

Инж. Сергије ЛОМЕЈКО,
Проф. Универзитета — Сарајево

Динамика хранљивих биљних једињења у земљишту

Савремена педологија даје прилично јасан појам о променама у земљиштима. Ове промене су непрекидне и последице су непрестаних, врло варијабилних, узајамно изукрштених утицаја климатских и метеоролошких чинилаца, као и различитих агротехничких захвата човека. Њихов правац и интензитет условљени су особинама земљишта; наиме: његовим минералашким саставом, степеном структурности, богатством хумусним материјама и хранљивим једињењима и, најзад, развијеношћу и саставом микрофлоре. Али су од свих тих промена најкарактеристичније оне, које се односе на количину хранљивих једињења приступачних биљкама, а које имају упадљиву ритмичност, изразиту периодичност. Њихова периодичност показује се у томе, што се лако растворљива, тј. биљкама доступна једињења главних хранљивих елемената, појављују у земљишту, у извесним периодима, у већој количини, затим се њихова количина постепено смањује у току дужег или краћег времена, често долазећи до трагова, с тим да се поново појаве у приметној количини кроз извесно време.

Природно је да су промене у количини хранљивих елемената различите у различитим типовима земљишта како по карактеру, тако и по интензивности. Најпотпуније су оне претстављене у најплоднијим земљиштима, као у конзервативном чернозему, у плодном структурираном алувијуму, у дубоком, не много киселом земљишту ливадских црница и сл. Зато ћемо их узети за полазну у нашем излагању.

Најбитније особине поменутих земљишта, а нарочито чернозема, јесу: довољан садржај колоидних и глиновитих делића, калцијум-карбоната и хумусних једињења уз довољну пробојност. Као непосредна последица тих и таквих особина ова земљишта су структурна и имају најбоље уравнотежени режим водни, ваздушни, топлотни и хранљивих једињења. Таква су земљишта

способна да дају сталне и прилично високе приносе, понекад чак и врло високе, без додавања минералних ђубрива, али не увек. Зашто је то тако, објашњава проучавање динамике елемената у њима. У том погледу, сада нам је познато следеће.

ДИНАМИКА АЗОТНИХ ЈЕДИЊЕЊА

Сетићемо се пре свега да богатство азотом различитих типова земљишта акад. Д. П р ј а н и ш њ и к о в (19) претставља следећим количинама:

Песковити подзол (врло сиромашан) — — —	1020 кг/ха
Песковита глинуша (средње богата) — — —	3720 кг/ха
Чернозем (богато земљиште) — — — —	10630 кг/ха

У указане количине урачунате су органске и неорганске форме азота, без обзира на њихову тренутну доступност биљкама.

Биљке узимају азот из земљишта претежно у минералном облику и то најчешће као нитратну групу (NO_3), знатно ређе као амонијак (NH_3) и само у врло малим количинама у облику органских једињења — различитих витамина, хормона, антибиотика, аминокиселина и хумусних једињења. Напомињемо да се за поменути органска једињења још дефинитивно не зна да ли их биљка прима као читаве молекуле или узима само активне делове тих молекула, јер сва та једињења доспевају до коренских длачица тек пошто претходно прођу кроз бактериолошки филтар ризосферних бактерија, које као футрола опкољавају сваки и најситнији активни огранак корена, а које нису индиферентне према поменутиим једињењима.

Неорганска азотна једињења у земљишту, међутим, чине веома незнатан део горе наведене резерве азота. Познато је да минерали земљишта скоро не садрже азота; кларк његов у минералима земљине коре износи око 0,04% (29), што је веома мало. Из ваздуха, са оборинама долази у земљиште, како се рачуна, не више од 5 до 10 кг/ха азота годишње (17) углавном амон-нитрата, -нитрита и -карбоната. Осим тога, бактерије азотофиксатори, које слободно живе у земљишту (аероб *Azotobacter* и анаероб *Clostridium*) могу да вежу до 15 кг/ха атмосферског азота (у земљишима неутралне, слабо-киселе или слабо-алкаличне реакције). Ове количине азота лако приступачног биљкама могу да осигурају само оне ниске приносе, које смо имали у предратној Југославији (изузев природно плодна земљишта), што се види из података доле наведене табеле, која показује колико примерно поједине културе отуђују азота из земљишта при малим и великим приносима (кромпир по А. Петербургском — 17, кукуруз по Бекер-Дилингену — 2):

Пшеница принос 12,5 тов. и одговарајућа колич. сламе 64 кг/ха

Пшеница принос 40,0 тов. и одговарајућа количина сламе 104 кг/ха

Кукуруз принос 20,0 тов. и одговарајућа количина кукурузовине 64 кг/ха

Кукуруз принос 50,0 тов. и одговарајућа количина кукурузовине 160 кг/ха

Кромпир принос 60 — 80 тов. и одговарајућа количина циме 25—34 кг/ха

Кромпир принос 300 тов. и одговарајућа количина циме 124,8 кг/ха

Из наведених података види се да постојеће количине минералног азота у земљишту нису довољне ни за стварање у табели указаних ниских приноса. Због тога треба сматрати да одлучујући и скоро искључиви извор биљне азотне хране у земљишту јесу органска једињења, без којих не би смо имали наше стварне приносе, који су често изнад наведених у табели минималних. Органска једињења у земљишту претстављена су у облику биљних остатака разложених у различитом степену. Као биљна храна, азот се појављује у земљишту постепено, у току минерализације тих органских остатака. Процес минерализације протиче у две фазе: у првој се азот органске материје *амонифицира*, у другој се врши *нитрификација* амонијачних једињења из прве фазе.

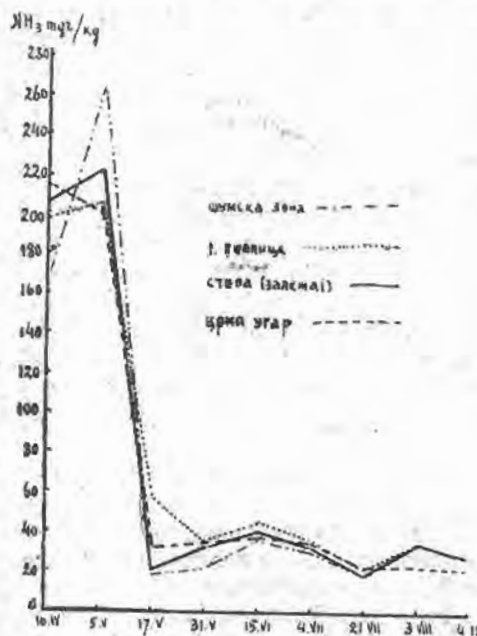
На *амонификацији* органске материје раде веома многобројни и разноврсни претставници земљишне микрофлоре: овде су и *гљивице*, од којих главну улогу играју врсте родова *Trichoderma*, *Mucor* и *Aspergillus*; једне од њих интензивније раде у условима повећане влажности (*Trichoderma*), другим више погодује суво земљиште (*Aspergillus*); оне почињу рад на температури близу 0°C. Осим гљивица, амонификацију врше *бактерије* како аеробе тако и анаеробе (на песковитим земљиштима већу улогу играју *Bact. vulgare* и *Bact. mycoides*, на глинушама *Proteus vulgaris* и др.).

Чињеница да на амонификацији раде аеробни и анаеробни микроорганизми, сведочи да се овај процес одвија мањевише равномјерно, по целој дубини земљишта. Према томе, амонијак се истовремено образује у свима хоризонтима земљишта, где има органске материје. Како је амонијак веома активан, он се као таква не губи из земљишта, него или одмах прави соли са киселинама земљишта, или се апсорбује његовим колоидима, потискујући притоме друге катјоне из апсорптивног комплекса у том реду и катјоне калцијума и калијума. Амонијак се, дакле, налази у земљишту у раствору и апсорбованом стању.

Амонијак се врло лако нитрифицира. Али у условима кад је нитрификација онемогућена или бар знатно отежана, он се нагомилала и у великим количинама — до 300—400 мгр на 1 кг. зе-

мљишта. Ово се дотађа онда, кад је земљиште сувише хладно или влажно. Очеvidно је да су такви услови мањевише редовна појава у пролеће, док је земљиште још хладно и засићено водом. С повећањем температуре количина амонијака отпада и то утолико брже, уколико је температура земљишта ближа 35°C . У нормалним годинама у хоризонту оранице се налази у траговима већ од средине маја. У јеку вегетационог периода он се појављује у приметној количини само у случају јачег захлађења или за време трајнијих кишовитих периода, ако се у земљушту стварју услови анаеробиозиса. Иста појава увек се опажа у току неколико дана по изведеном наводњавању њиве.

Динамика амонијачног азота у земљишту у току читавог вегетационог периода претстављена је на приложеном графикону бр. 1. На њему се види како брзо опада количина амонијака од 200—260 мгр/кг у априлу и почетку маја, до свега 20 мгр у другој половини маја. Незнатно повећање његове количине у месецима јуну и јулу вероватно је последица падања оборина у том периоду и тим опадањима условљене температуре. Најчешће и највише



Динамика амонијака у земљишту

амонијачног азота нагомилава се у киселим, исправним земљиштима (подзоли и оподзољена земљишта), у којима је, благодарећи киселој реакцији, уопште најмање аеробних бактерија, па према томе и бактерија нитрификатора; поред тога, присуство блиског непробојног В-хоризонта (хоризонта таложења) условљава чешће засићавање водом хоризонта оранице, који је жариште нитрификационих процеса.

Нитрификација амонијака је друга фаза минерализације органских азотних једињења у земљишту. Она се врши у две етапе. Најпре се амонијак претвара у нитрит, радом специфичних бактерија (*Nitrosomonas*, *Nitrospira* и др.), у другој етапи нитрит прелази

у нитрат, радом поглавито *Nitrobacter-a*; за разлику од процеса амонификације, процес нитрификације захтева већу температуру. Иако су његове температурне границе прилично широке (од $+5$ до $+55^{\circ}\text{C}$), оптимална температура за њега варира из-

међу 30 и 37°C. Поред указане температуре нитрификација захтева влажност земљишта у границама између 50 и 80% од максималне капиларне влажности.

Нитрификација је процес изразито аеробне природе. То се види већ из тога, што се у њему азот из јако редуциране форме NH_3 претвара у врло оксидисан облик NO_3 . За обезбеђење овог процеса потребна је добра аерација земљишта. Зато је нитрификација најенергичнија у горњем слоју оранице до дубине 10—12 см, што зависи од механичког састава и физичких особина оранице. Нитрификацији подлеже како амонијак земљишног раствора, тако и онај који је сорбиран апсорпционим комплексом земљишта.

Азот у облику нитрата више се не задржава у земљишту, он је мобилан, те се из њега лако испере. На тај начин земљишни апсорптивни комплекс, изгубивши раније катјон калцијума потиснутог амонијум-катјоном, сада губи и амонијак, на чије место најчешће долази H^+ -јон земљишног раствора, што условљава закисељавање земљишта. Зато додавање чак и мањих количина креча довољно утиче скоро на свако земљиште, док је калцификација у вези са хумизацијом нарочито ефикасна на киселим земљиштима, јер снажно повећава интензитет нитрификације.

Карактеристично је да се нитрати никад не нагомилавају у земљушту у великој количини, маколико је нитрификација интензивна, њихова количина у ораници обично не превазилази 100 мгр на 1 кг земљишта; само у добро негованом црном угару они могу понекад да се накупе до 200 мгр. Постоји више разлога за објашњење ове чињенице; наиме:

1. Нитрати су најподеснији облик азотне хране за биљке, нарочито у земљиштима неутралне и киселе реакције. Биљке их толико брзо асимилирају, да се они констатују само у траговима у активном слоју земљишта у жеку вегетације. При нешто бујнијем развићу биљака њихове потребе у азоту биле би мање више задовољене ако би се нитрати стварали у земљишту са несмањеном интензивношћу у току читавог вегетационог периода. Али у пракси услови за интензивнију и трајну нитрификацију ретко кад постоје;

2. Микроорганизми земљишта вежу нитрате за своје потребе исто тако енергично, као што и биљке. Иако је ово везивање привремено, јер се азот везани на овој начин враћа земљишту по изумирању бактерија и распадању њихових телашаца, ипак ово везивање осетно смањује хранивни нитратни фонд земљишта баш онда, кад су нитрати најпотребнији биљкама;

3. У условима анаеробиозиса нитрати се лако редукују у нитрите и амонијак, радом бактерија, редуктора. Ова се појава ретко догађа у горњем, аерираном хоризонту оранице (горњих 10 см.), али она је све чешћа уколико ова једињења пониру у анаеробни хоризонт;

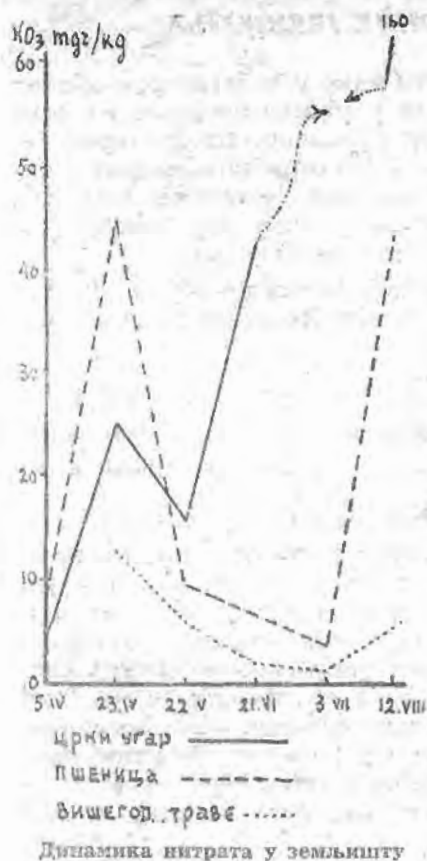
4. У извесни условима нитрати могу да се денитрифицирају радом специфичних бактерија — денитрификатора, при чему се онда азот губи у молекуларном облику (*Bact. denitrificans*, *Bact. fluorescens*, *Bact. Stutzeri* и др.). Ово се најчешће дешава на тешким, глиновитим, слабо аерираним земљиштима при рН испод 6,0 или изнад 8,2 и при ђубрењу недовољно прегорелим, сламистим стајњаком;

5. Нитрати се делом редукују до молекуларног азота при бактеријалној оксидацији азотасте киселине, кад се, с једне стране, образује азотна киселина, док се, с друге појављује и извесна количина молекуларног азота и аминокиселина (најчешће у хумусним земљиштима);

6. Најзад, нитрати се лако испирају из активног слоја земљишта у дубље хоризонте, те постају недоступни биљкама. Иако се такво испирање опажа на свима земљиштима, јер нитрате земљиште не апсорбује, нарочито је оно интензивно на пробојним, песковитим, скелетоидним и плитким земљиштима. Исто тако, испирање је веома значајно на земљиштима под наводњавањем, што је друга штетна особина њихова, поред тога што свако наводњавање потпуно прекида процес нитрификације на извесно време.

Горе изложеном треба додати да усевне биљке, док су младе, те још немају развијен коренов систем, а за већи део културних биљака то је баш мај месец ни издалека не могу да искористићавају ону велику количину нитрата која се у земљишту ствара у то време, услед чега се већи део ових соли непродуктивно губи из оранице испирањем, као и то да је читав низ других чинилаца у стању, како смо видели, да јако укочи процес образовања нитрата, па чак га и сасвим заустави (опадање температуре, засићење земљишта водом и сл.). Свако, пак, смањивање интензивности нитрификације, као и немогућност стварања већих резерви хранива у земљишту, оставља усевне биљке без довољно азотне хране у одлучујућим фазама вегетације са одговарајућим последицама на жетвеним приносима. Из изложеног се намеће закључак да добијање стално високих приноса не може да се планира ни на природној плодности земљишта богатих хумусом, нити на примени само стајског, односно органских ђубрива, тј. ослањајући се на процес природне нитрификације — за постизање стабилних високих приноса обично ђубрење органским основним ђубривима мора бити комбиновано са додавањем довољне количине минералних азотних ђубрива.

Графикон бр. 2, показује динамику нитрата у земљушту под различитим културама (под вишегодишњим травама, под црним угаром и под шумом). На графикону, пре свега, пада у очи да у



Динамика нитрата у земљишту

пролећним месецима нитрата скоро нема ни у једној њиви, а у таквим условима ствара се и нагомилава амонијак. Тек се са повећањем температуре земљишта почиње процес нитрификације, који постаје утолико интензивнији, уколико је земљиште топлије.

Чињеница да земљиште нема нитрата у пролећним месецима је од великог значаја. Уопште појачана азотна исхрана је нарочито важна да се добију јаке младе биљке; специјално за озиме усеве азот у рано пролеће је веома потребан ради регенерације ткива и органа оштећених за време зиме. Отсуство природних нитрата, као најподесније хране, у овој фази вегетације налаже прихрањивање усева минералним нитратима. Али је такво прихрањивање увек скопчано са великим губицима додатих нитрата испирањем, јер биљке, како то показују многобројна новија истраживања, тешко примају азот из хладног земљишта (4—5 пута слабије, него обично) (31).

Нитрификација почиње најраније на њиви под црним угаром, јер се ово земљиште брже загрева. Из графика се види да је у угареном земљишту и нагомилавање нитрата највеће. То је последица тога, што црни угар није покривен биљкама које би асимилирале нитрате, а нема ни једног испирања, јер растресито земљиште добро задржава воду.

Најмање нитрата је у земљишту под вишегодишњим травама. Траве за своју вегетацију стално узимају скоро сву количину ових соли, колико их се ствара у слоју оранице.

Образовање нитрата често се смањује у јулу и августу; то је последица, или веће количине оборина у ово доба године, или је резултат сушења земљишта у јеку ових најтоплијих месеца вегетационе сезоне, што све смањује интензитет нитрификационог процеса. Са опадањем температуре пред крај вегетационог периода, интензивност овог процеса опада све наглије, док се са наступањем мразева потпуно не угаси.

ДИНАМИКА ФОСФОРНИХ ЈЕДИЊЕЊА

Фосфор се налази у земљишту како у неорганском облику — у стаству минерала и стена или у облику неорганских соли фосфорних киселина, тако и у облику разноврсних органских једињења. Биљке га примају поглавито као соли ортофосфорне киселине, која чини само један део његових једињења. Глобална количина фосфора никад није велика у земљишту, она је још мања за његове форме које су приступачне биљкама.

Д. П р ј а н и ш њ и к о в процењује богатство земљишта фосфором (без обзира на њихову доступност биљкама) следећим подацима:

Сиромашни (песковити) подзоли — — — —	1700 кг/ха
Песковита глинуша (средње богата) — — — —	2830 кг/ха
Чернозем (богато земљиште) — — — —	6020 кг/ха

Количина фосфора се, са дубином по правилу, смањује.

Основне резерве и примарни извор фосфора у земљишту су фосфати оних минерала и стена, чијим је распадањем постало дотично земљиште. Кларк фосфора у минералима земљине коре је свега 0,1; само поједине стене имају га до највише 1,3% (диабаз). Он је у стене уметнут у облику микроскопски ситних кристала (микролита) минерала апатита опкољених силикатним оклопом. Овај фосфор постаје доступан биљкама само после физичког и хемиског распадања стена. Овај процес, међутим, иако је непрекидан, али је веома дуготрајан и, очигледно, не може да задовољи потребе биљака, нарочито кад су у питању велике жетве.

Други део резерве фосфора у земљишту претстављен је органским једињењима. Фосфор се из органске материје ослобађа у облику фитина, лецитина, фосфатида и нуклеотида. Фитин, лецитини и фосфатида се лако минерализују и зато се никада не опажају у земљишту у већој количини. Нуклеотиди се минерализују знатно теже, пошто су веома отпорни према деловању микроорганизама; ипак је минерализација њиховог фосфора непоредиво бржа од активације апатита из стена и минерала.

Што се тиче односа између неорганског и органског фосфора у земљишту, — о томе постоји низ аналитичких података, који се прилично слажу. Једни наводе да се у земљишту налази од 30 до 70% фосфора органског порекла од целокупне његове количине (Стоцкиј, Гречањинов, Таранов и др.); други указују да категорија органских фосфата нерастворљивих у киселинама износи од 20 до 65% (Ф. Чириков, 30); најзад, трећи рачунају да овај фосфор чини приближно 50% од његове целокупне резерве у земљишту (М. Егоров, 12). Ј. Стокласа, на основу проучавања броја бактерија у земљишту и просечног садржаја фо-



сфора у њиховим телашцама, мисли да само микрофлора у хоризонту носи у себи око 14% земљишне резерве фосфорне киселине.

Земљиште садржи врло велики број најразличитијих фосфорних једињења, која су веома различите растворености, па дакле и различите приступачности за поједине групе биљака. Важност фосфора за исхрану биљака и његов скоро редован недостатак налаже да се води рачуна о свакој категорији његових једињења у земљишту. За нас је он чак и драгоцен, пошто немамо сировина за производњу његових ђубрива и то нас приморава да се са режимом његових једињења у земљишту упознамо детаљније.

Једињења фосфора у земљишту нису сталне природе, него прелазе из једног облика у други, у зависности од земљишних процеса, односно од промена његове влажности, температуре, интензивности и типа микробиолошких процеса, степена аерираности, као и примењене агротехнике.

Ортофосфорна киселина, која даје највећи део фосфата погодних за исхрану биљака, јесте троатомна киселина и као таква прави 3 типа соли: моно-, ди- и триметалне соли. У земљишту се углавном стварају соли оних катјона, који у њему увек постоје; то су: K, Na и NH₄ од једновалентних, Ca, Mg, а у извесним случајевима и Fe²⁺, од двовалентних и Fe³⁺ и Al од тровалентних катјона. Према томе, фосфорна киселина као троатомна само са 3 поменутих катјона може да прави 24 једињења (соли).

Што се тиче растворљивости поменутих соли, дакле њихове доступности биљкама, све соли алкалних (једновалентних) катјона су лако растворљиве. Од њих су амонијачне соли најмање стабилне, јер се амонијак брзо нитрифицира, те његово место заузима неки други катјон.

Од катјона земноалкалних (двовалентних) метала (Ca и Mg) само су мометалне соли лако растворљиве и погодне за биљке, само су једињења са Fe: мало подесна, услед токсичности двовалентног гвожђа. Двометалне соли Ca и Mg су слабо растворљиве у води (СаНРО₄ раствара се у количини 0,16 гр, док MgНРО₄ у количини 3 гр на 1 литар воде); ипак је физиолошка активност ових соли велика, јер се оне лако растварају у слабо киселој средини, напр. у води, која садржи CO₂, а то значи да се оне лако растварају и у земљишној води, јер ова увек садржи извесну количину CO₂; осим тога и коренске длачице биљака луче киселе екстрете, помажући превођењу ових соли у раствор.

Трометалне соли ортофосфорне киселине су практично нерастворљиве, али се оне постепено растварају у земљишној води, уколико је она богата са CO₂; тако напр., трикалцијумфосфат у води засићеној са CO₂ раствара се у количини 4,2%, док тримагнезијумфосфат са 45%, при чему је растварање утолико брже, уколико је већа иситњеност соли и већи степен измешаности са

земљиштем. Треба нагласити да ортофосфорна киселина таложена у земљишту у облику триметалне соли са Ca, Mg и Fe... ипак није потпуно изгубљена за биљке; ове соли, ако су настале у земљишту, знатно се лакше реактивишу, у поређењу са истим солима додатим са стране. У овом случају игра улогу, како мономолекуларни облик талога, тако и његова свежина, јер се талог утолико теже реактивише, уколико је старији.

У нашем кратком прегледу нису, наравно, обухваћене све соли ортофосфорне киселине, које она прави у земљишту, као што су, напр, соли са органским радикалима — алкохолима, шећерима и сл.; ове соли се не налазе, у већој количини, у земљишту, али се зато увек у њему појављују и претстављају веома подесну биљну храну, задржавајући растворљивост дуже времена (Са-гликофосфат, Са-глицерофосфат и сл.).

Од фосфорних ђубрива, која се највише примењују у пољопривредној пракси, најрастворенији је суперфосфат (обичан и двојни). Он се често препоручује за земљишта различитих типова, као најрастворљивији фосфат, па, према томе, то је најприступачније ђубриво за све усевне биљке. Међутим, ни њега биљке не могу да користе потпуно, јер он веома брзо ретроградира, прелазећи у тежерастворљив, па и нерастворљив облик. Ф. Чириков (30) говори да се количина P_2O_5 суперфосфата, која се раствара у води са CO_2 смањује од тренутка његовог мешања са сваким земљиштем (на песковитим земљиштима смањивање достиже до 80%, на глиновитим до 67%).

При употреби суперфосфата обично се на њивама могу констатовати његове громуљице знатно после извршеног ђубрења. Анализе показују да ове громуљице садрже до 80% неискоришћеног фосфата, који се већ претворио у потпуно неприступачан облик (10). Па и специјална истраживања посвећена проучавању искоришћавања суперфосфата у земљишту дају коефицијенте искоришћавања од 15 до 20% (на њивама) до 40% (у судовима) (25).

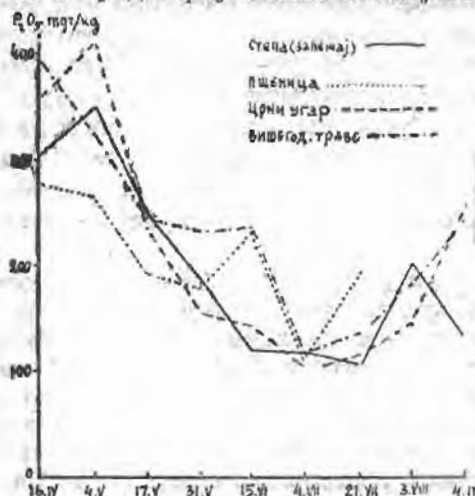
Ретроградација растворљиве фосфорне киселине догађа се у свима земљиштима. Главни чиниоци овог процеса јесу катјони Ca и Mg, који делују у границама pH од 6,5 до изнад 7,0 и катјона Al и Fe, који играју главну улогу при pH испод 6,5. Егоров (1936) тврди да сви поменути јони у погледу фосфора делују у истом смислу и, очигледно, у сваком дотичном случају првенство остаје за оним јоном који је енергичнији, а ово пре свега зависи од његове количине у активном облику. У већем броју случајева првенство остаје за Са-јоном, због тога што се у природи чешће опажа преовлађивање растворљивог у води Са-бикарбоната у земљишту (12). Што се, пак, тиче наших прилика, код нас, очигледно, главна улога припада јонима Al и Fe, који у нашим киселим земљиштима несумњиво преовлађују над јонима Са и Mg.

Проучавања и анализе последњих деценија показују, међутим, да ретроградација растворљиве фосфорне киселине још никако не значи да је она потпуно елиминисана из земљишта као храниво. Читав низ радова доказује да се суперфосфат ретроградиран Са-, Al- или Fe-јоном поново активизира и то у случају Al у влажном земљишту, нарочито по уношењу у њега органског или физиолошки киселог минералног ђубрива, у случају таложења Fe-јоном — по калцификацији земљишта. Тврди се чак да у одређеним условима биљке боље искоришћују Al-фосфат, него Са-фосфате.

А. Санфурш и Ј. Хенри (23), В. Ратје и др. су дошли до закључка да се трикалцијумфосфат, коме је највише инкриминисана инертност у земљиштима богатим кречом, уопште не образује из суперфосфата у земљишту у присуству воде, него се уствари у тим условима таложи мешавина дикалцијум-фосфата и хидроксиланатита; ова мешавина само ствара утисак да се у земљишту таложи трикалцијумфосфат. Међутим, како је познато, дикалцијумфосфат је слабо растворљив и важи као фосфорно ђубриво. Буашо (3) са своје стране налази да се у кречном земљишту таложи колоидни фосфат, чија хемиска структура стоји између ди- и трикалцијумфосфата и да, као такав, он дуго остаје у земљишту, постепено прелазећи у земљишни раствор. Само трајна висока летња температура, у вези са недостатком воде, знатно убрзава прелаз такве комплексне форме фосфата у заиста нерастворљив облик (овде је појава убрзаног старења колоидног раствора и коагела, која је позната из колоидне хемије; сматра се да приликом старења аморфни талог прелази у кристало-ласто стање).

Систематске хемиске анализе пружиле су извесну слику динамике фосфора, коју овде дајемо у облику графикона бр. 3. Из графикона се види да је свако земљиште најбогатије приступачним фосфором у пролећним месецима (III—IV — почетак V); од почетка маја количина растворљивог фосфора стално опада, достижући минимум у другој половини јула, кад поново почиње да расте, што се наставља све до уласка у зиму. Многобројни аутори наводе овај облик кривуље, објашњавајући такву њену форму биолошком сорпцијом фосфора, која је заиста највећа у периоду кад га је најмање у земљишном раствору. Али, графикон показује да се иста правиност опажа и у земљишту под црним угаром, где би биолошко везивање фосфора требало да буде неупоредиво слабије, него у земљиштима под усевним биљкама. Зато, не поричући важност биолошког везивања у понашању фосфора, изгледа да је исправније сматрати да је појављивање растворљиве фосфорне киселине више последица промене влажности земљишта. Зависност количине растворљивих фосфата од степена влажности земљишта М. Егоров (12) убедљиво илуструје резулта-

тима огледа на различитим типолоима земљишта постављених у СССР ради проучавања ове појаве.



Динамика фосфора (P₂O₅) у земљишту

не киселине, него и са стварањем веће количине органских и неорганских киселина, које са своје стране активирају и извесну количину ретроградираног фосфора.

Микрофлора земљишта игра ванредну улогу у активирању тешко растворљивих фосфата. А. К л е ч е т о в (4) о томе већ говори у удбенику ратарства. Он наводи да у процесу мобилизације фосфора нарочити значај имају оне бактерије, које продукују већу количину киселина (бактерије нитрификатори, сумпорне бактерије, као и оне које издвајају CO₂ сирћетну, бутерну, оксалну и друге киселине). С. Б а з а р е в с к и је, инокудирајући земљиште смешом таквих микроорганизама, утврдио да се на тај начин мобилише (преводи се у растворљиво стање) до 71,36% инертне резерве земљишног трикалцијумфосфата и до 72% фосфора из коштанога брашна, док је у стерилном земљишту у истим огледима (у контролном огледу) активизирано највише 8% од фосфора поменутих ђубрива. Присуство растворљивих угљених хидрата и довољне количине органске материје нарочито је повољно утицало на интензивност описаног процеса. Сад се почело са израдом специјалног бактеријалног ђубрива ф о с ф о р о б а к т е р и ј а на које интензивира мобилизацију мртве резерве фосфата у земљишту. То је смеша најактивнијих врста и раса специфичних бактерија. Ово ђубриво је нарочито ефикасно на хумусним земљиштима. (13, 22)

бактерија. Ово ђубриво је нарочито ефикасно на хумусним земљишта ферментима, који растављају органофосфорна једи-

Одавно је опажено да се количина приступачна биљкама фосфорне киселине увек повећава при повећању влажности земљишта, после трајније суше. Несумњиво је да летња суша јако редуцира микрофлору земљишта; многи микроорганизми при том изумиру. При поновном, пак, повећању влажности земљишта настаје бурна минерализација њихових телашаца са ослобађањем извесне количине лако растворљивих фосфата. Осим тога, са повећањем влажности поново се интензивира процес минерализације хумусних материја земљишта, који је везан, не само са ослобађањем фосфор-

њења. Ови ферменти (глицерофосфатаза, лецитаза, нуклеаза, фи-таза и др-) играју значајну улогу у процесу мобилизације фосфор-не киселине из биљних остатака.

При свем том фосфорна киселина, која се појављује у земљишту као резултат горе описаних процеса, поново се и веома брзо веже са катјонима земљишног раствора, а нарочито са Са, Fe и Al и то је узрок што и најрастворљивија једињења фосфора биљке искоришћују у веома (релативно) малом постотку.

Са проблемом динамике фосфора у земљишту, везан је и проблем његове покретљивости, односно способности за премештање. Опште познато је да је фосфор један од најнепокретљивијих елемената у земљишту. Томе доприноси и лакоћа с којом ретроградирају његова и најрастворљивија једињења, као и снага с којом га апсорбује земљиште. Разлика у гледиштима на његову покретљивост ипак постоји. Тако га једни сматрају толико непокретним у земљишту, да тврде да га биљни корен не може да узима ако је удаљен од њега за 3 см (Ф. Ч и р и к о в, 1956); други указују да се фосфатни раствори могу помицати и до 30 см у дубину, нарочито на пробјним земљиштима, али, истовремено, признају да се и у овим случајевима већи део P_2O_5 фиксира у оном слоју земљишта у који је унесен (С. Г е д и к е, 8).

Резимирајући резултате многобројних проучавања овог проблема, Г. Д а в т ј а н (10) закључује да покретљивост P_2O_5 зависи пре свега од особина самог фосфорног ђубрива (уколико је теже растворљиво, утолико је непокретљивије). У другом реду његова покретљивост зависи од особина земљишта; наиме: од његовог механичког састава, његове пробојности, реакције и хемиског састава; најзад, од великог значаја је водни режим земљишта. Конкретно, по подацима Стефенсона и Чепмена (24) испирање фосфора практично се не опажа у глиновитим, тешким земљиштима.

Ф. Х е к (28) повезује могућност испирања P_2O_5 са присуством катјона Са, Al и Fe и разликује, обзиром на њих, 4 степена пропустљивости: 1 Активност Са је мало, активност Fe и Al много — образује се тешко растворљив и тешко покретљив $FePO_4$;

2. — Земљиште је кисело са много Al-катјона — P_2O_5 фиксира се као уморено покретљив $AlPO_4$;

3. — Земљиште је песковито са мало Са, Fe и Al-јона — фосфор је лако покретљив и може да се испире;

4. — Активност Са је довољно, Al и Fe-јона је мало — главна маса фосфора прелази у облик $Ca_3/PO_4/2$, који је слабо растворљив и непокретан.

Е. У н г е р е р (27) је већ одавно указао на веома интензивну фиксацију фосфата оксидом титана (TiO_2).

Што се тиче утицаја влажности земљишта, у том погледу преовлађује да се растворљиви фосфати могу испирати само гра-витационом водом (понирљивом водом).

Из горе изложеног може се извести закључак да главну улогу у премештању фосфата игра тип земљишта: у конзервативним, богатим кречом земљиштима покретљивост фосфата је знатно мања, него на земљиштима киселе деструкције, нарочито на оним слабо киселе реакције, у чијим растворима нема довољно Са-бикарбоната, али нема ни много Al и Fe-јона. Међутим, треба усвојити мишљење да помицање фосфатних једињења није велико ни на одстојању од 30 см, јер то значи да се у току једне године P_2O_5 ђубрива може преместити из хоризонта оранице у најближи подоранични, који ипак стоји на располагању скоро свима усевним биљкама.

Фосфате дубљих хоризоната одлично искоришћавају биљке из фам. легуминоза, чији дубокоходни корен има велику асимилациону способност; после изумирања ове биљке остављају у ораничном хоризонту извесну количину фосфора извученог из дубљих хоризоната земљишта. На тај начин лептирасте биљке обогаћују ораницу фосфором, који је недоступан биљкама другог типа храћења. Други део фосфора асимилираног из дубљих хоризоната легуминозе враћају ораницу у облику стајског ђубрива. Нарочита вредност у том погледу претстављају биљке са нарочито великом способношћу асимилације фосфора из тешко растворљивих једињења (лупине, хељда, слачица и сл.).

У земљишту се, међутим, одигравају и такви процеси, који воде губитку овог важног елемента за дужи период времена. Један од њих описао је В. В и л а м с (6) као његову трајну инактивацију у оподзољеним земљиштима. По његовом објављењу фосфати испрани из горњег хоризонта, таложу се у хоризонтима АВ и В, где истовремено испадају и волуминозни талози апокрената; органска материја ових талоба обавија талог фосфата и штити га од даљег растварања и искоришћавања биљака. Са временом ови талози толико остаре, да постају неповратни, бар без радикалне промене физичко-хемијских услова у хоризонту где су таложени. Досадашњи огледи говоре да се њихов фосфор ипак може активирати изоравањем поменутих АВ и В хоризоната на површину земљишта, интензивном аерацијом и обилним ђубрењем органским и минералним ђубривима.

Други процес који води губитку фосфора, одиграва се у анаеробном хоризонту сваког земљишта, где деловањем извесних бактерија редукција фосфата иде до образовања фосфорасте киселине, па чак и фосфина, који су, поред осталог, и веома токсични за биљке.

Најзад, треба потсетити и на то да велике количине фосфата лако и брзо имобилизују микроорганизми земљишта, нарочито ако је земљиште једнострано богато азотом. Додуше, ова имобилизација носи привремен карактер, јер се овај фосфор ослобађа по изумирању и минерализацији њихових телашаца у наредним вегетационим периодима.

ДИНАМИКА КАЛИЈУМА

Садржај калијума у земној атмосфери, хидросфери и до сада истраженом делу литосфере Кларк и Уошингтон (29) процењују са 2, 27% тј. 25 пута више него фосфора и скоро 60 пута више него азота. Он је саставни део многих врло проширених минерала, као што су напр. фелспата, који чини 59,5% стена површинског дела земљине коре, а садржи до 16,9% K_2O , лискуна (са хлоритом и талком) који улазе у састав земљине коре са око 13% и садржи од 6 до 12% K_2O , нефелина и леуцита, који су саставни делови многих дубинских алкалних лава и који често покривају велике површине земље итд. Према томе, свако земљиште потенцијално садржи калијум у знатно већој количини, у поређењу са другим елементима. Али, у поменутих стенама калијум је у облику силиката, који се веома тешко раствара у оним слабиим киселинама које су својствене земљишту, па је стога неприступачан биљкама.

Д. Прјанишињиков за калијум наводи да га имају (слој од 20 см.):

Подзоли — — — — — — — — —	15.000 кг/ха
Песковите глинуше — — — — — — — — —	42.500 кг/ха
Черноземни — — — — — — — — —	68.600 кг/ха

Само органогена земљишта су врло сиромашна овим елементом; тако напр., у тресетиштима га има од 500 до 5000 кг/ха (од 0,03 до 0,3%).

За разлику од фосфора и азота, количина калијума у земљишту не мора да се смањује са дубином. Али, од указаних огромних количина активни калијум сачињава само 10—20%.

Све соли калијума, изузев силиката, лако су растворљиве, те све могу да служе за исхрану биљака. Али, као растворљиве, оне могу да се испирају. Испирање није велико; Герлах (9) наводи да се оне испирају у количини до 29 кг/ха (креч у истим условима до 370 кг/ха). Узрок слабијег испирања калијума је у томе, што га брзо и снажно апсорбују земљишни колоиди; баш због тога је његово испирање најјаче на песковитим земљиштима.

Иако калијума има врло много у ораничном хоризонту земљишта, ипак га је довољно само за осредњу пољопривредну продукцију; чак и на најбољим земљиштима (черноземима). А. Пјатенко (21) већ је 1928 године тврдио да често гајење шећерне репе доводи черноземе до осетног осиромашења овим елементом. Слично и убедљиво сведочанство дао је В. Тјулин (26) у 1948 год. Од типова земљишта највише физиолошки активног калијума садрже сива полупустињска земљишта, па чернозем, затим шумска земљишта, подзоли и, најзад, органогена земљишта.

Резерве калијума претстављене у земљи детритусом минерала и стена постепено се активирају деловањем земљишних ки-

селина и микрофлоре. У задње време су из састава микрофлоре издвојене нарочито активне расе силикатних бактерија, које зарађују силикату и сматра се да ће ђубриво, спремно од њих, бити веома погодно за пољопривреду (22).

Воднорастворљивог калијума земљиште често нема у довољној количини. Биљке се за своју исхрану користе углавном атсорбованим калијумом. Снага, којом се К-јони атсорбују земљишним колоидима, варира према димензијама колоидних честица, при чему значајну улогу игра хемиска сродност К-јона и атсорбента. Према снази атсорпције разликују се К-јони који се лако супституишу и они који се тешко размењују са другим катјонима. Јони, који се супституишу релативно лако, лако се размењују са другим катјонима који се масовно појављују у земљишном раствору напр., Na-јони при уношењу у земљиште чилске шалитре, NH₄-јони при давању амонијачних ђубрива, Са-јони при калцификацији итд.). Све напред изложено налази се у потпуној сагласности са закључком Ф. Чиркова (1956): да калијум сорбиран зеолитима земљишта није приступачан биљкама, ако се у земљишном раствору не појављују (масовно) други катјони.

Сорпцију јона способних за супституцију врше колоиди димензије око 0,002 мм и крупнији. Колоиди мањих димензија сорбирају К-јоне са знатно већом снагом, која отежава, па и онемогућује супституцију. Осим величине и количине колоидних честица, снага атсорпције зависи и од особина колоида. Тако напр., утврђено је да каолинит, као колоид глине, скоро не фиксира калијум, док га монтморилонит сорбира са великом снагом и у много већој количини. Ову разлику између њих у односу према калијуму објашњавају тиме, што каолинит сорбира С-јоне само спољном површином своје кристалizacione решетке, док монтморилонит и спољном и унутрашњом. Одавно позната појава трајне фиксације калијума земљиштем при сушењу може бити објашњена тиме, што сушење, повећавајући концентрацију К-соли у земљишту, истовремено појачава дифузију К-јона у поре кристалizacione решетке монтморилонита. Али се интензитет фиксације смањује при повећању киселости земљишта. Систематско ђубрење калијевим ђубривима, као и заоравање ових ђубрива на дубину где се влажност много не мења, исто тако смањује фиксацију калијума.

Утрошене резерве водно-растворљивог калијума попуњавају се за рачун супституционо-атсорбованог; утрошене, пак, резерве овог, попуњавају се постепено за рачун фиксираних, иако веома споро. Међутим, како је то показала А. Маслова (15), попуна се најлакше врши за рачун калијума из лискуна (нарочито биотита); главну улогу при томе играју честице лискуна мање од 0,01 мм.

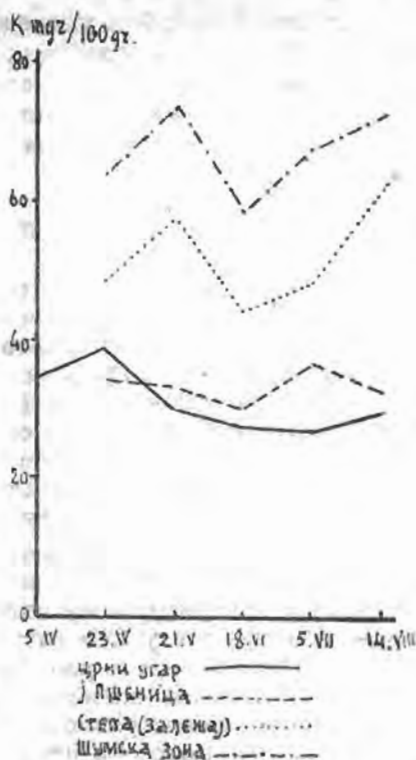
Проучавање динамике калијума у току вегетационог периода на различитим типовима земљишта и под различитим усев-

ним биљкама, чије резултате претставља приложени графикон бр. 4, показује да активног калијума има много у пролећним месецима; затим се његова количина смањује упоредо са вегетативним развићем биљака. После, пак, потпуног развића асимилационе површине биљака, његова количина поново расте у земљишту.

Повећање количине калијума у земљишту, после потпуног развића биљака, објашњава се, пре свега, престанком његове потрошње од стране биљака и настављеним постепеним прелажењем у раствор слабије адсорбованих К-јона из адсорпционог комплекса. Осим тога, од момента потпуног вегетативног развића биљака, нагло се повећава могућност спирања калијума с биљака сваким таласом падавина. О количини спирања калијума из живих биљних органа сведочи оглед с шећерном репом у Холандији (А. Петербургски, 1957): „... после 18-часовне кише плантација, која је имала 1675 кг. старог лишћа, изгубила је спирањем око 20% пепела, скоро 50% калијума и до 10% калцијума“. Овај калијум одмах повећава његову резерву у земљишту.

Из графикона се види да је апсолутна количина калијума највећа у шумским земљиштима и у земљиштима под дутогодишњим залежајем — под шумом услед енергичнијег распадања земљишних силиката проузрокованог деловањем кренове киселине; под залежајем — услед акумулације свих хранљивих елемената у горњем хоризонту земљишта.

Мора се још приметити да је динамика калијума до сада веома слабо проучена и разрађена. То је последица компликованости његовог квантитативног одређивања (старим методама), а истовремено, вероватно, и услед мањег интересовања привреде овим елементом до задњег времена, јер су доскора културне биљке заузимале богатија, плоднија — везанија — земљишта, која су, по правилу, издашно снабдевена калијумом. Интерес према



Динамика калијума (K_2O) у земљишту

њему почео је да расте упоредо са све већим гајењем повртарских култура и култура калијевих биљака (кромпира, репе и сл.), које су, с једне стране, велики потрошачи овог елемента, с друге, пак, заузимају т зв. повртарска земљишта — растресита, оцедљивија, из којих се он лакше испере.

КАЛИЈУМ

Динамика калцијума је добро позната из педологије. Он се у земљишту налази поглавито у облику силиката, карбоната и сулфата. Из састава силиката он се издваја непрекидно, али веома споро, упоредо са разарањем минерала. Иако количина таквог калцијума није велика, она је, вероватно, сасвим довољна да подмири потребе биљака, што се види на примеру оподзољених земљишта, из којих је карбонатни калцијум већ испран, па се биљке ипак развијају нормално, ако се земљиште редовно ђубри азотом, фосфором и калцијумом.

Други облик калцијума је карбонатни. Он је најактивнији у земљишту, нарочито ако земљиште има довољно хумусних материја, које продукују већу количину CO_2 у току бактеријалне минерализације. Овај CO_2 претвара нерастворљив Са-карбонат у Са-бикарбонат, чија је растворљивост у води знатно већа. Са-бикарбонат је веома активан: у облику раствора он прожима земљиште мањевише равномерно и том приликом засићује земљишне киселине; његов Са-јон потискује Н-јон из апсорптивног комплекса и сам стаје на његово место, смањујући киселост земљишта; он згрушава земљиште неорганске и органске колоиде, стимулирајући прве да се спајају у примарне структурне агрегате, а затим и у структурне елементе земљишта, а условљавајући праменасто згрушавање других, образује у земљишту резерву благог хумуса (базичног). Благо хумус, поред тога што се јавља као издашан извор биљне хране, још стабилизује структурне елементе земљишта. Са-јон бикарбоната се лако једини са моно — Са — фосфатом (суперфосфатом) брзо претварајући га у ди — и три-Са-фосфат (ретроградира фосфорну киселину).

Калцијум — бикарбонат, као растворљив, подлеже испирању у доње хоризонте земљишта, те постаје елиминисан из процеса ораничног хоризонта. Интензивност испирања М. Герлах (9) процењује се са 266 кг/ха годишње, док је Ј. Стокласа за Чехословачку наводи око 700 кг/ха. А. Петербургски (17) пише да је чернозем (Мироновско огледно поље) за 20 година систематског ђубрења физиолошки киселим ђубривима изгубио калцијума и магнезијума око 17% од њихове првобитне количине. Биљке из фам. лигуминоза, које су познате као велики потрошачи калцијума, враћају натраг, у оранични хоризонт, извесну количину испраног калцијума. Враћена количина може би-

ти и веома замашна, ако гајење ових биљака носи систематски карактер, а као објект за гајење узимају се дугогодишње врсте са дубокоходним кореном (црвена детелина, луцерка, еспарзета и сл.).

Калцијум-карбонат лако прелази у облик бикарбоната у присуству довољне количине CO_2 и воде, али се исто тако лако враћа у облик креча кад се земљиште суши или се његова температура повећава.

У слабокарбонатним земљиштима (осим песковитих) калцијум је сорбиран, али се лако супституише. Може се рачунати да садржај таквог калцијума износи у различитим типовима земљишта (слој 0-20 см) по 1 ха: у чернозему око 45 тона, у деградираном чернозему око 16 тона, у оподзољеној суглини око 3,5 тоне и у оподзољеном песковитом земљишту око 0,7 тона.

Магнезијум. Динамика магнезијума је слична калцијевој. Али, треба имати у виду да га земљиште има знатно мање него калцијума, док га биљке троше више. Рачува се да количина апсорбованог магнезијума, који учествује у супституционим реакцијама, износи приближно око 25% од количине Са-јона у земљиштима типа чернозема, 15—20 у оподзољеним земљиштима и 5—10% у песковитим подзолима. По А. Петербургском (17) указаних 5—10% чине одприлике 0,5—2,5 мгр на 100 гр земљишта, док га усевне биљке за нормално развиће требају од 0,8-2,0 мгр. Према томе, у песковитим земљиштима често га недостаје.

Соли магнезијума, уопште узевши, растворљивије су у поређењу са калцијумовим, па се и лакше испирају: њихова се испирљивост знатно повећава ако се земљиште ђубри физиолошким киселим ђубривима. На таквим теренима обично не помаже ни калцификација, те се место ње мора примењивати доломитизација. У овим условима препоручљива је, такође, употреба калијевих ђубрива, само не у облику хлорида, него пречишћених соли калијита, карналита, лангбейнита (калмага), који садрже и магнезијум.

Улога магнезијума у земљишним процесима је знатно ограничена у поређењу са калцијумом.

Сумпор. Сумпор је у горњим хоризонтима земљишта претстављен претежно органским једињењима (до 90%). У дубљим, анаеробним слојевима он се јавља као сулфид. Пошто је сумпор везан углавном са органском материјом (са хумусом), то његов садржај мало опада са дубином.

Деловањем бактерија минерализатора сумпор органске материје претвара се у сумпорводоник, који је токсичан за биљке, али он убрзо нестаје јер га сумпорне бактерије претварају у облик минералног сумпора, који се затим деловањем тиобактерија оксидише у сумпорну киселину; ова, са катјонима земљишног раствора, ствара сулфате. Описани процес трансформације сумпора носи назив сулфофикације. Истраживање динамике овог

процеса испољила су упадљиви паралелизам динамике сумпора са динамиком нитрата у земљишту.

Треба указати на чињеницу, да се оксидацијом сумпора у земљишту ствара сумпорна киселина, која, пре него што се неутралише-прелазећи у сулфате, раствара многа нерастворљива земљишна једињења и минерале, преводећи их, на тај начин, у облик приступачан биљкама. Уношење органске материје у земљиште увек интензивира процес сулфофикације.

Сумпор постаје динамичнији у добро аерираном земљишту уз умерену влажност. У земљиштима, пак, која су претерано влажна, појављује се његова недовољно оксидисана једињења, тоскична за биљке.

Недостатак сумпора може да се осећа на слабо хумозним земљиштима, нарочито на песковитим, чији садржај азота не превазилази 100 кг/ха. Биљке које захтевају много овог елемента често страдају од његовог недостатка баш на таквим теренима (легуминозе, крсташице, лукови и сл.).

ДИНАМИКА МИКРОЕЛЕМЕНАТА

Динамика микроелемената је до сада проучена врло слабо, али су већ утврђене извесне правилности, које пружају могућност да се унапред предвиди кад се, на каквим земљиштима и у каквим условима, може очекивати недостатак овог или оног микроелемената за усевне биљке. Овде ћемо се укратко задржати само на најважнијим од таквих елемената.

Гвожђе. Уопште говорећи, свако земљиште (са врло ретким изузецима, као што су, напр., земљишта на силикатном песку, на креди и сл.) садржи велику количину овог елемента; његов кларк у земљишној кори износи 4,16%. Али је оно слабо покретљиво, слабо приступачно биљкама, јер је у већини случајева претстављено у облику једињења где је тровалентно. Природно је да у таквим случајевима биљке могу да осећају његов недостатак, нарочито ако у исто време влада суша. Овај случај је нарочито чест на земљиштима богатим кречом, добро аерираним и са малим садржајем хумуса.

На киселим, увек влажним и тешко пробојним земљиштима гвожђе делом прелази у двовалентну форму, која је растворљива. Двовалентно гвожђе је тоскично за биљке, оне могу да пате од повећане концентрације феро-јона.

За нормално снабдевање биљка гвожђем потребно је да земљиште буде добро аерирано, а у исто време и оптимално влажно, тј. да сарджи довољну количину гвожђа у тровалентном облику и увек извесну количину двовалентног, приступачног биљкама. Таквим условима највише одговарају структурна земљишта са довољно органске материје (хумуса) у процесу минерализације. Кисела реакција земљишта, при којој гвожђе постаје

тоскично, мора да се сузбија калцификацијом. У случајевима, кад се сумња на недостатак овог елемента, препоручује се прскање биљака слабирм растворима његових соли.

Манган. И овај елемент се налази у сваком земљишту у довољној количини. Квартарони (по О Верона, 5) наводи да је у земљиштима Италије он заступљен у количини од 0,1 до 0,5 гр/кг, П. Власјук (7) даје сличне податке за земљиште у СССР.

Манган је претстављен у земљиштима у облику соли различитих киселина. Највише га има у најгорњем, хумусном слоју; у неорганском делу земљишта најбогатија им је колоидна фракција. Његова покретљивост зависи од тога у каквој форми се налази. Најрастворљивије су његове соли у којима је он двовалентан; сувишак таквих соли може да се појави у киселим земљиштима и може бити штетан за биљке (како је познато у биљкама мора да постоји одређен однос између Fe и Mn и то отприлике 1 : 1,5-2,5 у корист Fe).

У земљиштима неутралне и слабоалкалне реакције манган се налази у тровалентном облику. Овај манган је знатно мање покретљив и зато теже приступачан биљкама. На таквим теренима биљке, по правилу, већ позитивно реагују на додавање овог елемента прскањем или ђубрењем). Међутим, при чешћим преоравањима земљишта сиромашним манганом, соли тровалентног Mn имају способност да прелазе у соли четворовалентног уз деловање светлости; соли четворовалентног Mn нису растворљиве у води. Претварање соли тро- и четворо-валентног Mn у двовалентне постиже се применом физиолошки киселих ђубрива или издашнијим ђубрењем органском материјом (стајњаком или зелеништем).

Растворљив облик мангана може да се испире из пробојних земљишта и да лако прелази у нерасворљив, неактиван облик у кречним земљиштима. У таквим случајевима биљке осећају његов недостатак. Случајеви његовог недостатка су прилично чести, услед чега усевне биљке често позитивно реагују на додавање мањих количина овог елемента, чак и прскањем (1,18).

Треба указати, најзад, и на то да га има у довољној количини у Томасовом брашну.

Бор. Овај елемент налази се у продуктима распадања минерала и стена, који су се таложиле у негдашњим морима (црвена дубоководна глина, многи шкриљци и сл.), много га има и у природним солима, које се примењују као ђубрива (напр., калијеве соли, чилска шалитра итд.); количина бора у њима достиже од 0,05 до 1,0%. Указане количине су више него довољне за подмирење потреба биљака. Али из тог следи, да ако га земљиште није имало од самог постанка (напр., ако је оно постало на граниту, гнајсу и другим сличним примарним стенама сиромашним у бору), оно га никад неће имати у довољној количини, ако се не

ђубри ђубривима која га садрже. Мало бора имају и оподзољена земљишта, захваљујући испирању горњих хоризоната. Нарочито критично стање у таквим земљиштима настаје после њихове калцификације. Инактивација бора у овом случају објашњава се наглим развијем микрофлоре (услед калцификације), која брзо асимилује оне мале количине овог елемента, које још постаје у тим земљиштима.

У свим сличним условима биљке повољно реагују на прскање слабирм растворима борних соли. У приморским крајевима извесна количина овог елемента долази у земљиште са атмосферским талозима (до 25 гр/ха годишње) (По А. Петербурск о м, 17).

Цинк се у земљишту налази као резерва у облику силиката и хумата. Ослобођен од радикала поменутих киселина, он лако прелази у облик сулфата. Цинк се снажно апсорбује колоидима земљишта, али се исто тако лако и испира из активног слоја земљишта, услед чега се његов недостатак највише осећа у влажним годинама и на пробојнијим теренима (пескушама) подзолима, осушеним тресетиштима, где је везан у органској материји. Рачуна се да је земљиште довољно снабдевано овим елементом, ако га садржи у количини изнад 5 мгр на 1 кг. Да се задовољи потребе биљака довољно је да се оне прскају са 0,05%-ним раствором његове соли (обично сулфатом) 1—2 пута у току вегетације (11).

Бакар је у земљишту претстављен углавном као бакарни сулфат, базични карбонат и као тешко растворљиви хумат. Обично га има у довољној количини, али у алкаличним земљиштима (која су, по правилу, увек добро аерирана) он је у неактивном облику; из пробојних, пак, земљишта он је испран. Нема га ни у оним земљиштима, која су постала од продуката распадања етена, које га нису имале (гранити, гнајси и сл.). Природно су сиромашна овим елементом органогена земљишта, као што су земљишта осушених тресетишта, органогена барска, богата органском материјом црна ливадска земљишта, као и дубоки пекскови алувијуми због њихове лаке оцедљивости.

Биљке добро усвајају бакар из раствора приликом прскања надземних делова; у том циљу може се применити обична бордовска чорба мање концентрације, (16).

Молибден. За овај елемент је карактеристично да се он налази у земљишту у стању велике дисперзије, али га има скоро у свим земљиштима. Његов недостатак може да се осећа само у случају кад је он претстављен у нерастворљивом облику. Динамика његова још је веома слабо проучена, ипак већ знамо да калцификација земљишта знатно помаже његовој мобилизацији. По О. Кедров-Зихману калцификација киселих земљишта повећава количину молибдена растворљивог у води за око 50%. Значајан је извор овог елемента суперфосфат при ђубрењу њива већом количином, као и фосфоритно брашно.

Литература

1. Авдонин Н. — Подкормка сельскохозяйственных растений, Москва, 1954.
2. Becker-Dillingen J. — Handbuch des Getreidebaues, 1927.
3. Botschot. — Contribution à l'étude de réactions du superphosphate dans les sols calcaire. Ann. Agronom., с. 1, 1934.
4. Вербин А., Квасников В., Клечетов А., Чижевский М. — Земледелие, Москва, 1956.
5. Verona O. — Nutrizione e malattie nelle piante coltivate, 2. Ediz., Pisa, 1949.
6. Вильямс В., акад. — Почвоведение, V изд., Москва, 1946.
7. Власюк П. — Обоснование плана широкого применения марганцевых отходов на удобрение сельскохозяйственных растений. Сборник „Применение микроудобрений“, Москва, 1941.
8. Gedicke S. — Die Bewegung der Phosphorsäure im Boden. Zeitschr. f. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk., s. A., N. 3—4, 1932.
9. Gerlach M. — Landwirtschaft. Versuchsstat., Bd. XLVI, 1896.
10. Давтян Г. — Фосфорный режим почв Армении, Ереван, 1946.
11. Добролюбовский О. — Некорневое питание растений микроэлементами, Природа, в. 10, 1956.
12. Егоров М. — К вопросу о балансе фосфора в севообороте. Сборник „Удобрения в севообороте“, в. 2, Москва, 1936.
13. Заев П., Жежель Н., Федосеева М. — Общее земледелие, Москва, 1957.
14. Лазарев А. — Динамика подвижных соединений азота, фосфора и калия в обыкновенных черноземах Каменной Степи. Сборник „Вопросы травопольной системы земледелия“, Москва, 1953.
15. Маслова А. — Калий как элемент почвенного плодородия. Ленинградское отд. Всесоюз. Инст. Удобр. и Агрехим., Ленинград, 1938.
16. Окулицы М. — Влияние меди на фотосинтез и дыхание растений. Докл. Акад. Наук СССР, т. 54, кн. 8, 1946.
17. Петербургский А. — Корневое питание растений, Москва, 1957.
18. Применение удобрений, Сборник, Москва, 1958.
19. Прялишников Д., акад. — Агрехимия, Москва, 1936.
20. Прялишников Д., акад. — Избранные работы, т. III — Агрехимия, Москва, 1952.
21. Пятенко А. — К вопросу калийного истощения черноземов. Труды Мироновской опытно-селекц. станции, в. III, 1928.
22. Рубенчик Л. — Бактериальные удобрения, Микробиология, в. 2, т. XXV, 1956.
23. Sanfourche A. — Les engrais phosphatés, Paris, 1947.
24. Stephenson R. a Chapman H. — Phosphate penetration in field soils. Journ. of the Amer. Soc. of Agricult., vol. 23, N. 10, 1931.
25. Тодоровић Д. — Опыт ратарства, Београд, 1948.
26. Тюлин В. — Эффективность удобрений на обыкновенных черноземах, Сов. Агрехимия, в. 12, 1948.
27. Ungerer E. — Die Festlegung der Phosphorsäure durch Titan — IV — охуц. Zeitschr. f. pflanzern., Düng. u. Bodenk., Bd. 21, N. 3—4, 1931.
28. Heck A. — Phosphate fixation and penetration in Soils. Soil Sci., v. 37, N. 5, 1934.
29. Clarke F. W. — The data of Geochemistry. U. S. Geolog. Survey, Bull., 1924.
30. Чириков Ф. — Агрехимия калия и фосфора, Москва, 1956.
31. Штраусберг Д. — Влияние температуры на использование растениями питательных элементов. Труды совещ. о меч. атомах, 1955, Москва.