

A „B” szekció előadásai

A tápanyagok mozgása és felhalmozódása a talajban

DEBRECZENI BÉLA

Agrártudományi Egyetem, Gödöllő

A talajnak, mint a bioszféra elsődleges tápanyagforrásának védelme és ésszerű hasznosítása alapvető érdekünk. A termőtalajainkban zajló sokirányú dinamikus folyamatok, valamint a tartós és intenzív műtrágyázás hatására lejátszódó kémiai, biológiai, fizikai és anyagforgalmi változások nyomkövetése és irányítása a korszerű agrokémiai és talajtani kutatás fontos feladata és kötelessége. Ahhoz, hogy a természetes körülmények között élő növény táplálkozási sajátosságait és a növények tápanyagtartalmát helyesen értelmezzük, elemeznünk kell a talaj termékenységének összetevőit, valamint a természeti tényezők és az emberi beavatkozás ezekre gyakorolt hatását.

A talaj termékenységének legjellemzőbb vonása, hogy biogén eredeténél fogva nem statikus, hanem dinamikus sajátossága a talajnak.

A talaj termékenysége alatt általában a talajnak azt a képességét értik, ahogyan, illetve amilyen mértékben el tudja látni a növényt tápanyaggal, vízzel és oxigénnel, illetve képes a növények számára kedvező fizikai, kémiai és biológiai feltételeket biztosítani.

A talaj tápanyagmozgása, -átalakulása, illetve tápanyag-ellátottsága és tápanyag-szolgáltató képessége együtt jelenti a tápanyag-gazdálkodást, ami nagyrészt meghatározza, hogy milyen hosszú ideig lehet azon a táblán — a terméshozam csökkenése nélkül — növénytermesztést folytatni. A tápanyagok közül rendszerint a nitrogén a legfontosabb tényező, ezért a legtöbb figyelmet kívánja.

A rizoszféra mikroorganizmusai révén, valamint a fizikai, kémiai mállás és víz hatására a talajban a nehezen oldható és oldhatatlan vegyületek átalakulásának állandó folyamata megy végbe. Ennek intenzitása különböző talajokban függ a vegyület jellegétől, amelyhez a tápanyagok kapcsolódnak, a klimatikus viszonyoktól (hőmérséklet, csapadék), a talaj tulajdonságaitól és az agrotechnika színvonalától.

A talajtermékenység másik legfontosabb tényezője a talaj vízgazdálkodása, amit alapvetően annak nedvességtartalma, a nedvesség potenciálja, a víz függőleges és vízszintes irányú mozgása jellemez. A talajban levő víz mennyisége, állapota és mozgása nemcsak a rajta termesztett növényzet vízellátását, vízfelvételét, hanem gyakran a talaj tápanyag-gazdálkodását is befolyásolja azáltal, hogy hatással van a talajban végbemenő tápanyagforgalmi, tápanyag-mozgási és átalakulási folyamatokra is. Ily módon a talajtermékenység e két tényezője egymástól szinte elválaszthatatlan, egymással szoros kölcsönhatásban áll.

Természetesen, sem a tenyészedőben történő mobilizáció, sem az immobilizáció hatását nem értékelhetjük túl, de mint megfigyelhető jelenségeket a műtrágyázás környezetvédelmi vonatkozásai és a tápanyagellátás jelenlegi gyakorlata szempontjából nem hagyhatjuk figyelmen kívül.

Tápanyagmozgás, kimosódás és egyéb veszteségforrások a talajban

A kémiai elemek mozgását, kimosódását a talajból több tényező befolyásolja:

- első helyen az időjárási tényezőt (a lehullott csapadék mennyisége, intenzitása) kell megemlíteni, amitől a talaj nedvességtartalma, evapotranszpirációja stb. nagymértékben függ;
- második helyen a talaj típusát — főleg mechanikai összetétele, agyagásvány-tartalma és humusztartalma, illetve adszorpciós képessége, mikrobiológiai tevékenysége stb. szerint;
- szabályozó szerepe van a kimosódásban a növénytakarónak; jellemző a növényekre az elemek biológiai akkumulációja és a vízhasznosítás, illetve a talajon átszivárgó víz és a benne levő tápelemek visszatartása. Általános tapasztalat, hogy legnagyobb mértékű a kimosódás a növénytakaró nélküli ugaron és legkisebb a füves területeken; szántóföldön általában az állománysűrűséggel fordított arányú a N-kimosódás;
- nagy hatással van e folyamatokra a műtrágyázás is, de nemcsak a műtrágyából történő veszteségre, hanem a talaj tápanyagainak kimosódására is, ami különösen a talaj mechanikai összetételével függ össze.

A tápanyag-körforgalom elemeinek (felhalmozódás, veszteség) vizsgálata történhet tenyészedeny- és szabadföldi kísérletekben, zárt vagy nyílt rendszerű liziméterekben, bolygatatlan vagy bolygatott talajszelvények, illetve csurgalékvíz elemzésével, sugárzó és nem sugárzó izotópokkal vagy ezek nélkül. A mai szakirodalom a tápanyagforgalom és -körforgalom vizsgálatára vonatkozóan igen gazdag. Sajnos a hazai publikációk száma e témakörben elég alacsony. Ezért néhány példán, irodalmi forrásokra utalva, nézzük meg mindenekelőtt a talaj- és a műtrágya-nitrogén környezetvédelmi, illetve esetleges környezetszennyezési szempontból fontosabb tulajdonságának tényezőit, illetve veszteségének mértékét.

Közismert tény, hogy a nitrogén nitrát alakban mozog nagyobb mennyiségben, és szabály szerint az ammónia csak nyomokban található meg a csurgalékvízben — számos mérés szerint — kötött talajon még nagyadagú N-műtrágyázásnál is.

GADET és SOUBIES [4] 12 évi liziméteres kísérletben azt találták, hogy a csapadéknak (évi átlag 683 mm) 41%-a elszivárgott, és ebben a csurgalékvízben évente 113—184 kg $\text{NO}_3\text{-N}$ volt megtalálható. Ez — figyelembe véve az alkalmazott évi 50 kg nitrogént is — a talajok szerves nitrogénkészletéből 3,5—4,0%-os mineralizációnak felelt meg, ami jóval meghaladja a 0,5—1,5%-os átlagot.

VARJUSKINA és KIRPANEVA [8] stabil nitrogénizotóppal vizsgálták a jelenséget, és a műtrágya 1—5%-a volt a csurgalékvízben megtalálható. De ennél jóval több nitrogén mosódott ki a talaj nitrogénkészletéből homokos vályogtalajon.

BOBRICKAJA [1] szabadföldi viszonyok között, gyepes podzoltalajon elhelyezett liziméterekben a leszűrődött csurgalékvíz nitrogénkoncentrációja 8 év átlagában az alábbiak szerint változott: gabonafélék alatt: 20—65 mg/l; füveshere alatt 2 mg/l; ugarolva: 100 mg/l.

WEISE [9] liziméteres mérései szerint 9—10 év átlagában a nitrogén kimosódása gyepnövényzet alatt homokon 14 kg, vályogon 9 kg, agyagon 7 kg/ha volt, 500—600 mm évi csapadék és 80 kg műtrágya-felhasználás esetén.

ZUBENKONAK és munkatársainak [10] stabil ^{15}N alkalmazásával gyepes podzoltalajon liziméterben nyert adatai azt mutatják, hogy a kimosódott nitrogénnek csak egy jelentéktelen hányada származott a műtrágyából. Hasonlóan kisméretű N-kimosódásról adnak számot a PETERBURGSZKIJ [6] által közölt adatok is. Gyepes podzoltalajon a mechanikai összetétel a növény N-felvételét és -kimosódását, illetve -vesztését egymással ellentétes irányban befolyásolta. Eszerint, ha a növény többet vesz fel, és a kötöttebb talajon visszamaradó mennyiség is több, úgy a nem mérhető veszteség aránya kisebb lesz.

NIKITISEN és munkatársai [5] 5 éves vetésforgóban vizsgálták a növekvő adagú N-műtrágya transzformációját: 1 m-es talajréteget figyelembe véve, tényleges N-kimosódás az igen nagy N-adagnál (900 kg/ha) volt tapasztalható. Mérsékeltőbb N-adagnál semmilyen formában nem észleltek veszteséget.

Közel 20 évi liziméteres kutatás eredményeit közli PETERBURGSZKIJ [6]. A csapadék kilúgozó hatására bekövetkező N-kimosódásban a műtrágyából eredő hányad az évi 220 kg N-adagnál eléri a 16%-ot. A N-adag emelésével a talajból felvett N mintegy egyharmadára csökken, ugyanakkor a műtrágyából felvett N négyszeresére nő a kisadagú N-hez viszonyítva.

VAHTRAS és WIKLANDER [7] liziméteres kísérletben különböző nitrogénműtrágyákból vizsgálták a növény (zab) nitrogénfelvételét, és a kimosódás általi veszteség lehetőségeit. A 3 éves kísérletek eredménye azt mutatta, hogy a kimosódás elsősorban a nitráttartalmú műtrágyából ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), és csak nagy adag alkalmazásakor (500 kg N/ha) volt jelentős (mintegy 26%). Érdekes, hogy a karbamidos kezelésben a kimosódás valamivel meghaladta a kénsavas ammónia kimosódását. A kisadagú kezeléseknél a nitrogénkimosódás mértéke kb. azonos volt a kontroll eredményével, illetve 4—7%-kal haladta meg azt. A szerzők arra is rámutatnak, hogy szabadföldi körülmények között a kimosódás okozta nitrogénveszteségek általában kisebb mértékűek, mint a kis liziméterekben.

DOWDELL és WEBSTER [3] adatokat közölnek 5 éves időszakra vályogos homoktalajon, élő perje-gyepkísérlet alapján a növények nitrogénfelvételére és a kimosódás útján bekövetkező veszteségekre. A műtrágyából eredő kimosódási veszteség csekély mértékű. De az első egy-két évben a talaj összes N-%-ában a kimosódás igen jelentős volt (85%), ami később igen lecsökkent. Ebből a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a műtrágyázás két-háromszorosára növeli a talaj összes ásványi nitrogénkészletében a nem-műtrágya nitrogénmennyiséget. Megállapították azt is, hogy a növények nitrogéntartalmában kisebb volt a műtrágya-nitrogénből eredő mennyiség.

A kimosódás és denitrifikáció útján bekövetkező veszteségek becslése nehéz feladat. A probléma legteljesebb megoldását az jelentheti, ha természetes talajmonolitot helyezünk a liziméterekbe, és egyidejűleg ^{15}N -nel jelzett műtrágyát használunk fel, ami által az alkalmazott N megkülönböztethetővé válik a talajban és a növényekben már jelenlevő egyéb nitrogéntől.

A N-gázok alakjában történő veszteségmérések még nagyobb követelményeket támasztanak a korszerű laboratóriumokkal, műszer-technikai felszereltséggel szemben. Hazai intézményeink fogyatékoságai e téren még szembetűnőbbek.

Ásványi elemek mozgása, veszteségei

A foszfor mozgása csekély mértékű, gyökérszónán kívüli kimosódásról nem beszélhetünk. Tartamkísérletekben, liziméteres vizsgálatok szerint — bolygatatlan talajban — az alábbi mozgást tapasztalták, illetve kimosódást mérték [2]:

szántóföldön — homokon 1,1 cm/év; agyagon 0,1—0,2 cm/év;

gyepen — homokon 1,0 cm/év; agyagon 0,5 cm/év.

A nagyon lassú mozgási sebesség miatt a kimosódás szántóföldi növény alatt 3,5 kg/ha, ugaron 2,4 kg/ha, vöröshere alatt 1,3 kg/ha, füvek alatt 0,9 kg/ha P volt. A csekély mozgási energia miatt sem az évjárat, sem a műtrágya, sem a növényfaj hatását nem lehetett megállapítani.

Káliummozgás. A gyökérszónában a K mozgására az oldható és nem oldható K-ionok közötti egyensúlyra törekvés jellemző. Ennél a folyamatnál a talajban az adszorpciós kapacitás, a K-fixáció (illit-agyagásványon) a talaj agyagtartalma és agyagösszetétele szoros összefüggésben a K-kimosódással a legfontosabb tényezők.

A talajból a K-kimosódás általában lényegesen kevesebb, mint a terméssel kivont kálium. BOBRICKAJA [1] liziméteres kísérletében az évi kimosódás átlagosan 0,4—7 kg K_2O /ha volt (1—3 mg/l) vályogtalajon, és 12 kg/ha homokos vályogon. Természetes viszonyok között gyűjtött drenásvízben is csekély volt a K koncentrációja: 0,2—14 mg/l, az ebből számított évi káliumvesztés 0,3—6,1 kg/ha. Káliumműtrágyázás növelte az évi kimosódási veszteséget: gyepes podzoltalajon sok évi vetésforgóban a kontrollparcellán 3,3 kg/ha, 170 kg K_2O /ha műtrágya felhasználásával 9,6 kg/ha; homokos vályogon 0-nál 2,2 kg, műtrágyázás esetén 10,5 kg K_2O /ha volt, vagyis ha a különbséget a felhasznált műtrágyázáshoz viszonyítjuk, a veszteség alig éri el a 3—5%-ot.

Mg- és Ca-vesztés. Ugyancsak BOBRICKAJA [1] liziméteres vizsgálata szerint a fentalajból, évi átlagban, 3—7 kg Mg/ha (gyepes-podzol), illetve 15 kg Mg/ha (vályog) mosódott ki, ugyanakkor a Ca-kimosódás átlagosan 50 kg/ha volt. A trágyázás növeli a kalcium kimosódását; 1 m mélyen elhelyezett drenázs vízből vett mintában a visszaszámított Ca mennyisége elérte a 238 kg/ha-t.

WEISE [9] 10 éves kísérletben a csurgalékvíz koncentrációját mérte. Az adatok jól alátámasztják azt, hogy a Ca-vesztés mintegy tízszerese a magnéziuménak, és mindkettő — különösen vályog- és agyagtalajon — jelentősen meghaladja a K-vesztéséget.

CZERATZKI [2] Közép-Európára vonatkozóan közli, hogy a Mg-vesztés 10—80 kg, a Ca-é 80—256 kg/ha.

Intenzív műtrágyázás hatása a talaj termékenységére

Hazánkban a NPK-hatóanyag-felhasználás már 1974/75-ben elérte az átlagos nyugat-európai szintet, a 260—280 kg-ot hektáronként. Ez az utóbbi 5—6 évben stagnál. Az IKR és a KITE átlagában számolt NPK-felhasználás 1979/80-ban őszi búzánál 325 kg/ha, a kukoricánál 400 kg/ha volt. Az országos műtrágya-felhasználási szint intenzív tápanyagellátást jelent, vagyis a tényleges felhasználást, a veszteségekkel megnövelt tápanyagigényt (az elért termékek tápanyagszükségletét) az 1976—78-as évek átlagában a nitrogénnél 22%-kal, a foszfornál 91%-kal és a káliumnál 45%-kal haladta meg (SARKADI, KÁDÁR, DEBRECZENI számításai).

Figyelembe véve, hogy a gyakorlatban ez az átlagos NPK-hatóanyag-ellátottság lehetővé teszi a jól gazdálkodó mezőgazdasági üzemekben a rendszeres 500—600 kg közötti felhasználást is, nem nehéz kiszámítani, hogy a sok műtrágyát felhasználó gazdaságok egyes tábláit milyen mennyiségű, idegen természetű kémiai anyagok terhelik. A műtrágyák, kölcsönhatásba lépve a talajjal, gyakran jelentősen megváltoztatják annak kémiai-agrokémiai tulajdonságait. Különösen a talaj tápanyagtartalmára és reakcióviszonyaira gyakorolt hatás szembeötlő. A talajban visszamaradó műtrágyából eredő tápanyagok növelik a talaj tápanyagtartalmát, főleg foszfor- és káliumtartalmát, ami — a javuló termésbiztonság mellett — egyre nagyobb területeken a talajok fokozottabb tápanyag-szolgáltató képességét is maga után vonja. Ez a folyamat, ha fokozatosan hajtjuk végre, kedvező irányú lehet és szükséges is. Ugyanakkor kedvezőtlen irányú változások is létre jöhetnek, ami főleg talajsavanyodásban és a tápanyagok (főleg kalcium, magnézium, NO_3-N) kilúgzódásában mutatkozhat meg.

Ma, és a jövőben méginkább, a mezőgazdasági termelés elképzelhetetlen kemizálás nélkül, sőt a termelés növelésének objektív követelményei miatt a jelenleginél nagyobb mennyiségű kémiai anyagokat kell majd felhasználni. Ez természetesen megköveteli a műtrágya-felhasználók részéről a nagyobb hozzáértést, figyelmet és a változások állandó ellenőrzését a talajban, növényben és egyéb élő szervezetekben.

A rendszeres és intenzív NPK-műtrágyázás hatását a talajra karbonátmentes, homokos vályog és vályog mechanikai összetételű *barna erdőtalajon* tanulmányoztuk. A kísérlet kezdetekor a talaj savanyúsága 5,3—5,4 pH (KCl), humusz-, P- és K-ellátottsága gyenge, illetve

gyenge-közepes volt. Az egyik kísérletsorozatban monokultúrák kukoricatermesztést folytattunk, ahol a műtrágyázás hatását 10 év múlva vizsgáltuk. A másik kísérletsorozatban négy szakaszos, kiterített vetésforgóban kukorica-, burgonya-, búza-, cukorrépa-növényeket termesztettünk, és a műtrágyázás hatását 8 év múlva vizsgáltuk. A talajvizsgálatokat az Agrokémiai Szolgálat gödöllői Állomásának Talajlaboratóriuma végezte el. A talaj foszfor- és káliumtartalmát egységesen ammónium-laktát (a Mg-t és pH-t KCl-os) kivonatban mértük.

A foszforvizsgálatok eredménye szerint valamennyi kísérletben a talaj könnyen oldható foszfortartalma évi 80—100 kg P_2O_5 /ha felhasználás esetén 25—30 ppm-mel, 220—240 kg P_2O_5 /ha-nál 100—120 ppm-mel emelkedett, ami által a talaj foszforellátottsága jó kategóriájúra változott.

A káliumvizsgálatok szerint a talaj káliumtartalma a felhasznált káliumadaggal ugyan emelkedik, de kevésbé lineárisan, mint azt a foszfornál tapasztaltuk. Jól mérhető többlet (50 ppm) az évi 100 kg K_2O /ha adagnál csak a homokos vályogtalajon figyelhető meg. Nagyadagú (évi 300 kg K_2O /ha) káliumműtrágyázás esetén — a P-nél mért négyszeres emelkedéssel szemben — 8 év alatt mindössze 70—103%, ami 10 év után is csak 198%-os többletet mutat.

A magnéziumtartalomban mintegy 15—40%-os csökkenést mértünk, ami nem a többlettermés által kivont magnéziummennyiséggel függ össze, hanem inkább a talaj elsavanyodásával, és az ebből következő nagyobb mértékű kimosódással.

A kálium-kloridos pH mindhárom kísérletben 10—20%-os csökkenést (0,5—1,1 pH) mutat, ami az ilyen savanyú talajon már jelentős változást jelent. A talaj biológiai életét, a növények harmonikus ásványi táplálkozását jelentősen megzavarja, és a további termelés már meszesz nélkül, illetve a kalciumegyensúly beállítása nélkül nem biztosítható.

Összefoglalva saját eredményeinket megállapítható, hogy intenzív NPK-műtrágyázás jelentősen megváltoztatta a vizsgált talajok eredeti foszfor-, kálium- és magnéziumellátottságát, növelte savanyúságát. Ezek a folyamatok a talajvizsgálatokkal jól nyomon követhetők, és alapul szolgálnak a műtrágyázási szaktanácsadáshoz, a talajjal, illetve műtrágyázással kapcsolatos környezetvédelmi problémák megoldásához.

Irodalom

- [1] BOBRICKAJA, M. A.: Vümüvanie pitatel'nuh elementov iz pahotnuh pocsv necsernozernoj zonü RSZSZR. Agrohimiya. (11) 142—153. 1975.
- [2] CZERATZKI, W.: Transport von Nährstoffen aus der mineralischen Düngung durch Bodenperkolatation unter den Wurzelhorizont. In: Umweltschutz in Land- und Forstwirtschaft. (Ed.: DOMSCH, K. H.) 465—476. Verlag Paul Parey. Hamburg-Berlin. 1972.
- [3] DOWDELL, R. J. & WEBSTER, C. P.: A lysimeter study using nitrogen-15 on the uptake of fertilizer nitrogen by perennial ryegrass swards and losses by leaching. J. Soil Sci. 31. 65—75. 1980.
- [4] GADET, R. & SOUBIES, L.: Le bilan de l'azote dans les sols. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Acad. d'Agric. de France. 145—153. 1962.
- [5] NIKITISEN, V. I. et al.: Dejsztivie i poszledejsztvije azotnogo udobrenija v szvjazi sz migraciej nitratov po profilju pocsvü. Agrohimiya. (7) 8—17. 1979.
- [6] PETERBURGSKIJ, A. V.: Krugovorot i balansz pitatel'nuh vescu sztv v zemledelii. Izd. Nauka. Moszkva. 1979.
- [7] VAHTRAS, K. & WIKLANDER, L.: Leaching of plant nutrients in soils. III. Loss of nitrogen as influenced by the form of fertilizer and residual effects of N fertilizers. Acta Agric. Scand. 27. 165—174. 1977.
- [8] VARJUSKINA, N. M. & KIRPANEVA, L. L.: Balansz mineral'nogo azota v uszlovijah jezsegodnogo primenenija udobrenij. V. Mezsdunardnaja Konferencija: Transzforma-

- cija azota v pocsve i effektivnoszt' azotüh udobrenij. IPPU im. N. Puskarova. Szofia. 45—50. 1979.
- [9] WEISE, K.: Nährstoffauswaschungsverluste auf unterschiedlichen Standorten. Arch. Acker- Pflbau u. Bodenk. **23**. 163—171. 1979.
- [10] ZUBENKO, V. F. et al.: Ispol'zovanie rasztenijami azota i vümüvanie ego lizimetricseszkimi vodami na dernovo-podzolisztój pocsve Polesz'ja Ukrainü. Agrohimija. (3) 3—8. 1978.