзалары химиялық элементтерді әртүрлі концентр-лейді, яғни микро- және макроэлементтер мүшелер мен ұлпаларда әркелкі таралады. Микроэлементтердің көпшілігі бауырда, сүйек және бұлшық ет ұлпаларында жиналады. Бұл ұлпалар көптеген микроэлементтердің негізгі қоры. Элементтер кейбір мүшелерге тән болып табылады және онда концентрациясы жоғары болады. Мыса-лы, мырыш – қарын асты безінде, йод – қалқанша безінде, фтор – тіс кіреукесінде, алюминий, мышьяк, ванадий – шашта, кадмий, сынап, молибден – бүйректе, қалайы – ішек ұлпаларында, стронций – қуық безінде, сүйек ұлпасында, барий – көздің пигментті қабатында, бром, марганец, хром – гипофизде және тағы басқаларда жиналады.

Ағзада микроэлементтер байланысқан және бос ионды түрінде де кездеседі. Кремний, алюминий, мыс және титан бас миы

ұлпаларында нәруыздармен комплекс түрінде, ал марганец ион түрінде кездеседі. Сутек және оттек – макроэлементтері су молекуласын түзетіні белгілі, ал ересек адам ағзасының шамамен 65%-ы су болып келеді. Су маңызды еріткіш және ол адамның мүшелерінде, ұлпаларында және биологиялық сұйықтықтарда әрқелкі таралған, асқазан сұйығының, сілекейдің, қан плазмасының, лимфаның 99,5%-дан 90%-ға дейінгі аралығын құрайды. Ендеше су ресурстарының құрамын зерттеу, үнемі бақылау және мемлекет тарапынан қорғау іс-шараларын жүргізудің тіршілік үшін маңызы бар деуге болады.

Макроэлементтер – көміртек, сутек, оттек, азот, күкірт, фосфор – нәруыздың, нуклеин қышқылдарының және ағзаның басқа да биологиялық белсенді қосылыстарының құрамына кіреді. Нәруыздардың құрамында көміртек 51 – 55%, оттек 22 – 24%, азот 15 – 20%, сутек 6,5 – 7%, күкірт 0,3 – 2,5%, фосфор шамамен 0,5%. Көміртек сутек және оттек көмірсулардың және липидтердің (майлар), ал, фосфор фосфолипидтердің құрамында фосфатты топтар түрінде болады. Көп мөлшерде липидтер бас миында, бауырда, сүтте және қан сұйықтығында концентрленеді. Сүйек ұлпасындағы фосфордың негізгі мөлшері – 600 г. Ол адам ағзасындағы барлық фосфордың 85%-ын құрайды. Фосфор тістің қатты ұлпаларында концентрленеді ал табиғатта кальций, хлор, фтор элементтерімен қосылыстар түрінде, фторапатиттер құрамында кездесетіндігі белгілі. Кальций де негізінен сүйек және тіс ұлпаларында концентрленеді. Натрий және хлор жасуша аралық, ал калий және магний жасуша ішіндегі сұйықтықтарда кездеседі. Натрий және калий фторид түрінде сүйек және тіс ұлпаларында, магний фосфат түрінде тістің қатты ұлпаларында болады.

Тірі ағзаға қажетті тіршілік металдары деп аталатын металдардың жалпы сипаты бойынша шамамен, салмағы 70 кг адам ағзасында тіршілік металдарының мөлшері төмендегідей болады: кальций – 1700 г, калий – 250г, натрий – 250 г, магний – 42 г, темір – 5 г, мырыш – 3 г, мыс – 0,2 г, марганец, молибден, кобальт – барлығы шамамен, 0,1 г. Ересек адамның денесінде 3 килограмға дейін минералды тұздар бар, бұл мөлшердің 5/6 бөлігі сүйек ұлпаларына тиесілі. Кейбір макроэлементтер (магний, кальций) және көптеген микро-элементтер ағзада биоганд – аминқышқылдармен, нәруыздармен, нуклеин қышқылдарымен, гормондармен, дәрумендермен және тағы басқалармен комплекс түрінде кездеседі. Мысалы, темір ионы

комплекс түзуші ретінде – гемоглобин, кобальт – В 12 дәруменінің, магний – хлорофилл құрамына кіреді. Сонымен қатар, ағзада биологиялық маңызы жоғары басқа да элементтердің көптеген биокомплекстері бар.

Химиялық элементтердің ағзадағы мөлшерінің өзгеруіне әр түрлі аурулар әсер етеді. Мысалы, рахитпен ауырғанда фосфорлы-кальций-лі алмасу бұзылады да, ағзадағы кальцийдің мөлшері төмендейді. Нефритпен ауырғанда электролитті алмасу бұзылуының әсерінен ағзадағы кальцийдің, натрийдің, хлордың мөлшері азаяды да, магний мен калий көбейеді. Ағзадағы макро- және микроэлементтердің мөлшерін гормондар реттеп отырады. Химиялық элементтердің адам ағзасындағы биологиялық орны әртүрлі болып келеді. Макроэлементтер – ұлпаның құрылысын, осмос қысымының тұрақтылығын, иондық және қышқыл-негіздік құрамын реттеушілер. Микроэлементтер қан жасалу, тотығу-тотықсыздану, тамырлар мен ұлпалардың өткізгіштігіне белсенді әсер етушілер. Макро- және микроэлементтер – кальций, фосфор, фтор, йод, алюминий және кремний, сүйек және тіс ұлпаларының түзілуін қамтамасыз етушілер. Микроэлементтер ферменттер, гормондар, дәрумендер, биологиялық белсенді заттар құрамына комплекс түзушілер немесе активаторлар түрінде кіреді де, зат алмасу, көбею, ұлпаның тыныс алу, улы заттарды залалсыздандыру үрдістеріне қатысады. Кейбір элементтердің мөлшері адам ағзасында жасы ұлғайған сайын өзгеріп отырады. Мысалы, кадмийдің бүйректегі және молибденнің бауырдағы мөлшері қартайғанда жоғарылайды. Жас ұлғайған сайын кейбір мырыш, ванадий және хром сияқты микроэлементтердің мөлшерлері кемиді. Әртүрлі микроэлементтердің жетіспеушілігіне немесе артуына байланысты көптеген аурулар белгілі. Фтордың жетіспеушілігінен тіс жегісі, йодтың жетіспеушілігінен зоб, молибденнің артық мөлшерінен подагра пайда болады. Адам ағзасындағы биогенді элементтер концентрациясы өмір сүрудің тепе-теңдігін сақтайды (химиялық гомеостаз). Бұл баланс элементтің жетіспеушілігіне немесе артық болуына байланысты бұзылады және әр түрлі аурулар туады.

Микроэлементтердің адам ағзасындағы мөлшері және қатынасы жайындағы мәліметтерді сот медициналық сараптама жасау істеріне пайдаланады. Мысалы, этил спиртінің қатынасында алкогольді улану жағдайында бауырда кальцийдің мөлшері көбейіп, натрий мен калий

азаяды. Тағам құрамында темір, мыс, мырыш, йод, кальций, фосфор, магний және т.б. элементтері жетіспесе, адам денсаулығына үлкен зардап келуі мүмкін. Сонымен қатар, ағзаға биогенді элементтердің тек қана жетіспеушілігі емес, артық мөлшері де зиян, өйткені бұл кез-де химиялық гомеостаз бұзылады. Мысалы, тағамда марганец артық мөлшерде болса, плазмада мыстың мөлшері көбейеді, ал бүйректе азаяды. Тағам құрамында молибденнің мөлшері көбейсе, бауыр-да мыстың мөлшері көбейеді. Тағамда мырыш көбейсе, темірі бар ферменттердің белсенділігі төмендейді. Сондықтан да тіршілікте маңызды болып саналатын минералды компоненттердің концентрациясы сәл ғана көбейсе олардың аз мөлшерінің өзі де улы болып табылады деуге негіз бар.

Магний жүйке ұлпаларының жұмысын жақсартады, сүйек түзуге қатысады. Адамға күніне шамамен, 400 мг магний керек. Қаңқаның мықтылығы оның құрамындағы элементтер фосфор мен кальцийдің мөлшеріне тығыз байланысты. Фосфордың мөлшері кальцийден бір жарым есе көп болуы керек. Ондай болмаған жағдайда тепе-теңдік мөлшерін белгілі бір деңгейде ұстап тұру үшін жеткіліксіз мөлшерін сүйектегі қордан алады. Бірақ Д витамині оның арақатынасын рет-теп отырады. Фосфор нерв клеткаларының қызметі үшін де керек, сондай-ақ, ол – күш-қуат көзі. Сондықтан оның мөлшері барлық уақытта біркелкі болуы керек. Фтор, стронций адам тісінің мықты болуына әсер етеді. Адам ағзасында 250 – 300 г NaCl болады, тамақпен 10 – 15 г күнделікті қайта толықтырылып отырады. На-трий хлоридінің артық мөлшері ішкі ағзаларға (бауыр, бүйрек) әсер ететіндігі зерттелген. Ал Жамбыл облысындағы тұз бассейндері кендерінің (Ресей ғалымдарының зерттеулері бойынша барлығы 54 тұз бассейндері бар екендігі келтірілген) осы уақытқа дейін ашық болуы, желдің әсерінен тозаң түрінде аймаққа таралуы экологиялық ахуалының нашарлығын көрсетеді деуге болады.

Микроэлементтердің ағза үшін физиологиялық маңызы өте жоғары. Мыс – денсаулыққа өте пайдалы микроэлементтердің бірі. Егер ағзада мыс жетіспесе, бауырда қорланған темір гемогло-бинмен байланысқа түсе алмайды. Мыстың мөлшерінің аз немесе көптік шамасының көрсеткіші – адамның шашы. Мыстың мөлшері төмендеген кезде немесе жетіспеген жағдайда шаш тез ағарады. Мыс қанға оттектің өтуін қамтамасыз етеді. Соның нәтижесінде жа-суша, ұлпалар оттекпен жақсы қамтамасыз етіледі. Мыс көптеген

ферменттердің құрамына кіреді, ұлпалардағы тотығу реакция-сын жылдамдатады. Темір элементінің рөлі денсаулық үшін өте зор. Егер темір жетіспесе, баршамызға белгілі анемия немесе қан аздық ауруы пайда болады. Бұл элементтің ағзадағы тәуліктік мөлшері 11-30 мг. Адам қанында 3 г жуық темір бар. Оның мөлшері көрсетілген шамадан төмен болса, қанның қызыл клеткасының, яғни гемоглобиннің түзілуі нашарлап, тыныс алу функциясы төмендейді. Темір ағзаға сырттан түседі, тамақтың құрамындағы темір ионы он екі елі ішектің жоғарғы бөлігінде қанға сіңеді. Темірдің ағзаға дұрыс сіңбеуі асқазандағы тұз қышқылының жетіспеуінен немесе темірдің белокпен байланысының нашарлауынан болады. Ал тұз қышқылының жетіспеуінің өзі бауыр мен өт жолдарының дұрыс қызмет атқармауынан деуге болады, яғни оларда әр түрлі тұздар тас-тар түрінде жиналады. Тастардың пайда болуы топырақ пен судың және қоректің сапасына байланысты екендігі түсінікті. Демек, об-лыс көлемінде халықтың денсаулығының төмен көрсеткіштері олар-ды қоршаған табиғат ортасына, экологиялық сипатына тікелей бай-ланысты деуге болады. Жоғарыда айтылған элементтердің тәуліктік нормасын зерттеудің нәтижесінде мынадай қорытынды жасалады: ересек адамдар үшін микроэлементтердің тәуліктік мөлшері: алюми-ний – 49,01 мг, бром – 0,821 мг, темір – 1,1-30 мг, йод – 0,2 мг, кобальт

– 0,05-0,1 мг, марганец – 5–7 мг, мыс – 2-3 мг, молибден – 0,15 – 0,3 мг, никель – 0,63 мг, рубидий – 0,35-0,5 мг, фтор – 2-3 мг, мырыш–10–15 мг. Әрине, бұл көрсеткіштер адамның жас ерекшеліктеріне бай-ланысты өзгеріп отырады. Мысалы, ой еңбегімен айналысатын адамдар үшін марганецтің мөлшері тәулігіне 5-6 мг. Жас балаларға марганецтің мөлшері ересектерге қарағанда, көбірек қажет бола-ды. Сондықтан да соңғы жылдары микроэлементтер жайлы зерттеу жұмыстары жүйелі жүргізіліп келеді. Микроэлементтердің негізгі физиологиялық – биохимиялық қасиеттері бойынша, Қазақстанда П. Р. Загриценко, Ж. Қалекенов, Қ. Кенжеев, Ж. Мамутов және К. Сағатов, ал Ресейде Я. В. Пейве, М. Я. Школьник, П. А. Вла-сюк, О. К. Кедров – Зихман сияқты ғалымдар зертеу жұмыстарын жүргізген.

Қоректік зат, оны пайдалану барлық тірі организмге тән қасиет. Қоректену нәтижесінде ағзада көптеген биологиялық, химиялық және физикалық үрдістер, яғни көбею, өсу, даму, еңбек ету, т.б. жағдайлары болады. Адамның денсаулығы дұрыс болып қалыпты

өмір сүру үшін ең қажеттісі – қоректік заттың мөлшері, сапасы, ағзаға ену мөлшері міндетті түрде тиісті деңгейде сақталуы керек. Әрбір қоректік заттың энергетикалық балансын сақтау ең басты шарт болып табылады. Қоректік заттың құрамындағы әртүрлі бөліктерінің мөлшері, сапасы (белоктар, майлар, көмірсулар, минералды заттар, макро және микроэлементтер, витаминдер) саны белгілі ретпен бір-біріне тығыз байланыста болатындығы анықталған. Төменде ағзаға қажетті кейбір негізгі қоректік заттардың мөлшерлері келтірілген.

7-кесте

Ағзаға қажетті негізгі қоректік заттар

Негізгі қоректік заттар	Тәуліктік мөлшері	Негізгі қоректік заттар	Тәуліктік мөлшері
Белоктар	85г	Көмірсулар	380-400г
Майлар	102г		

Минералды заттар

Кальций	800 мг	Кобальт	0,1-0,2 мг
Марганец	5-10 мг	Фосфор	1200 мг
Молибден	0,5 мг	Хром	2-2,5 мг
Магний	400 мг	Фторидтер	0,5-1,0 мг
Темір	14 мг	Йодтар	0,0-0,2 мг
Мыс	2 мг		

Витаминдер

В ₁ (тиамин)	1,7 мг	С (аскорбин қышқылы)	70 мг
В ₂ (рибофлавин)	2,0 мг	А (ретинол)	10 мг
В ₆ (пиридоксин)	2,0 мг	Е (токоферол)	2,5 мкг
В (фолацин)	200 мкг	Д	19 мг
⁹ В ₁₂	3 мкг	(кальцийферол)	
(цианкобаламин)		РР (ниацин)	

Кестеде келтірілген заттардың арасынан фторидтерге тоқталатын болсақ, оның ағзаға қажетті мөлшері 0,5-1,0 мг аралығында. Ал судың құрамында болуға тиісті шекті мөлшері – 0,75 мг. Жамбыл облысы аймағындағы фторидтердің мөлшері шектен артық екендігі зерттелді, яғни Талас-Аса бойындағы мөлшерлік шамасы, 1,5-6,25 мг/л. Фторидтердің тотығу-тотықсыздану үрдісінен кейін ағза үшін

маңызды иод элементін ағзадан ығыстырып шығару мүмкіндігі жоғары. Сонда иодты дәрі-дәрмек пен қоректік заттарды қанша пайдалансақ та, ағзадағы иодты фторидтердің ығыстырып шығарып жіберуі қазіргі кезде белең алып отырған зоб ауруының көбеюіне негіз болып отыр.

Өсімдіктердің минералдық қоректенуі – тіршілікке қажетті химиялық элементтердің иондар мен минералдық тұздар түрінде ену және бойына сіңу үдерістері. Бұл сыртқы ортадан минералдық иондарды енгізу, байланыстыру (өзге түрге айналдыру, ассимиляциялау), клетка мен ұлпалар бойымен тұтыну орындарына дейін жеткізу, минералдық элементтерді метаболизмге қосу үдерістерін қамтиды. Қажетті элементтерді органогендерге (С, Н, О, N) және күлді (қалған барлығын) элементтерге бөледі. Өсімдіктер С, Н, О ауадан және судан, қалғандарын – топырақтан алады. Мөлшеріне қарай минералдық элементтерді макроэлементтерге (N, S, P, K, Ca, Mg, Si) және микроэлементтерге (Fe, Cu, Mo, Zn, B, Mn, Cl, Ni, Co, Na) бөледі. Жеке элементтердің рөлін талқылау барысында мынадай жоспарды ұстанған дұрыс:

Элементтің физиологиялық рөлі.

Оны ассимиляциялау типтері.

Элемент метаболизмінің маңызды тұстары.

Табиғаттағы айналымы.

Азоттың өсімдік өміріндегі орыны ерекше. Ол ақуыздардың, нуклеин қышқылдарының, хлорофилдің, АТФ және клетканың бір қа-тар метаболиттердің құрамына кіреді. Атмосфераның молекулалық азотын тек кейбір микроорганизмдер мен прокариоттық балдырлар пайдалана алады. Қалған организмдер бейорганикалық азотты нитрат немесе аммоний түрінде сіңіреді. Өсімдіктердің азот метаболизмін талқылай отырып, нитраттық азоттың тотықсыздануына екі ферменттік жүйе – нитратредуктаза және нитритредуктаза қатысатындығын ескеру керек. Біріншісі нитраттық азотты ни-тритке дейін, ал екіншісі нитриттерді аммонийге дейін бос аралық өнімдерсіз тотықсыздандырады. Нитраттардың тотықсыздануы жарыққа тәуелділігі қызығушылық туғызады.

Азоттың ассимиляциялауын талдау барысында үш ферменттік жүйемен – глутаматдегидрогеназа (ГДГ), глутаминсинтетаза (ГС) және глутаматсинтаза-мен (глутамин: 2-оксоглутаратамино – транс-фераза, ГОГАТ) танысу керек, олардың көмегімен азот органикалық

қосылыстарға түрлі жолдармен енеді. Мысалы, ГДГ мен ГС қатысуымен глутамат пен глутаминнің синтезі жүреді, ал ГС мен ГОГАТ алғашқы кезде глутаматтан глутаминнің синтезін (ГС), кейін глутамин мен оксоглутараттан екі глутамат молекуласының синтезін катализдейді.

Фотосинтездеуші организмдердің еркін тіршілік ететін формаларының және микроорганизмдердің жоғары сатылы өсімдіктермен селбесе отырып, азотфиксациясын жеке қарастыру қажет. Барлық азотфиксациялаушы организмдерде азотты тотықсыздандыратын бір ферменттік жүйесі бар – нитрогеназа. Нитрогеназаның қатысуымен азоттың тотықсыздануы АТФ энергиясы есебінен жүреді және электрон тасымалымен қосарланған. Ферменттік жүйенің белсенді орталықтарына Fe және Mo кіреді. Нитрогеназа катализдейтін үдерісте осы элементтердің рөлін білу керек. Оттектің азотфиксацияға әсерін арнайы талқылау қажет.

Күкірт өсімдікпен жоғары тотық түрінде сіңіріледі, күкірттің өсімдіктегі негізгі формасы – сульфгидрильдік немесе дисульфидтік топқа дейін тотықсызданған түрі. Өсімдіктегі күкірттің негізгі тотықсыздану кезеңдерін көрсету қажет. Күкірттің қызметтік рөлі – оның көптеген энзимдер мен металопротеиндердің құрамына лиганд ретінде енуі. Ең танымалы мен маңыздылары – темір-күкірт-протеиндер және мыс-протеиндер. Сульфгидрильдік топтар тотығу-тотықсыздану реакцияларға тікелей қатысады немесе ақуыздар құрылысының маңызды факторы болады. Клетканың маңызды метаболиті – А коэнзимдегі (АКо) күкірттің рөліне тоқталып кету керек.

Калий ортадан K^+ ионы түрінде сіңіріледі, дәл осы күйде өсімдіктің барлық бөліктеріне тасымалданып, өзінің физиологиялық әсерін тигізеді. Калий негізінен иондық түрде болады, жақсы қозғалып, реутилизацияға тез ұшырайды. Калийдің сіңірілуі оның клеткада мөлшеріне байланысты. Элементтің сіңірілуін реттеуге қатыса алатын механизмдерін талдау керек. Калийдің физиологиялық рөлін талқылау барысында: сияқты сұрақтарға тоқталу қажет. калийдің клетканың осмостық реттелуінде маңызы, оның фотосинтез бен тыныс алуға қатысуы, калийдің ферменттік реакцияларды активтендіруі. Бейорганикалық заттардың ішінде калий негізгі осмостық белсенді ион, сондықтан ол су алмасуын-да едәуір рөл атқарады. Оның қатысуымен өсімдікке судың келуі,

тасымалдануы және булануы жүреді, себебі тамыр қысымының шамасы ксилемдік шырындағы калийдің концентрациясына байланысты. Калий устьицелік қозғалыстарға да қатысады. Калий-мен қоректену өсімдіктердің қолайсыз жағдайларға төзімділігін арттырады. Калийдің фотосинтездегі рөлі де алуан түрлі: оның қатысуымен фосфорлану реакциясы жүреді, калий CO_2 байланыстыруын активтендіреді және фотосинтез өнімдерінің тасымалдануында белгілі рөл атқарады. Калийдің қатысуы өте көп ферменттердің жоғары белсенділігі үшін қажет. Бұл орайда калий негізінен ферменттердің конформациялық өзгерістеріне қатысады.

Магний өсімдікте бос диффузиялық күйде (70%-ға жуығы) немесе ақуыздар, нуклеин қышқылдары, фосфолипидтер және полифосфаттармен байланысқан күйде болады. Осы элементтің өсімдіктегі физиологиялық рөлін талқылау барысында көптеген энзимдік реакциялардың магнийді талап ететінін немесе оны-мен активтенетінін көрсету керек. Олар фосфатаза, киназа, АТФ-аза, синтетаза және нуклеотидтрансферазамен катализденетін фосфаттың немесе нуклеотидтің тасымалдануы, карбоксилазамен катализденетін карбоксил топтарын тасымалдану реакциялары. Магний хлорофилл құрамына кіреді, бұл элементтің молекула үшін маңызын сипаттау қажет. Сонымен қатар, магний рибосомалардың бірігіуіне керек және нуклеин қышқылдары мен мембраналардың тұрақтануына қажетті құрылымдық рөл атқарады. Магний хлоропласттағы CO_2 байланыстыратын ферменттердің белсенділігін жарыққа байланысты реттейді: магнийдің жарықта тилакоидтерден стромаға ағып кетуі рибулозодифосфат-карбоксилазаның активаторы ретінде қызмет етеді.

Өсімдіктегі кальцийдің рөлін талдай отырып, негізгі ерекшеліктеріне тоқталу керек:

барлық эукариоттардың цитоплазмасында элементтің концентрациясы төмен, алайда, плазмалемманың сыртқы бетінде, клетка қабықшасы мен вакуольде концентрациясы жоғары;

төмен физиологиялық қозғалмалылығы, ол кальцийдің жиналу, клеткадан клеткаға тасымалдану және флоэмдік тасымалының төмен жылдамдығында байқалады;

клетканың дабыл беру жүйесінде екінші делдал ретінде маңызы зор;

ферменттердің кофакторы.

Сан жағынан кальций көбінесе апопласта орналасады. Клет-ка ішінде оның жоғары концентрациясы, әдетте, вакуольде нашар еритін тұздар түрінде жиналуына байланысты. Апопласта каль-ций белгілі қорғаныш қызмет атқарады. Ол элементтер мен рН-ң үйлесімді арақатынасын туғызады, мембраналардың зақымдануын және клеткадан заттардың ағып кетуін тежейді. Кальций клетка қабықшасы құрылысының қалыптасуына қатысады. Кальцийдің мембраналардың құрылымдық өзгерістерінде рөлі белгілі. Бұл ретте ол молекула арасын байланыстыратын агент ретінде жұмыс істейді. Ол кальцийлік көпірлерді түзе отырып, ақуыздар мен фосфолипидтердің фосфаттық, карбоксилдік топтарымен әрекеттесе алады. Осы орайда мембраналардың конформациясы мен оның қасиеттері өзгереді – гидрофобтығы ұлғаяды, тұрақтылығы жоғарылайды, су үшін өткізгіштігі азаяды. Кальций иондары клеткаға алғашқы рет әсер ететін түрлі дабылдарды атап айтсақ, гормондар, патогендер, жарық, гравитация мен стресс әсерлерін өткізуге қабілетті. Көптеген сыртқы әсерлер цитоплазмадағы кальцийдің көбеюіне және оның түрлі кальцийді байланыстыра-тын ақуыздармен (кальмодулин, Са-тәуелді кальмодулинге тәуелсіз протеинкиназамен) әрекеттесуіне әкеледі. Олардың кейбіреулері өз белсенділігін өзгертсе, басқалары осы катионның әсерін сан алуан молекулалық нысандарға жеткізіп береді.

Өсімдік организмінің қалыпты тіршілігі аталған макроэлементтерден бөлек микроэлементтердің болуын да талап етеді. Олар: Fe, Cu, Mo, Zn, B, Mn, Cl, Ni, Co, Na. Осы элементтерге өсімдіктің сандық қажеттілігін және олардың тапшылығы кезінде өсімдікте байқалатын өзгерістерді көрсету керек. Микроэлементтердің жоғары әрі алуан түрлі биологиялық белсенділігінің себебі – олардың клетканың ферменттік жүйелерімен байланысында. Кейбір микро-элементтер молекулалардың құрылысын құрауға тікелей қатысады, басқалары кофактар ретінде энзимдік өзгерістерге қажет. Олар субстрат-ферменттік жүйелерді активтендіре алады.

Топырақтан немесе су ерітіндісінен минералдық элементтердің сіңіруін өзара байланысқан төрт кезең түрінде:

топырақтағы иондар мен тұздардың өсімдіктің тамыр жүйесінің бетіне қарай жылжуы;

олардың тамыр бетінен тамыр клеткаларының цитоплазмасы мен вакуоліне тасымалдануы;

радиалдық бағытта тамыр ұлпалары бойымен ксилема сосудтарына дейін қозғалуы;

өткізгіш жүйе арқылы жерүсті мүшелерге дейін тасымалдануы көрсеткен жөн.

Әрбір кезең белгілі құрылымдармен байланысқан және өззандылықтарына бағынады. Иондардың тамыр клеткаларының цитоплазмасына тасымалын сипаттай отырып, цитоплазмалық мембраналардың иондар үшін өткізгіштігін және мембрана арқылы иондар тасымалының қозғаушы күштерін талқылау керек. Тасымалдың екі: пассивті (электрохимиялық градиенті бойынша) және активті (градиентке қарсы) түрін ажыратады. Иондардың мем-брана арқылы тасымалының: пассивті диффузия, жеңілденген диф-фузия, бірінші реттік активті тасымалдау, екінші реттік активті тасы-малдау (қосарланған) төрт түрін бөледі. Өсімдік клеткасында иондар тасымалының ерекшеліктері: а) талғаулық; ә) энергияға тәуелділік; б) метаболизмнің ингибиторлармен тежелуі; в) иондарды градиент-ке қарсы тасымалдау; г) температураға тәуелділік.

Әртүрлі организмдер жасушасының өзіне тән өзгешеліктері болғанымен, олар құрамындағы химиялық элементтер сипаты жағынан ұқсас келеді. Жалпы жасуша құрамында Д. И. Менделеев кестесінде 70 элементі кездескенімен, тірі организмдерде олардың 24-і тұрақты түрде ұшырасады. Жасуша құрамында 62% шамасында оттегі, 20% шамасында көміртегі, 10% шамасында сутегі және 3% шамасында азот болады. Оттеті мен сутегі су мен органикалық заттар құрамына енсе, көміртегі – органикалық заттар негізін құрайды. Азот амин қышқылдарының, белоктардың, нуклеин қышқылдарының, АТФ-ның, гемоглобиннің, көптеген ферменттер мен дәрумен дәрілердің құрамына енеді.

Жасуша құрамында 2,5% шамасында кальций, 1% шамасында фосфор кездеседі. Кальций сүйек ұлпасы мен тіс кіреукесінің құрамына енеді, қанның ұю процесін, ет талшықтарының жиырылуын жандандырады, жасуша мембранасының өтімділігін реттейді. Фосфор да сүйек ұлпасы мен тіс кіреукесінің, нукле-ин қышқылдарының, АТФ-тың кейбір ферменттердің құрамына енеді.

Кальций – ұлпалық сұйық, қан құрамында болады, оның иондары көптеген ферменттік процестердің жүруін қамтамасыз етеді, бұлшық ет пен нерв жүйесінің қозғыштығын төмендетіп, жасуша

мембранасының, өтімділігін азайтады, жүрек қызметін реттеуде маңызды қызмет атқарады.

Фосфор – аралық зат алмасу процесінде маңызды рөл атқарады. Оның қатысуымен көмірсулардың фосфорлану процесі жүреді, қанның қышқыл-сілтілік тепе-теңдігі қамтамасыз етіледі, бұлшық еттің жиырылуын қуаттандыратын биохимиялық процестер атқарылады.

Күкірт (мөлшері 0,25% шамасында) – цистеин, цистин, метионин амин қышқылдарының, В дәрумен дәрісі мен кейбір ферменттердің құрамына енеді. Организмде ол креатин, муцин, глютатион, ин-сулин, питуитрин, кофермент А, таурин мен оның туындылары құрамында кездеседі. Бұл элемент жүннің, мүйіздің, құс қауырсыны мен мамығының құрамында көп мөлшерде кездеседі. Ол организмде күкірт қышқылын түзіп, тоқ ішекте түзілетін улы заттарды залалсыздандыруда маңызды қызмет атқарады.

Жасуша құрамында калий да ион түрінде едәуір мөлшерде кездеседі (0,25%). Ол белок синтезін қамтамасыз ететін ферменттердің әрекетін жандандырады, жүрек жұмысын реттеуге қатысады, нерв жүйесі мен бұлшық еттің қозғыштығын төмендетеді, қозу толқынын таратуда, ацетилхолин медиаторын түзуде маңызды рөл атқарады.

Натрий – жасушада тек ион түрінде кездеседі. Ол негізінен дене сұйықтықтарының құрамында болады да, қан мен лимфаның осмостық қысымын реттеуде маңызды рөл атқарады. Натрий буферлік жүйе құрамына еніп, қанның әрекетшіл ортасын реттеуге, қозу процесінің туындап, таралу процесіне қатысады, гормондар синтезіне әсер етеді.

Хлор – организмде теріс зарядты иондар түрінде кездеседі, натрий және калий иондарымен байланыста болады, жасушада қозу процесінің туындауында маңызды рөл атқарады, қарын сөлі құрамындағы тұз қышқылының құрамына енеді.

Магний – жасуша ішінде жинақталатын катион. Ол митохондрияларда шоғырланады, тотықтырғыш фосфорлану процесінің белсендірушісі болып табылады да, қуат алмасуын, ДНК синтезін жандандырады, актин мен миозинді жалғастыратын магнийлі белок комплексінің құрамына еніп, бұлшық еттің жиырылуын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Магний гликолиз процесін реттейтін көптеген ферменттік жүйелердің құрамына енеді, кальцийдің

кереғары болып табылады. Қан құрамында магний мөлшері өссе, нерв жүйесінің қозғыштығы төмендеп, нерв орталықтарының қызметі тежеледі, организмді ұйқы басып, селқостық (апатия) байқалады.

Организмдегі минералды заттардың жалпы мөлшері онша көп емес, дене массасының 3,5-4 пайызы шамасында. Олар организмде жинақталған мөлшеріне қарай макро, микро және ультра элемент-тер болып бөлінеді. Физиологиялық маңызы жоғарыда баяндалып өткен химиялық заттар макроэлементтерді құрайды. Микроэлемент-тер денеде өте аз мөлшерде (103-105 пайыз) кездеседі. Оларға темір, мыс, кобальт, марганец, мырыш, йод, бром, фтор, никель жатады. Ультраэлементтердің (алтын, күміс, селен, радиоактивті элементтер) денеде нышаны ғана болады (106 пайыз және одан да аз).

Микроэлементтер организмнің өсіп даму процесін реттеуде, оның түрлі дерттерге төзімділігін қалыптастыруда маңызды рөл атқарады. Дегенмен, әр микроэлемент белгілі бір қызмет атқарады.

Темір гемоглобиннің, миоглобиннің, тотығу-тотықсыздандыру ферменттері – пероксидаза, каталаза мен биологиялық тотығу процесін жүрізетін цитохромдық ферменттер құрамына енеді. Денеде темір бауырда, көк бауырда, ішектің кілегейлі қабығында ферритин (темірдің гидрат тотығы мен белоктардың қосылысы) түрінде кездеседі. Организмде темір гемосидерин (темірлі пигмент, гемоглобиннің ыдырау өнімі) түрінде де кездеседі. Темірдің бір бөлігі плазма белоктарымен сидерофилин атты қосылыс түзеді. Осы қосылыс түрінде темір организмде тасымалданады. Организмде темір жетіспесе, эритроциттердің түзілуі бұзылып, қан азаяды (анемия).

Мыс – гемокупреин түрінде эритроциттер құрамында болады. Ол кейбір тотығу-тотықсыздандыру ферменттерінің құрамына ене отырып, ұлпалық тыныс процестерінде маңызды рөл атқарады. Мыс қан түзу процесін жақсартады, меланин пигментін түзу үшін қажет. Ол цитохромоксидаза ферментінің белсенділігін күшейтіп, гипофиздің алдыңғы бөлігінің гормондары мен А, В, С, Е, РР дәрумен дәрілерінің әсерін жандандырып, өсіп-өну процесін күшейтеді.

Кобальт – В12 дәрумен дәрісінің құрама бөлігі болғандықтан, қан түзу процесінде маңызды қызмет атқарады. Ол организмдегі ферменттік процестерге, зат алмасу қарқынына, өсу, даму процестеріне жағымды әсер етеді, жүректің, ас қорыту ағзаларының,

нерв жүйесінің, ішкі секреция бездерінің, сүйек кемігінің қызметін жақсартады. Организмде ұйқы безінде, бауырда, бұлшық еттерде жинақталады.

Марганец дененің барлық мүшелері мен ұлпаларының құрамында кездеседі, бірақ сүйекте, бауырда, бүйректе, ұйқы безінде, гипофиз-де көбірек жинақталады. Ол белоктарды ыдырататын ферменттердің құрамына енеді, кейбір тотығу-тотықсыздандыру ферменттерінің белсенділігін арпырады, белоктың, көмірсулардың, майдың алма-суын жандандырады. Марганец организмнің өсіп-дамуына, қанның түзілуіне, сүйектің жетілуіне жағымды ықпал етеді.

Мырыш барлық ұлпаларда кездеседі, карбонаттар, ферментінің, инсулин гормонының құрамына енеді, мырыш тұздары гипофиз, ұйқы безі және жыныс бездері гормондарының белсенділігін арттырып, белоктар мен көмірсулар алмасуын жандандырады.

Йод қалқанша безі гормондарының құрамына енеді, зат алмасу процесін жандандырып, өсу процесін күшейтеді.

Бром гипофиз гормондарының құрамында кездеседі, үлкен ми жарты шарлары жасушаларындағы қозу және тежелу процестерінің туындауын реттейді.

Фтор сүйек пен тіс кіреукесінің құрамына енеді. Ол көптеген ферменттердің әрекетін әлсіретіп, зат алмасу процесін баяулатады, қан құрамындағы кальций мен фосфордың арақатынасына әсер етіп, сүйектің қатаюын шапшандатады. Фтор жетіспесе, тіс кіреукесі бұзылады.

Никель – кейбір ферменттердің белсенділігін күшейтіп, ашу процесін жандандырады, организмде оның мөлшері шамадан артық болса, онда никель көздің қасаң қабағына жинақталып, организм көру қабілетінен айырылады.

Организмде кейбір элементтердің нышаны ғана болады, сондықтан олардың биологиялық мәні әлі толық зерттелмеген. Бұл элементтердің (мышьяк, радий, торий, уран және оның ыдырау өнімдері) зат алмасу процесіне ықпалы болатыны байқалған.

7.6. Биогенді элементтер

Топырақ, ауа, су – тіршілік көзі екендігі белгілі. Ендеше, тіршілікке әсер етуші биогенді элементтер жайындағы ғылыми-

жобалы жұмыстарды өзекті зерттеулердің қатарына жатқызуға болады.

Соңғы жылдарда әлемдік жаһандану үрдісінде табиғатта тепе-теңдік жағдайында сақталып тұрған кейбір химиялық элементтердің адам ағзасында бірден көбейе түсуі және ағза үшін маңызы бар элементтер мөлшерінің кеміп кетуі байқалуда. Химиялық элементтердің барлығы да тиісті мөлшерден артық болса немесе азайып кетсе адам ағзасына кері әсер ететіні анықталған. Химиялық элементтердің табиғатта таралу жағдайларына жасалған зерттеулер бойынша жердің массасының шамамен, 50%-ын оттегі, 25%-дан астамын кремний құрайды. Он сегіз элемент – оттегі, кремний, алюминий, темір, кальций, калий, натрий, магний, сутек, титан, көміртек, хлор, фосфор, күкірт, азот, марганец, фтор, барий – жер массасының 99,8%-ын құраса, ал қалған 0,2%-ы барлық басқа элементтердің үлесіне тиеді.

Элементтердің ағза мен қоршаған ортада әркелкі таралуы олардың сіңірілуіне, табиғи қосылыстардың судағы ерігіштігіне байланысты. Суармалы жерлерден жылына 6 млн.т. тұздар шайылып, жер бетіне таралып отырады. Бұл көрсеткіш жылдар өткен сайын 12 млн. тоннаға дейін артатындығы жайлы ғылыми болжамдар бар.

Кремнийдің, алюминийдің табиғи қосылыстары суда ерімейді, сондықтан олар тірі ағзаларға сіңірілмейді. Тірі жүйелер негізін, ағзаның 97,4%-ын құрайтын элементтер – органогендер: көміртек, сутек, оттегі, азот, күкірт, фосфор (көміртек негізгі органоген). Оттегі пен сутекті көміртектің органикалық қосылыстарының тотығу және тотықсыздандыру қасиеттерін реттеуші ретінде қарастыруға болады. Қалған үш органоген – азот, фосфор, күкірт ферменттердің белсенді ортасын түзушілер. Элементтерді тірі ағзалардағы орташа мөлшеріне қарай үш топқа бөледі:

Макроэлементтер (оттегі, сутек, көміртек, азот, фосфор, күкірт, кальций, магний, натрий және хлор); ағзадағы мөлшері 10%-дан жоғары болады.

Микроэлементтердің (йод, мыс, мышьяк, фтор, бром, стронций, барий, кобальт) ағзадағы мөлшері 10%-15%.

Ультрамикроэлементтер – сынап, алтын, уран, торий, радий және т.б. Олардың ағзадағы мөлшері 15%-дан төмен.

Әртүрлі жасушалар мен ағзалардың түзілуі мен өмір сүруі үшін қажетті элементтер биогенді элементтер болып табылады. Тіршілік

үшін маңыздылығына қарай химиялық элементтерді үш топқа бөледі:

Тіршілікке қажетті элементтер. Олар адам ағзасында үнемі болады және ферменттер, гормондар, дәрумендер құрамына кіреді : H, O, Ca, N, K, P, Na, S, Mg, Cl, C, I, Mn, Cu, Co, Fe, Zn, Mo, V. Олардың жетіспеушілігі адамның қалыпты өмір сүруін бұзады.

Қосымша элементтер. Бұл элементтер жануар мен адам ағзасында болады: Ga, Sb, Sr, Br, F, B, Be, Li, Si, Sn, Cs, Al, Ba, Cl, As, Rb, Pb, Ra, Bi, Cd, Cr, Ni, Ti, Ag, Th, Hg, V, Se. Олардың биологиялық маңызы осы уақытқа дейін толық зерттелмеген.

Өте аз элементтер. Адам және жануар ағзаларынан табылған, мөлшері және биологиялық маңызы белгісіз.

7.7. Ауыр металдар

Топыраққа түскен ауыр металдар негізінде оның беткі қабатында шоғырланады. Топырақта ауыр металдардың арылуы өте баяу. Топырақ қабатынан ауыр металдардың жарты мөлшеріне дейін арылуы Zn үшін – 70-510 жыл, Cd- 13-110 жыл, Cu – 310-1500 жыл, Pb- 740-5900 жыл қажет.

Топырақ қабатындағы осы металдардың, әсіресе жылжымалы түрлерінің маңызы зор. Жылжымалы түрінде ауыр металдардың өсімдікке сіңу немесе суға еріп араласу мүмкіндігі жоғары. Осы себептен топырақ қабатындағы ауыр металдардың уыттылығы осы жылжымалы түрінің мөлшеріне тікелей байланысты. Ауыр металдардың жылжымалы түрлері химиялық реакциялардың салдарынан қиын еритін қосылыстарға айналуы немесе топырақ қалдықтарымен сіңіріліп бекітілуі мүмкін. Керісінше жылжымайтын түріндегі ауыр металдар топырақ қабатындағы ортаның өзгеруіне байланысты жылжымалы түріне өтіп, топырақ ерітіндідегі ауыр металдар мөлшері артады.

Топырақ қабатындағы ауыр металдар:

Топырақтың қатты фазасының құрамындағы берік байланған ауыр металдар;

Топырақтың қатты фазасы құрамындағы ауыр металдардың жылжымалы түрлері;

Топырақ ерітіндідегі ауыр металдар қосылыстары;

Топырақ ауасының құрамындағы ауыр металдар қосылыстары;

Тірі ағзалар құрамында ауыр металдар қосылыстары сияқты негізгі түрлерге бөлінеді.

Топырақтың қатты фазасымен берік байланған ауыр металдарға – біріншілік және екіншілік минералдардың құрамына кіретін химиялық қосылыстар, қиын еритін тұздар, органикалық және орғано-минералды заттар жатады.

Топырақ қатты фазасы құрамындағы ауыр металдардың жылжымалы түрлеріне – топырақтың сіңіру кешініндегі алма-сып ауысуға қабілетті иондарды жатқызады, борпылдақ байланған қосылыстар – жеңіл және орташа еритін тұздар мен кешендер.

Топырақ ерітіндідегі ауыр металл қосылыстарына еркін ион және олардың су және басқа химиялық элементтері молекулары мен иондардың өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болған жылжымалы қосылыстар жатады.

Топырақ ауасында ауыр металдар кейбір газдар түрінде кездесуі мүмкін.

Тірі ағзалар құрамындағы ауыр металдар ең алдымен, микроэлемент түрінде кездеседі, белгілі жағдайларда жоғары мөлшерде ауыр металдар иондарын топтастыру мүмкін.

Техногендік әсері нәтижесінде ауыр металдар негізінде топырақтың жоғары қабатында жиналады. Ал қоршаған ортада тірі ағзаларға қауіп тудыратын ауыр металдарды жылжымалы түрлері болып табылады.

Топырақ қабатындағы ауыр металдардың өзгеруіне, көшіп-кону қасиеттеріне, жылжымалығына төмендегі негізгі факторлар:

топырақтың механикалық құрамы;

топырақтың қышқылдығы (рН көрсеткіші);

топырақтың буферлігі;

органикалық зат мөлшері және тағы басқалар әсер етеді

Топырақтың механикалық құрамы. Ол ауыр металдардың жылжымалығына тікелей әсер етеді. Механикалық құрамы ауырланған сайын топырақ бөлшектері мен жылжымалы түріндегі ауыр металдардың бекітілуі артады.

Топырақтың қышқылдығы. Топырақтың рН көрсеткіші ауыр металдардың жылжымалығына айтарлықтай әсерін тигізеді. Қышқыл ортада (< рН 5,5-6) Pb, Zn, Cu сияқты ауыр металл

иондардың жылжымалығы арта түседі, ал Cd және Co иондары сілтілі (>pH -8) ортада өсімдіктерге жақсы сінеді.

Топырақтың буферлігі. Топырақ жүйесінен топырақ ерітіндідегі микроэлемент қоспаларын белгілі бір кезеңге дейін бір концентрация деңгейінде ұстап тұру қабілеттілігі бар. Топырақтың бұл қасиеті оның құрамындағы қарашірінді, физиологиялық балшық, карбонаттар мен біржарымды тотықтар мөлшеріне және pH көрсеткішіне тығыз байланысты.

8-кесте

Ауыр металдарға қатынасты топырақ буферлігінің жіктелуі (В. Б. Ильин)

Буферлік дәрежесі	Балл саны
өте төмен	10
төмен	11-20
орташа	21-30
көтеріңкі	31-40
жоғары	41-50
өте жоғары	> 50

Топырақтың органикалық заты. Топырақ қабатындағы органикалық зат мөлшері ауыр металдардың жылжымалығына айтарлықтай әсер етеді. Органикалық қалдықтары ауыр металдарды бойына сіңіріп, жылжымалығын төмендетеді және қоршаған ортаның ластануын тежейді.

Е. Шлихтинг (1995) деректері бойынша, 1 кг қарашірінді қышқылдарының құрамында 65000-85000 мг мыс бекітілуі мүмкін.

М. Д. Степановтың (1976) деректері бойынша, қарашірінді заттармен байлануы қабілеттілігі бойынша ауыр металдарды келесі тізбектемемен жіктеуге болады: Zn > Cu > Mn > Mo. Гу-мин қышқылдарымен салыстырғанда фульвоқышқылдарының құрамында сіңірілген ауыр металдардың мөлшері жоғары болып келеді. Қара топырақтан бөлініп алынған 1 кг фульвоқышқылының құрамында 18 мг – молибден (Mo), 175 мг – мыс (Cu), 233 мг – мырыш (Zn), 1047 мг – марганец (Mn) табылған.

**Ауыр металдарға қатынасты топырақ буферлігінің
шкаласы (В. Б. Ильин, 1995)**

Көрсеткіш	Мөлшер шектері	Есептелетін балл саны
1	2	3
Қарашірінді, %	< 1	1
	1,1-2	2
	2,1-4	3,5
	4,1-6	5
	6,1-8	6,5
	8,1-10	8
	< 10	9
Физикалық балшық,%	< 10	2,5
	11-20	5
	21-45	10
	46-60	15
	< 60	20
Біржарымды тотықтар, %	< 1	1
	1,1-2	2,5
	2,1-3	4
	3,1-4	5,5
	4,1-5	7
Карбонаттар, %	< 0,5	1,5
	0,6-1,5	3,5
	1,6-2,5	6,5
	2,6-3,5	9,5
	3,5-4,5	12,5
		15,5
		15,5
Ортаның рН көрсеткіші	5,1-5,5	2,5
	5,6-6,0	5
	6,1-8,5	7,5
	6,6-7,0	10
	7,1-7,5	12,5
		15
		15

Қарашірінді қышқылдары ауыр металдарды бойына жоғары мөлшерде сіңіріп, топырақ қабатында жинақтайтын қойма ролін атқарады.

Топырақтың катион ауыстыру қабілеттілігі. Катион ауыстыру қабілеттілігі топырақ қабатында лай, саз бөлшектерінің мөлшерімен тығыз байланысты. Бұған органикалық зат мөлшерінің аздығы неме-

се көптігі әсер етеді. Лай, саз және органикалық бөлшектердің саны көбейген сайын топырақ қабатындағы үстілік сіңіру алаңы артады, топырақтың ұстап тұру қабілеті жоғарылайды және өсімдіктермен тірі ағзаларға ауыр металдардың сінуі төмендейді. Топырақтың катион ауыстыру қабілеттілігін сипаттайтын топырақ сіңіру кешені болып табылады.

Ауыр металдарды сіңіріп, байлап тастайтын заттарға: силикаттар, алюмосиликаттар, тотықтар, гидрототықтар, минералды тұздар, саз минералдары (каолинит, смектит, иллит, хлорит, вермикулит), карбо-наттар, сульфид, сульфат, хлоридтер, т.б. химикалық қосылыстарды жатқызуға болады.

7.8. Топырақтың радиоактивті элементтері

Топырақтың радиоактивтігі топыраққа табиғи немесе антропогендік жолмен келген радиоактивті элементтерден пайда болады. Ол уақыттың бір мөлшерінде бөлінетін ядро сандарымен белгіленеді. СИ жүйесінде радиоактивтік өлшем беккерельмен өлшенеді ($1\text{Bк}=1\text{с}/\text{бөлшек}$) немесе белсенділіктің тағы бір өлшемі – кюри ($1\text{Ки}=3,7\cdot 10^{10}\text{ Бк}$).

Топырақтың радиоактивтігі негізінен табиғи радиоактивті элементтермен байланысты (ТРЭ). Бұл радиоактивтіктің түрі әрқашанда азды-көпті мөлшерде барлық топырақтарда кездеседі. Олар: біріншісі – топыраққа аналық жыныстармен немесе геохимиялық ағынмен келетін, екінші космогендік (топыраққа атмосферадан келген), яғни ғарыштың сәулелерімен тұрақты элементтер ядроларының қарым-қатынасынан пайда болатын топ болып екі топқа бөлінеді.

1. ТРЭ концентрациясының әлемдік орта мөлшері 1000 Бк/кг ($25\cdot 10^{-9}\text{ Ки/кг}$) белсенділікті құрады, бірақ концентрациясының өзі өте үлкен аралықта өзгеріп тұрады (100 еседен кем болмайды), ал ТРЭ-нің топырақ түзуші жыныстардың **ішіндегі** мөлшеріне байланысты.

2. Топырақтың табиғи радиоактивтігі көбінесе, ауыр металдардың реттік нөмірі «Z»82 радиоизотоптарымен (радионуклеидтермен) байланысты. Бұлар: уранның (басы ^{238}U жартылай бөліну мерзімі $T_{1/2}=4,5\cdot 10^9$ жыл) актинийдің (басы ^{235}U , $T_{1/2}=7,1\cdot 10^8$ жыл) және торийдің (басы ^{232}Th , $T_{1/2}=1,4\cdot 10^{10}$ жыл) сияқты үш туыстықты құрайды. Бұлардың әрқайсысына кезекпен көбінесе, альфа бөлшектер (гелийдің ядросы), кейбіреулері бета және гамма бөлшектерін шығаратын 17, 14, 12 радиоактивті изотоптар кіреді.

Бөлінген ең соңғы заттар – қорғасынның тұрақты изотоптары: ^{206}Pb , ^{207}Pb , ^{208}Pb . Бұлардың арасындағы изотоптар аз уақыт қана болады және олардың пайда болуы аналық радиоизотоптарға байланысты.

Бүлінбеген тау жыныстарында әр туынды радиоактивтігінде тепе-теңдік жағдайы байқалады. Ол кезде барлық туынды мүшелерінің саны бірдей болады. Топырақта радиоактивтік тепе-теңдік сақталмайды, өйткені радиоактивтік туыстық құрайтын түрлі элементтердің миграциялық қасиеттері әртүрлі келеді. Мысалы, әрбір туыстық арасындағы шығатын газ түріндегі радон және оның көп бөлшегі атмосфераға ұшуы мүмкін.

Топырақ түзуші тау жыныстарындағы радиоизотоптардың мөлшерлері көрсетілген.

Уран – табиғи уран ^{234}U (0,0058%), ^{206}U (0,71%) және ^{238}U (99,28%) изотоптарынан тұрады. Уран көптеген тау жыныстарының ішінде кездеседі, ал топырақтарда тұрақты болады. Оның мөлшері, әсіресе, фосфаттарда көп. Сондықтан фосфор тыңайтқыштарында және фосфатты тау жыныстарынан түзілген топырақтарда көп кездеседі.

Радий – жоғары атомдық салмағы бар ^{226}Rd ауыр химиялық элемент. Ол химиялық элементтердің ішінде сілтілі-жер элементтеріне жатады, яғни биофильді кальций магний элементтердің анало-гы. Радийдің ядросы сәулелермен бөлініп, басқа типке айналғанда көп мөлшерде жылу бөліп шығарады. Оны радийлі белсенділік, ал элементтердің өздерін радий белсенділер деп атайды.

10-кесте

Топырақ түзуші тау жыныстары табиғи радиоизотоптарының мөлшері

(В. А. Ковда., Б. Г. Розанов. бойынша)

Тау жыныстары	Концентрация, БК/кг		
	^{40}K	^{232}Th	^{238}U
жер астынан атқылаған			
қышқыл	1100	1000	70
орта	900	40	30
ультранегіздер	180	30	5
шөгінді			
эктастар	110	9	35
карбонаттар		10	32
құмтастар	450	14	23
сланцтар	900	55	55

Торийдің тау жыныстарындағы мөлшері едәуір. Торий топырақта және топырақ өсімдік арасында жылжуы жағынан баяу химиялық элементтерге жатады, бірақ топырақтың жалпы радиоактивтігіне қарағанда, бұл элементті де қоса қараған дұрыс. Торий көптеген химиялық қасиеттерімен уранға ұқсас, сондықтан көбінесе, бір минералдарда кездеседі.

Калий-40 және рубидий-87 – топырақтың радиоактивтігіне үлкен (50%-ге дейін) үлес қосатын және ұзақ уақыт өмір суретін изотоптар, Топырақтағы жалпы калийдің мөлшері белгілі болса, ^{40}K мөлшерін анықтауға болады (K – жалпы калийдің 0,01 18% құрайды). Бұл – барлық табиғи радиоактивтің ішінде кең тараған изотоп. Бұл элементке қарағанда, рубидий-87-нің рөлі аз, өйткені оның жартылай ыдырау мерзімі ұзақ болады.

Көмір-14 және тритий – космогендік радиоизотоптар. Табиғи радиоизотоптардың ішінде топыраққа маңыздысы – көмір-14 және сутегінің өте ауыр изотопы тритий. Бұлар атмосферада ғарыш сәулелері нейрондары мен азот ядросының әрекеттесуімен пайда болатындықтан, топыраққа ауадан түседі, сондықтан да олардың мөлшері тұрақты көлемде болады.

Антропогендік жағдайдан пайда болған радиоактивтік ядролы жарылыс, атом өндірістерінің қалдықтары, т.б. себептермен топыраққа радиоактивтік изотоптарды әкеледі. Атом жарылыстарынан пайда болған радиоактивтік заттар ауамен таралып жауын-шашынмен жерге түсіп, топырақты және табиғи суларды радиоактивтік заттармен ластайды. Антропогендік радиоактивтік изотоптар туралы айтқанда, Қазақстан жерінің басым бөлігінде олардың көп тарағанын ескерткеніміз жөн. Оның басты себебі қазақ жерінде уранның негізгі кендері табылып, Одақ кезіндегі атомдық сынақ жарылыстары да осында жүргізілгені белгілі. Биологиялық айналымға қосылып, жануарлар денесіне, олар арқылы адамның денесіне еніп, жайылып, радиоактивтік сәуле тигізеді.

Ең қауіптісі стронцийдің изотопы (^{90}Sr), цезийдің (^{137}Cs), өйткені олардың жартылай ыдырау уақыты өте ұзақ (Sr - 28 жыл, ^{137}Cs 33 жыл) және олардың сәуле шығару күші үлкен болғандықтан, биологиялық айналымға белсенді қатысады.

Сондықтан бұл изотоптардың топыраққа сіңіру заңдылықтарын, олардың топырақта жылжу тәртібін жақсы білу керек.

Бұл изотоптардың екеуі де топырақтың қатты бөлігіне толық

сіңіріледі, сол себептен 80-90% топырақтың жоғары қабатына жиналады.

Топырақтағы радиоактивтік элементтердің мөлшеріне әсер ететін жағдайдың бірі – топырақ түзілу процесінде аналық тау жынысының өзгеру деңгейі. Мысалы, элювиалды карбонатты жыныстардан түзілген топырақтарда ТРЭ мөлшері, топырақ түзуші басқа жыныстарға карағанда, бірнеше есе көп болады. Себебі топырақ түзілу процесіндегі карбонаттардың үгілулері ТРЭ-нің көбеюіне әкеледі. Топырақ құрамы өзі түзілген жыныстардан айырмашылығы көп болса, топырақтағы және жыныстардағы радиоактивтік элементтердің мөлшерлері өте алшақ болады, мысалы, шымтезекті топырақтарды алсақ, ТРЭ-нің топырақ қабаттарында терендеген сайын өзгеруі топырақ түзілу процесінің ерекшеліктеріне байланысты. Карбонатты топырақтарда жоғарғы гумус қабатында ТРЭ мөлшері жоғары болып, төмендеген сайын азаяды. Күлгіндеу, со-ртандану, балшықтану процестері нәтижесінде ТРЭ элювиалды қабаттарына немесе глей қабаттарына ауысады, оның мөлшері 1,5-3 есе артады. Орманды-дала, кара топырақ, кара қоңыр, жартылай-шөл, шөл топырақтардың қабаттарында ТРЭ-нің таралу тәртібі анық белгіленбейді. Жалпы табиғи радиоактивтік элементтердің топырақ қабаттарында балшықты бөлшектердің және бірлі-жарым тотықтардың таралуымен байланысты.

Соңғы кезде топырақтағы радий мен уранның арасындағы, торий мен уранның арасындағы қатынасты топырақ түзілу процесінің көрсеткіштері ретінде пайдалану керек деген пікір айтылып жүр. Бұл қатынастарды гидроморфті және жартылай гидроморфті топырақтардағы процестерге пайдалануға болады. Басқа топырақтарда бұл көрсеткіштердің өзгеруі анық байқалмайды, ТРЭ топырақтардағы процестерге қатысып, органикалық молекулаларды полимерлеу құбылысына қатысып, топырақтың құрылымын жақсартып алады деген де ойлар бар. Үдыраған радиоактивті сәулелердің реакциялық жоғары белсенділігіне байланысты, сондай құбылыстар өтуі мүмкін деп есептелді. Бірақ та мұндай әдіспен топырақтың құрылымын жақсартудың мүмкін еместігі, оған табиғи радиоактивті элементтердің сәулелерінің дозасы бос радикалдарды құруға жетпейтіндігі дәлелденді. Топырақтың табиғи радиоактивтік қасиетін тау жыныстардың және топырақтардың жасын анықтау үшін пайдаланады. Радиоактивті әдістердің ішінен

уран-қорғасынды, калий-аргонды, рубидий-стронций, радиокөмір тегін пайдаланады. Топырақтың жасын анықтауда радиокөміртекті әдісті қолданады, себебі бұл әдістердің анықтайтын жасы ондаған млн жыл, қай топырақтың болса да жасынан артық.

Қазіргі кездегі топырақтардың жасы бірнеше жүз жылдан (күлгін) бірнеше мың жылдық (қаратопырақ). Яғни көміртегінің айналымы күлгін топырақтарда қаратопыраққа қарағанда тезірек болады.

