

SZEMLE

A nyersfoszfátos trágyaerjesztés jelentősége és a szervesanyag szerepe a növények foszforellátásában

Köztudomású, hogy az ipari szervesstrágya termelés nagy szervesstrágya tömegeket nem tud produkálni, miután a komposztáláshoz szükséges szerves hulladék csak korlátozott mértékben áll rendelkezésre. Ez a körülmény a kutatásnak irányt szab, amelynek eszerint elsősorban az a feladata, hogy minél gazdaságosabb módját dolgozza ki a szervesstrágyák készítésének, vagyis a hiányzó szerves tömeget a minőséggel pótolja. Ebben a vonatkozásban van jelentősége a nyersfoszfátos trágyaerjesztésnek, amellyel egyrészt a szervesstrágyák hatását, minőségét akarjuk növelni, másrészt a nyersfoszfátokban lévő foszforkészletet, a költséges ipari eljárás kikapcsolásával, közvetlenül akarjuk a növények számára hasznosíthatóvá tenni.

A nyersfoszfátos trágyaerjesztés problémája, a nyersfoszfátok foszforkészletének közvetlen hasznosítása, szorosan kapcsolódik az agrokémiai kutatás egyik legrégebb és talán legtöbbet kutatott súlyponti kérdéséhez, a „foszforkérdéshez”, amely — Ballenegger professzor szavait idézve — „a kutatók légióit foglalkoztatta” és foglalkoztatja még ma is. A magyar irodalomban két kitérő összefoglalás tárgyalja e rendkívül sokoldalú téma eddigi eredményeit korábban Finály [14] később Ballenegger [2] ismertetésében. E munkák azonban nem tárgyalják a foszfor mobilitásában fontos szerepet betöltő „humáthatást” ezért úgy gondolom nem lesz érdektelen, ha e jelenséggel is foglalkozunk, a nyersfoszfátos trágyaerjesztés kérdésével kapcsolatban.

A foszforkérdés rövid áttekintése

A talaj állandóan változó és alakuló anyag. E változások olyanok, hogy mindig valamilyen egyensúlyi helyzet alakul ki, amely meghatározza a felvehető, illetve oldatban lévő tápanyagok mennyiségét. Ha a talaj összetétele, illetve az egyensúlyt meghatározó tényezők olyanok, hogy az egyensúlyi állapotban a növények számára elegendő oldható tápanyag áll rendelkezésre, akkor a növény táplálkozása zavartalan. Kialakulhat azonban olyan kedvezőtlen egyen-

súlyi állapot is, amikor a növény nem tud elegendő felvehető tápanyaghoz jutni.

A három legfontosabb tápanyag (KPN) közül a foszfor mozgékonyága a legkisebb. Ennek oka az, hogy a talajban mindig vannak olyan kationok (Ca, Fe, Al), amelyek a foszfát-ionokkal nehezen oldódó foszfátokká alakulnak és ezért a talajoldat foszfát-ion tartalma igen kicsi, Ballenegger [2] irodalmi szemléje szerint 1 liter talajoldatban $\frac{1}{2}$ —2 mg. Ez a mennyiség a növények foszforellátását csak akkor biztosíthatja, ha folyton megújul. A trágyával bevitt oldható foszfor jelentékeny része is csakhamar oldhatatlanná válik, ami akadályozza az ásványi foszfortrágyák jó kihasználását.

Amíg a nitrogén dinamikája a talajban főképp biológiai tényezők függvénye, addig a foszforvegyületek átalakulását, a biológiai tényezőkön kívül erősen befolyásolják a kémiai, fizikai-kémiai és a kolloidkémiai tényezők is. A foszfátok oldódásához illetve a foszfát-ionok oldatban maradásához több tényező kedvező együttműködése szükséges.

A hazai kutatás főképpen Kreybig [21—24] munkássága alapján, a múltban igen nagy jelentőséget tulajdonított a foszfor dinamikájában a biológiai tényezőknek. A kémiai tényezőknek azonban legalább akkora a szerepük mint a biológiai tényezőknek. A biológiai tényezők általában közvetve fejtik ki hatásukat, amennyiben szerves és szerves savakat termelnek, vagy olyan szervesanyagokat, amelyek azután valamilyen kémiai mechanizmussal felszabadítják a foszforsavat, esetleg kismolekulájú, kationokkal ki nem csapható szervesfoszfátok is keletkezhetnek.

A humáthatás

A foszforvegyületek dinamikáját befolyásoló egyik kémiai tényező a humáthatás.

A humáthatás a növények foszforellátása szempontjából két jelenségben nyilvánul meg:

1. Gátolja az oldatban lévő foszfát-ionok kicsapódását (stabilizáló hatás).

2. Elősegíti a nehezen oldódó és oldhatatlan foszforvegyületek oldódását.

Annak ellenére, hogy a humáthatást régen felismerték, a legújabb időkig kevés figyelmet szenteltek e jelenségnek.

Flieg [15] egy régebbi dolgozatában arról tesz említést, hogy a humáteffektust van Bemmelen már 1890-ben világosan felismerte, s már a szántó föld összetételével foglalkozó munkájában írja, hogy a humusz ammóniákos, vagy alkalikus oldatában a foszforsav oldatban maradhat. Hasonlóképpen Mack [28] 1922-ben megjelent dolgozatában azt írja, valószínű, hogy a talajban humátok és szabad hidroxil-ionok jelenlétében, oldható humát-foszfor komplex képződik. Demolon [6] 1934-ben megjelent munkájában a talaj-foszfor oldódását organikus sók anion hatásának tulajdonítja és különbséget tesz „aktív” és „inaktív” anionok között. Az előbbieket elősegítik, az utóbbiak indifferensek, vagy gátolják a foszfor oldatba jutását. Szerinte a humin savmaradék az aktív anionokhoz tartozik. A magyar szakirodalomban első ízben Kuthy [25] mutatott rá arra, hogy a huminsavak a kalciumfoszfátok oldhatóságát, s így értékesülését is emelik.

Mint e régebbi vélemények bizonyítják, elég korán felismerték, hogy a huminsavaknak és a talaj szervesanyagainak valamilyen szerepe van a talaj foszforvegyületeinek mozgásában. E véleményeket azonban megbízható kísérleti adatokkal nem támasztották alá és így azokat kellő figyelemre nem is méltatták. A régebbi uralkodó nézetek szerint a huminsavaknak általában nem tulajdonítottak szerepet sem a foszfát-ion oldatban tartásában, sem a nehezen oldódó foszfátok foszforsavának felszabadításában.

Behatóan vizsgálja és számszerű adatokkal is alátámasztja a humáthatást és annak gyakorlati jelentőségére is rámutat Flieg [15] 1935-ben megjelent dolgozata. Flieg vizsgálatait azért végezte, hogy tanulmányozza a barnaszén porának alkalmasságát a termőtalajok javítására. Úgy vélte, hogy a barnaszén magas huminsavtartalmánál fogva, a talaj foszforkészletének mobilizálására, a felvehető foszfor növelésére alkalmas.

Flieg vizsgálatait mindkét irányban végezte. Tanulmányozta a humát védőhatását a foszfátoldatokra és a humát feltáró hatását. Vizsgálataihoz minden esetben a barnaszénből ammóniával nyert oldatot használta, amelyből előzőleg a huminsavakat nem vonta ki, így azok természetesen sok idegen és szervesanyagot is tartalmaztak.

Kísérleti eredményei a következők: A humát-szol a vizsgált pH területén belül képes megakadályozni az oldatban lévő foszfát-ionok kalciumsóval történő kicsapását.

Megállapította azt is, hogy ha humátot kever a talajba, a talajon átszivárgott víz több foszfort tartalmaz, mint humát nélkül.

Flieg egész sor felület-aktív organikus anyag-al is végez kísérletet és megállapítja, hogy egyesek nagyobb mértékben gátolják a foszfát-ion kicsapódását, mint a humát. De azt is megállapítja, hogy ez nem a felület-aktivitásnak tulajdonítható, hanem az organikus sav-komponens hatása, mert aniont nem szolgáltató organikus anyagoknak (pl. szaponin) nincs hatása. Ez Demolon felfogását igazolja, amely szerint anion-hatással van dolgunk. Ennek ellenére Flieg maga sem fogadja el kizárólag anion-hatásnak ezt a jelenséget.

Ugyancsak pozitív eredménnyel jártak Flieg nyersfoszfátokkal végzett rázási és szivárgó víz kísérletei is. Ezekben is a barnaszén ammóniákkal kezelt oldatát használta, mint ammónium-humátot. Az ammónium-humáton kívül kísérleteket végzett Na és K humáttal is. Az eredményekből azt a következtetést vonta le, hogy a humát-effektus a talajban nem mindig tiszta anion-hatás, mivel némely esetben a Na-humát az ammónium-humátot felülmúlta a foszfát-oldó hatásban. Flieg kísérleteiben a pH-viszonyok azt mutatták, hogy a humáthatás neutrális és gyengén lúgos közegben is mutatkozik, vagyis nem csupán savhatásról van szó.

Flieg ezekből a kísérleteiből azt a következtetést vonja le, hogy a humáteffektus, mint foszfor mobilizáló hatás, természetesen következik be a talajban, ha a termésmaradványok organikus nitrogén vegyületeiből, vagy a szerves trágyákból, intermedier ammóniából képződik.

Fölös méz jelenlétében a humát-szol nem állandósul, mivel kalciumhumát képződik. A humáteffektus csak akkor érvényesül, ha az ammónium vagy alkali humát képződésének feltételei adva vannak, nevezetesen ammónia közvetlen bevezetésével, vagy ha jelen vannak lassan NH_3 -at szolgáltató, vagy alkálit képző anyagok.

Flieg után Kappen és társainak jelent meg nagyobb tanulmánya [18, 19] a humáthatásról. Kappen kísérleteit ugyancsak barnaszénből előállított huminsavval végezte: a huminsavat azonban káliumhidroxiddal oldotta ki, egyébként Flieggel azonos módszerrel készített humátoldatokkal dolgozik. A vizsgálatokhoz 0,5 0/100-es és 2,0 0/100-es humátoldatokat használt. A vizsgált foszfátoknak a humát minden esetben emelte az oldékonyságát.

Figyelemreméltó azonban, hogy a különböző foszfátok nem egyformán viselkedtek. A nyersfoszfátnál pl. az időtényező ellenkező értelemben hatott, mint a dikalcium- és olvasztott-foszfátnál. Legnagyobb volt az oldékonyság az első félórában, azután csökkent. A dikalcium- és olvasztott-foszfátnál ezzel szemben a humát-behatás időtartamának növekedésével a foszfát oldhatóság is növekedett.

Az eddigiekkel ellentétes kísérleti megállapítása is volt Kappennek. A dikalcium-foszfát tiszta vizes oldatának foszfortartalmát a hozzá-

adott humát kismértékben csökkentette. Lehet, hogy ebben az esetben a foszfát-ion koncentráció csökkenését a humátok vastartalma okozta.

Kappen kísérleteiben a reakció-viszonyok a következőképpen hatottak a humát-oldhatóságra. Mind savanyú területen, mind 7 pH fölött, a humát pozitíven hatott, növelte a foszfátok oldódását. Savanyú területen, csökkenő pH érték mellett, növekedett a humátoldhatóság, míg alkalikus területen, 7,40—9,48 között, az oldott foszfát-ion mennyisége nagyjából állandó. A neutrális pont alatt a pH, a foszfátokkal történt rázás után növekedett, amit Kappen azzal magyaráz, hogy savanyú humátoldatban már szabad huminsavak is résztvesznek a reakcióban a foszfátokkal való rázás után és ezek telítődése okozza a pH növekedését. Kappen csak az alkalikus közegben, 7 pH felett mutatkozó oldhatást tekinti tiszta humáthatásnak, tehát ahol már savhatás nem játszik szerepet az oldódásban.

A hőmérséklet-változás a következőképpen befolyásolta a humát-oldhatóságot. Dikalcium-foszfátnál és olvasztott foszfátnál a hőmérséklet emelkedés 20-ról 50 °C-ra növelte az oldhatóságot, 80 °C-on azonban visszaesett az oldhatóság. Nyersfoszfátnál 20 és 80 °C között határozott oldékonyságváltozás nem állapítható meg.

Meg kell jegyezni, hogy a hőmérséklet befolyását Kappen csak 7 pH alatti humátoldatban vizsgálta, amely oldatban meg van a lehetősége annak, hogy magasabb hőmérsékleten a humát kicsapódik, ami hozzájárulhat az oldhatóság csökkentéséhez. Ez magyarázatul szolgálhat az általa 80 °C-on észlelt oldhatóság-csökkenésnek.

Kappen, Flieg-gel ellentétben, nem tapasztalta a Na-humát kiemelkedő oldó hatását. Kappen kísérleteiből azt állapította meg, hogy bár a K, Na és NH_4 -humátoldhatása csak alig különbözik egymástól, mégis az ammonium-humát valamivel több foszfort old ki, mint a Na-humát és az oldható ammonium-humát, káliumhumát, nátriumhumát sorrendben csökken.

Kappen megvizsgálta, hogy a humáthatás mutatkozik-e Ca-humát jelenlétében, miután a legtöbb talajban a huminsav, Ca-humát formájában van jelen. A kísérletei azt mutatták, hogy ha alkálinitrát, de még inkább ammonium-nitrát van jelen, akkor a humát foszfátoldó hatása érvényesül. Kappen kísérleteiben tehát kétségtelenül az ammoniumsó az, amely legnagyobb mértékben váltja ki a humáteffektust.

Az ammoniumsó savanyú reakciójának része van az oldhatóság előidézésében, de amint Kappen megállapítja, nem kizárólagosan, mert az ammoniumsó akkor is növeli az oldhatóságot a vízoldhatósággal szemben — bár valamivel kisebb mértékben — ha azt gyengén alkálissá tesszük. Kappen kielégítő magyarázatot nem ad a jelenségre.

Gyakorlati szempontból jelentős még Kappennek az a megállapítása, hogy a magas mésztar-

talom gátolja a humát-hatást, továbbá, hogy a humáthatás negatív, ha a foszfát alumíniumhoz, vagy vashoz van kötve. A vas és alumínium-foszfát vízoldhatóságát a humátoldat csökkentette.

Flieg és Kappen vizsgálatai a lényeges kérdésekre kiterjednek, de a problémát nem tisztázzák. Kifogásolható, hogy a vizsgálatokhoz használt humátok előállításának módszere nem szolgáltatott megfelelő tisztaságú huminsavakat. Kísérleteiknél sem a talaj, sem a trágya huminsavainak viselkedését nem vizsgálták. A humátok előállítását sem végzik kellő pontossággal, a humátok lúg-egyenértékének megállapításával. A lúg-egyenérték figyelembevételével tájékozódhatunk arról, milyen mértékben szerepel a reakcióban a tiszta huminsav.

Megemlítem még a saját tájékoztató jellegű vizsgálataimat is [35], amelyeket 1947-ben végeztem. Ezekben a vizsgálatokban főzgeből nyert K és NH_4 humátot, valamint amidált főzge hatását vizsgáltam a foszforit, Thomas-foszfát és rhenánia-foszfát oldhatóságára. E kísérletekben határozott és jól felismerhető pozitív humáthatást tapasztaltam.

Az újabb időkben Döring [12] állapít meg pozitív humáthatást a kola-apatitnál, amely ebből a szempontból a legnehezebben feltárható foszfátokhoz tartozik. Szintén csak tájékoztató jellegű ez a kísérlet, mert ő a gyakorlati hasznosítás tanulmányozását tűzi ki célul. Döring főzgeből nyert és többszörös kicsapással tisztított huminsavval dolgozik, amelyet ammoniával erősen meglúgosít. A kísérlet olyan alkalikus közegben végzi (kezdeti pH = 8,8), amely az istállótrágya erjesztésénél lehetséges.

Az ammonium-humát hatást, ammonium-oxaláttal, mint mészlecsapóanyaggal hasonlítja össze. A humáthatás csak hat heti állás után mutatkozik erőteljesen, és a 13. héten még növekedett. A kezdeti magas pH-érték a kísérlet végén erősen csökken, hat hét múlva 7,6, 13 hét múlva pH = 6,8. A megfigyelés egyezik azzal, amit Kappen is tapasztalt, ha a kezdeti pH 7 felett van.

Eszerint a pH változás iránya a humáthatás lefolyása alatt attól függ, hogy a kezdeti pH savanyú, vagy alkalikus területen van-e. Ha a kezdeti pH 7 alatt van, a pH változás növekvő, ha a kezdeti pH 7 felett van, a pH-változás csökkenő. A jelenség azzal magyarázható, hogy 7 alatti pH-nál inkább a savhatás érvényesül, a szabad huminsavat a kalcium semlegesíti, a pH ezért növekszik, alkalikus közegben pedig a képződött savanyú foszfát-só csökkenti a közeg pH-ját.

A humáthatás gyakorlati hasznosítása

Az újabb időben a humáthatás elméleti és elvi kérdéseinek tanulmányozása háttérbe szorult, a figyelem inkább a gyakorlati hasznosít-

hatóságra terelődött és ezzel kapcsolatban több kísérleti eredményt hoztak nyilvánosságra, főleg német és szovjet kutatók [12, 16, 20, 27] Nálunk a nyersfoszfátos trágyaerjesztés gyakorlati alkalmazásának kezdeményezője és legerősebb propagálója K r e y b i g volt [21, 22, 23, 24].

A nyersfoszfátos trágyaerjesztéssel foglalkozó eredeti külföldi irodalmi adatok jelentékeny részéhez eddig nem sikerült hozzájutnom, vagy számomra nem hozzáférhető. Annyi mégis megállapítható az irodalmi utalásokból, hogy általában sikeresek voltak a nyersfoszfátos trágyaerjesztéssel végzett kísérletek: így pl. T h o m a n-nak [34] Németországban, L u n y i n-nak [27] és K o r o w k i n-nak [20] a Szovjetunióban. A szovjet irodalom a kérdéssel elméleti és gyakorlati szempontból igen sokat foglalkozik.

1951 óta D ö r i n g [10, 11, 12, 13] több kísérleti eredményről számol be, amelyeket nyersfoszfáttal erjesztett trágyával, kola-apatittal és konstantinfoszfáttal végzett tenyészedény és szabadföldi kísérleteknél kapott. A szabadföldi és tenyészedénykísérletek egyaránt azt mutatták, hogy a nyersfoszfáttal erjesztett trágya jobban emelte a terméshozamot, mint a nyersfoszfát nélküli erjesztett istállótrágya és a foszforkihasználás jobb volt. A két foszfátnál azonban a humát effektus nem egyformán érvényesült. Kappen kísérleteiben már láttuk, hogy a humát-hatást a magas mézstartalom gátolja. Ennek tulajdonítható, hogy Döring kísérleteiben a nagy mézstartalmú konstantin-foszfát nem volt olyan hatékony, mint a kola-apatit.

A trágya kémiai elemzésének adatai alátámasztották a szabadföldi és tenyészedénykísérletek eredményeit. A kémiai elemzés szerint a nyersfoszfáttal erjesztett trágya minősége jobb volt, mint az istállótrágyáé. Emelkedett a fehérjenitrogén mennyisége, továbbá az összes-humát tartalom, amelynek egy része stabil Ca-humáttá alakult, amely lassabban bomlik, mint az alkáli humátok. A szárazanyag veszteség kisebb volt és növekedett az acetilbromidban oldhatatlan széntartalom, ez utóbbinál nem vagyunk teljes biztonsággal meggyőződve, hogy a trágyáknál értékmérő-e. Nálunk Kreybig hasonlóképpen minőségjavulást, kis anyagvesztiséget és magasabb nitrogéntartalmat állapít meg.

S a r k a d i [1] kémiai módszerekkel a trágyában lévő szerves és szervetlen foszfor elválasztásával vizsgálta meg a trágyához adott nyersfoszfát feltáródását. A megvizsgált trágyaminták Kreybig keszthelyi betonkamrás trágya-érleléseiből valók. A vizsgálatok szerint a kola- és a gafsa-foszfáttal erjesztett trágyákban, amelyeket trágyalével öntöztek, a nyersfoszfát 36—42 %-a maradt oldhatatlan, vagyis a nyersfoszfát nagyobb része feltáródott. Kappen kísérleteiből láttuk, hogy a foszfátoldó hatás

ammonium-humát jelenlétében a legnagyobb és a humáthatást legnagyobb mértékben az ammonium-só váltja ki. Valószínű, hogy a trágyaleves erjesztésnél tapasztalt nagyobb mértékű nyersfoszfát feltárás ennek tulajdonítható. Feltűnő azonban, hogy a kútvizés kezelésnél oly minimális volt a feltáródás.

Az eredményes kísérletek mellett akad sikertelen próbálkozás is. Legújabbban C o o k e [4] eredménytelen nyersfoszfátos komposztálási kísérletekről számol be. A kísérlet célja az volt, hogy megállapítsák, vajjon a savanyú komposztálás elősegíti-e a foszfátok oldódását.

A kísérleteket a Rothamstedi Kísérleti Állomás laboratóriumában végezték. Búzaszalma töreket érleltek foszforitokkal (gafszai, curacai és floridai) egy hónapig, 30 °C-on, savanyú közegben. Az érlelés végén megmérték a vízben oldódó foszforsav mennyiségét, amely igen kevésnek bizonyult (3,7 és 8 %). Az így nyert komposztokat retek tenyészedenykísérletekben is kipróbálták. A retek a komposztokból kisebb foszformennyiségeket hasznosított, mint az egyenértékű szuperfoszfátból. Miután Cooke a komposztálási kísérlet pontos leírását nem közli, a sikertelenség esetleges okára nem lehet következtetni.

A nyersfoszfátok közvetlen szántóföldi felhasználásának problémája nem tartozik szorosan a tárgyhoz, de a teljesség kedvéért röviden említést teszek erről is.

Meg kell állapítani, hogy a nyersfoszfátok közvetlen szántóföldi alkalmazhatóságára végzett kísérletek, kevesebb erdményt mutatnak fel, mint a nyersfoszfátos trágyaerjesztések. A kísérleti eredmények erősen változtak aszerint, hogy milyen talajon, milyen foszfátokat alkalmaztak és mi volt a természetű növény. Értékük általában a kémiai és ásványi összetételétől és a szemcsenagyságtól függ. A nagyobb kristály-szemcsékből álló foszfátok, mint a kola-apatit csaknem hatástalanok, míg az igen apró szemcséjű észak-afrikai lágy nyersfoszfátok hatásosabbnak bizonyultak. Az összetétel szerint a következő sorrendben növekvő hatás várható: fluor-apatit, hidroxil-apatit, karbonát-apatit. Közömbös és lugos talajokon alig érvényesülnek, savanyú talajokon bizonyos mértékig hasznosulnak, de a szuperfoszfáttal általában nem egyenértékűek. [4, 5, 26, 30].

A humáthatást kiváltó okok, jelenlegi ismereteink szerint

Azok a hatótényezők, amelyek a talaj és trágya foszforkészletének mozgósításában részt vesznek két csoportba oszthatók.

1 A kémiai tényezők, amelyek közvetlenül fejtik ki hatásukat. Ilyen tisztán kémiai mechanizmussal működő hatótényező a humát-hatás.

2. A közvetve működő, vagy biológiai tényezők.

azok az elemek, amelyek mint elektronegatívok a centrális fém-atom elektronkonfigurációjának feltöltése szempontjából tekintendők.

A kelát képződésénél nem szükséges, hogy a fém-ion oldatban legyen. Természetes viszonyok között, pl. mállási folyamatokban a kelátképződés az oldó, keláló és a szilárd ásványi komponens határfelületén folyik le.

A talajban és trágyában mint kelálók számításba jöhetnek a bomlás folyamán képződő nitrogénvegyületek, oxisavak, uronsavak és maguk a humuszanyagok.

A nyersfoszfátos trágyaerjesztés szempontjából tehát valószínűleg az erjedés időszaka az, amely a kelátképződés szempontjából a legkedvezőbb.

Scheffer [33] kimutatta, hogy különböző huminsavak (mesterséges, tőzeg és barna huminsav) az Fe (II)-t és Fe (III)-t komplex kötésbe viszik. A komplex vaslumátok vízben oldódnak és savanyú pH területen instabilok. 7 pH körül, a huminsavak keláló hatása a 10^{-2} molos komplexon II oldat keláló képességével egyenértékű. Ez egyúttal magyarázatot ad arra, miért nem lehet a huminsavakat, a legmondosabb tisztítás ellenére sem teljes mértékben megszabadítani a vastartalmú hamutól. Ez elsősorban a barna huminsavakra vonatkozik, amelyek hamuja jelentékeny mennyiségű vasat tartalmaz. Feltehető, hogy a szürke huminsav más fémekkel szemben viselkedik kelálóként, mivel ennek magas hamutartalmában vas nem szokott lenni.

Kimutatta Scheffer továbbá azt is, hogy a vöröshere anaerób erjedési termékében vízoldható kelát anyag van, amely a vasfoszfátból vasat kötött meg. Figyelemreméltó, hogy a vasmegkötő keláló csak az anaerób erjedési termékben lépett fel. A vöröshere aerób erjedésénél kelátképző anyag nem keletkezett.

Himes [17] a huminsav és fulvósav kelátképző képességét vizsgálta cinkkel szemben. A huminsav cink megkötő képessége sokkal nagyobb volt, mint a fulvósavé.

Brodent [3] megállapítja, hogy a talaj huminsavai a réz és kalcium-iont képesek kötésbe vinni.

Ezenkívül még igen sok kísérleti adat bizonyítja, hogy mind a talaj, mind a trágya szervesanyagában kétségtelenül olyan anyagok vannak jelen, amelyek mint kelálók fontos szerepet töltenek be a nehezen oldódó foszfátok foszforsavának felszabadításában. Bebizonyosodott továbbá az is, hogy maguk a huminsavak is képesek a foszformobilizáció szempontjából fontos Fe és Ca atomokat kelátkötésbe vinni.

A huminsavak csak oldott állapotban viszik a fémetek komplexkötésbe, viszont a fémkelát képződése szempontjából, a fémnek nem szükséges oldatban lenni. A Ca-mal kicsapott huminsavak fémetek nem visznek komplex kötésbe. A reakcióképes kelálók működésére az erjedő trágya alkalmasabb, mivel a közeg meglehetősen

lúgos, a huminsavak oldatban vannak és magas mésztartalom sem zavarja a keláthatás érvényesülését.

A foszfor mozgósításában résztvevő biológiai tényezőkről a következőket lehet elmondani. Kétségtelen, hogy a mikrobiológiai folyamatok fontos szerepet töltenek be a talaj és trágyafoszfor mozgósításában, azonban túlzott a biológiai folyamatok mindenhatóságát hangoztatni, különösen a szerves foszfátok foszforsavának felszabadításánál, amely jelentős mértékben kémiai folyamatok eredménye. A mikroorganizmusok közvetve végzik foszfát-feltáró munkájukat, amennyiben az ammoniát és a ként baktériumos oxidációval salétromsavvá, illetve kénsavvá alakítják, továbbá szénsavat termelnek: e savak azután megkötik a nyersfoszfátokat. Az ásványi savakon kívül a mikroorganizmusok olyan szerves savakat és szerves anyagokat is létrehozhatnak, amelyek a Ca-t, Fe-t és Al-t komplex formájában képesek megkötni, ami ismét a foszfor felszabadítását eredményezi.

Ha ismerjük a kémiai mechanizmust, amely a nyersfoszfátok oldódását előidézi, módunkban van esetleg a foszfátfeltáró hatást eredményesebbé tenni, mint az a természetes mikrobiológiai folyamatok közvetítése révén megnyilvánul.

Nem arról van szó, hogy a nyersfoszfátos trágyaerjesztésnél a biológiai folyamatot kikapcsoljuk, vagy annak jelentőségét csökkentjük, hanem arról, hogy a szerves foszfátok foszforsavának felszabadításánál a közvetlenül működő kémiai folyamatok lejátszódását biztosítsuk és hatékonyabbá tegyük.

A mikroorganizmusoknak és így a biológiai folyamatoknak inkább a szerves-kötésű foszfor felszabadításában és a szabad foszforsav szerves kötésbe vitelénél van jelentősége. A szerves kötésű foszforsav ugyanis bizonyos esetekben a növények foszforellátása szempontjából előnyösebb lehet, mert normális talajviszonyok mellett sohasem lehet tartósan immobilis.

A nyersfoszfátos trágyaerjesztésnél tehát az elsőrendű cél az, hogy a trágyaerlelés alatt a nehezen oldódó szerves foszfátok foszforsava minél nagyobb mértékben felszabaduljon. A biológiai megkötés, a felszabadult foszfor szerves kötésbe jutása már nem annyira problematikus. Ha a nyersfoszfát megbontását a trágyaerlelés alatt nem tudjuk biztosítani, a trágyával a szabadföldre kivitt nyersfoszfátból már nehezebben fog a foszfor felszabadulni.

Az elmondottakból megállapíthatjuk, hogy a nyersfoszfátos trágyaerjesztés gyakorlati alkalmazása nem reménytelen. De mindenek előtt tisztázni kell az elméleti alapokat, a kémiai mechanizmust, amelyek a foszforsav felszabadítását a legnagyobb mértékben létrehozzák. Ezeknek ismeretében lehet azután a trágyaerjesztés gyakorlati végrehajtására megfelelő módokat kipróbálni. Bizonyos irányelvek

az eddigiekből is láthatók. A gyakorlati kivételnél pl. figyelembe kell venni az erjesztés acrob és anaerób módját, a reakció-állapotot, a szervesanyag minőségét és a feltárandó nyersfoszfát minőségét.

TÖRÖK LÁSZLÓ

Érkezett: 1958. október 27.

Irodalom

- [1] Balláné Kornis, H. & Sarkadi, J.: Foszforittal és apatittal érelt istállótrágyák laboratóriumi vizsgálata. Agrokémia és Talajtan. 1. 471. 1952.
- [2] Ballenegger, R.: Korszerű nézetek a foszfor szerepéről a talajban és a növények foszforral való ellátottsága terén. Agrokémia és Talajtan. 5. 375 1956.
- [3] Broadbent, F. E. & Ott, J. B.: Soil organic matter-metal complexes. 1. Factors affecting retention of various cations. Soil Sci. 83. 419. 1957.
- [4] Cooke, G. W.: The value of rock phosphates for direct application. Empire J. Exp. Agric. 24. 295. 1956.
- [5] Collings, G. H.: Sources and use of the mineral phosphates. Commercial fertilizers. 5. kiad. McGraw-Hill. New York. 1957.
- [6] Demolon, A. & Bastisse, E.: Contribution à l'étude de la mécanique chimique des anions dans le sol. Ann. Agron. 4. 53-76. 1934.
- [7] di Gléria, J.: A talajok savanyúságának és lúgosságának kérdése a kutatás legújabb eredményei megvilágításában. Agrokémia és talajtan. 3. 299. 1954.
- [8] di Gléria, J., Klimes-Szmik, A & Dvoracek, M.: Talajfizika és talajkolloidika. Akadémiai kiadó. Budapest. 1957.
- [9] di Gléria, J., Erdei S-né & Sarkadi, J.: Az ammonia és nitrátnitrogén hatása különböző foszforműtrágyák felvehetőségére Aspergillus niger tenyészetekben. Agrokémia és Talajtan. 3. 373. 1954.
- [10] Döring, H.: Rohphosphate-Aufschluss während der Stallmistrotte? Dtsch. Landw. 4. 201. 1953.
- [11] Döring, H.: Dissertation. Jena. 1951.
- [12] Döring, H.: Rohphosphataufschluss während der Stallmistrotte. II. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 73. 97. 1956.
- [13] Döring, H.: Rohphosphataufschluss während der Stallmistrotte. I. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 66. 202. 1954.
- [14] Finály, I.: Szerves és szervetlen kötésű foszforfrakciók a talajban. Agrokémia és Talajtan. 2. 81. 1953.
- [15] Flieg, O.: Über den Einfluss von Humaten auf die Beweglichkeit der Phosphorsäure im Boden. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 38. 222. 1935
- [16] Hausmann, W.: Dissertation. Jena 1939.
- [17] Himes, F. L. & Barber, S. A.: Chelating ability of soil organic matter. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21. 368. 1957.
- [18] Kappen, H.: Über die Humatlöslichkeit der Phosphate. Forschungsdienst. Sonderh. 2. 83. 1936.
- [19] Kappen, H., Schall, J. & Krier, A.: Weitere Untersuchungen über die Humatlöslichkeit der Phosphorsäuredünger. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 31. 357 1943.
- [20] Korowkin, M. A.: Iszpol'zovanie foszforitnoj muki dlja prigotovlenija organomineralnih kompozitov. Szovj. Agron. (12) 57. 1952.
- [21] Kreybig, L.: Die phosphorsäure Vergärung des Stalldüngers. Acta Agron. Acad. Sci. Hung. 1. 3. 1951.
- [22] Kreybig, L.: Die biologische Aufschliessung und praktische Anwendung von mineralischen Rohphosphaten. Acta Agron. Acad. Sci. Hung. 3. 137. 1953.
- [23] Kreybig, L.: Újabb tanulmányok az istálló- és foszforsavtrágyázás tárgyköréből és gyakorlati hasznosításuk módjairól. MTA Agrártud. Oszt. Közl. 8. 273. 1956.
- [24] Kreybig, L.: Neure biologische Düngemittel und Düngungsmethoden. Dtsch. Landw. 5. 601. 1954.
- [25] Kuthy S.: A humusztrágyázás gyakorlati megoldása. Haladó Gazdák Útmutatója. 149. 1942.
- [26] Laske, P.: Die Nährstoffaufnahme durch Hafer aus weicherdigen Rohphosphaten auf sauren und neutralen Mineralböden. Z. Pfl. Ernähr. Düng. 81. 23. 1958.
- [27] Lunyin, M. T.: Vlijanie novozno-foszforitnogo kompozita na uroszaj szely kohozjajsztvennih kultur. Szovj. Agron. (4) 63. 1952.
- [28] Mack, K.: Über den Einfluss der Huminsäure auf die Assimilation der Phosphorsäure. Chemiker Ztg. 46. 73. 1922.
- [29] Schatz, A.: Importance of soil microorganisms as biological chelaters. Symposium on the use of metal chelates in plant nutrition. National Press. Palo Alto. 1956.
- [30] Scheffer, F., Jessen, W. & Schwerdt, K.: Über Hyperphosphat Wirkung. Landw. Forsch. 10. 17. 1957.
- [31] Scheffer, F. & Kloke, F.: Probleme der Humusforschung. Landw. Forsch. Sonderheft. 7. 47. 1956.

- [32] *Scheffer, F., Ulrich, B. & Hiestermann, P.*: Die Bedeutung der Chelatisierung in der Agrikulturchemie und Bodenkunde. *Z. PflErnähr. Düng.* 76. 146. 1957.
- [33] *Scheffer, F., Ulrich, B. & Hiestermann, P.*: Ein methodischer Weg zur Ermittlung der Komplex- und Chelatbindungskapazität von organischen Stoffen und Böden. *Z. PflErnähr. Düng.* 78. 168. 1957.
- [34] *Thomann, N.*: Rohphosphatdüngung auf Mineralboden. *Mitt. d. DLG.* 10. 1952.
- [35] *Török, L.*: A tőzeg hasznosítása a mezőgazdaságban. *Magyar Kémikusok Lapja.* 3. 197. 1948.