

## A talajmikrobiológia aktuális kérdései

Mint közismert, a talajmikroorganizmusok biokémiai tevékenységének bármely formája szükségszerűen hatással van a talajok termékenységére.

A talajmikroorganizmusok némelyikének specifikus sajátossága a légköri nitrogén megkötő képesség, amely a talajt és a magasabbrendű növényeket nitrogénben gazdagítja. Ez a tulajdonságuk olyanira egyedülálló, mint az autotrof növényeknek az a képessége, hogy széndioxidból szerves anyagot hoznak létre. A mikrobiális nitrogénkötés a bioszféra fontos nitrogénforrása és a talajmikrobiológia legfontosabb kérdéseinek is egyike.

E. N. MISUSZTIN számításai szerint a Szovjetunióban a jelenlegi termesztési viszonyok között a talajból megközelítőleg 10 millió tonna nitrogént vonnak ki a természettel évenként. Kb. 4 millió tonna N visszakerül a talajba műtrágyaként, 2,5 millió tonna N szerves trágyaként és több, mint 1 millió tonna a légkörből megkötött nitrogén formájában, ami a talajban levő mikroorganizmusok élettevékenységének köszönhető. Ez a mennyiség nem kevesebb, mint 1/4 része a szovjet ipar által gyártott nitrogénműtrágyának. Az előzetes számítások szerint 1980-ra a szimbiotikus nitrogénkötésből származó nitrogén mennyisége a Szovjetunióban eléri a 2 millió tonnát, vagyis a több, mint 9 kg-t hektáronként. Az amerikai irodalomban magasabb számokat találunk. Számításaik szerint jelenleg a szimbiotikus nitrogénkötés révén az USA talajaiban megközelítőleg 4 millió tonna nitrogén kerül egy év alatt. Úgy tűnik, ez kapcsolatban áll azzal, hogy az USA-ban intenzívebben természetnek pillangós növényeket.

A pillangósok betakarítása után a talajban jelentős mennyiségű nitrogén marad vissza. A pillangós növények alatt a talaj nitrogéntartalma évente hektáronként 45–67 kg-mal növekszik. A különböző pillangós növények által szimbiotikusan megkötött nitrogén mennyiségeket az 1. táblázatban közöljük. A táblázatból

látható, hogy egyes pillangósok több mint 200 kg/ha nitrogént képesek megkötni egy év alatt.

A „biológiai” nitrogént ingyen kapja a mezőgazdaság, nem terheli a gyártásra, a tárolásra, a szállításra és kiszórásra fordított költségek. Ezenkívül a „biológiai” nitrogén hasznosulási értéke igen nagy, különösen a szimbiózisban élő növények esetében. A növények által felhasznált nitrogén hasznosulási értéke a műtrágyák esetében —nem haladja meg a 60%-ot. A pillangós növények biológiailag megkötött nitrogénjének hasznosulási értéke sokkal nagyobb, ugyanis adott esetben a nitrogén egyenesen a levegőből „szállítódik” veszteségek nélkül. Végül fontos tényező az is, hogy a „biológiai” nitrogén olcsó, nagy hatékonyságú nitrogénforrás az értékes fehérjék számára. Sajnálatos, hogy erről gyakran elfelejtkeznek a „biológiai” nitrogén előnyeinek és hátrányainak értékelésekor. A mikrobiológiai nitrogénfixáció növelésének kérdését úgy is tekinthetjük, mint a földművelés egyik alapproblémáját. A mikrobiológusok ma már rendelkeznek olyan reális lehető-

### 1. táblázat

A pillangós növények által megkötött nitrogén mennyisége (számított értékek, Erdman, 1967) (kg N/ha/év)

kúszó here	224
kék csillagfűrt	208
vörös here	148
fehér here	132
lucerna	120
lenese	114
kudzu	99
bíborhere	95
bükköny	92
borsó	77
szója	57
babfélék	45

ségekkel, hogy teljes egészében megoldják ezt a feladatot azáltal, hogy a pillangós növények vetőmagját a vetés előtt nitrogénkötő baktériumok preparátumával kezelik, vagyis a pillangós növényeket ellátják magas értékű nitrogénkötő baktériumokkal és ezzel fokozzák a nitrogén megkötés intenzitását.

A Szovjetunióban a tudományos kutató intézetek adatainak átlagában a pillangós növények széna- és szemtermésének többlete a nitragin felhasználásának hatására megközelíti a 15–20%-ot, jóllehet a szója magtermése ennél többet is elérhet. Jelentős még az is, hogy a nitraginos kezelés esetében nagyobb a növények fehérjetartalma, mint nitrogénműtrágyák alkalmazása után. Ismert az a tény is, hogy nagyadagú N-műtrágyázás a pillangós növényeknél visszaszorítja a nitrogén fixációt és ezért a nitraginnal kezelt pillangós növények fehérjetartalma magasabb mint a N-trágyázottaké.

Általában a nitragint értékes eszköznek tekintik a pillangós növények termésének és a talaj nitrogéntartalmának növelésére. A nitraginos kezelés a fehérjetartalmat is növeli. Amerikai kísérleti állomásokon úgy találták, hogy a nitraginos kezelés a lóhere széna fehérjetartalmát átlagosan 3,5%-kal növelte. Adataink alapján viszont a pillangós növények magvának fehérjetartalma a kezelés hatására 10%-kal növekedett.

Mennyi összes fehérjét lehetne kapni nitraginos kezelés segítségével? Az intézetünk által végzett előzetes számítások kimutatták, hogy a pillangósok 100%-os nitraginnal való kezelése a Szovjetunióban a tervezetten felül 2,5 millió tonna fehérjét adna évente. Természetesen ez csak számított érték. De ha csupán a pillangós növények felének nitraginos kezelését vesszük alapul – és ez viszonyaink között teljesen reális – úgy 1 millió tonnát meghaladó fehérjetöbbséget kapunk évente a pillangós növények vetésterületének növelése nélkül.

A légköri nitrogén mikrobiológiai megkötését nem csupán a pillangósok gyökérgumó baktériumai végzik. Az utóbbi években mind több figyelmet fordítanak a nem pillangós növények – a legkülönbözőbb fajú fák és bokrok – szimbiotikus nitrogénfixációjára. Nem kizárt ez a lágy szárú növények esetében sem. Az ilyen módon történő nitrogénkötés mértéke igen jelentős. Az egyes növényfajok alatt a talaj nitrogéntartalma évente 100 kg/ha mennyiséggel is növekedhet.

A szabadon élő talajmikrobák egy nagy csoportja képes a levegő nitrogénjének megkötésére. Ezek a mikroorganizmusok

aránylag kevés nitrogént szolgáltatnak a talajnak, megközelítőleg 10 kg/ha mennyiséget évente. Figyelembe véve azonban azt, hogy ez a folyamat minden talajban lejátszódik, komoly figyelmet érdemel ez a mennyiség is. A szabadon élő nitrogénkötők aktivitását korlátozó tényező a szervesanyag-hiány. Növényi eredetű szerves anyagok talajba juttatásával e mikroorganizmusok nitrogénkötő tevékenysége fokozható. A legrealisabb mód erre a szalma alászántása, ugyanis a nagy szénhidrát-tartalmú tömeg elősegíti a szabad nitrogén szerves formában történő időleges megkötését. A szalma felhasználásának évében célszerű pillangós növényt vetni; ilyenkor a pillangósok is több nitrogént kötnék meg a levegőből, mint más esetben, és ez a talajban fellépő viszonylagos nitrogén hiánnyal magyarázható. Számítások szerint 1 tonna/ha szalma alászántása a talajban megközelítőleg 15 kg nitrogén többletet biztosít. A 2. táblázat adataiból látható, hogy szójánál a szalma alászántás utóhatására a takarmányrépa termése 18%-kal növekedett.

## 2. táblázat

### A szója alá adott szalma utóhatása a takarmányrépa termésére (Avrov et al. 1967)

Kezelés	Gyökértermés	
	q/ha	%
Szalma beszántása nélkül	531	100
6 tonna/ha szalma alászántása után	626	117,8

A mikrobiológiai tényezők szerepe a talaj termékenységének és a műtrágyák hatékonyságának növelésében igen széles körű, ezért csak néhány vonatkozását érintem.

Gyakran előfordul, hogy a talaj mikroorganizmusok élettevékenységének a talajok termékenységében játszott szerepét nem megfelelően értékelik.

A 3. táblázatban egy hektár közepesen művelt talajra vonatkoztatva átlag adatokat közlök, melyek szemléltetik a talajban levő szerves anyag megoszlását, a mikróbatömeg és a magasabbrendű növények szerves anyagának egymáshoz való viszonyát és azok biológiai értékeit.

A táblázat adataiból látható, hogy a mikroszervezetek biomasszája felülmúlja a gyökértömegét és a mikroorganizmusok

## 3. táblázat

A magasabbrendű növények és a mikroorganizmusok biomaszája 1 ha művelt talajra számítva. A biomasz N-tartalmának %-os megoszlása

	Tonna/ ha	N- tartalom %	Összes N kg/ha
Talaj-mikroorganizmusok	4	9	360
Gyökér tömeg	2,5	2	50
Föld feletti szervesanyag tömeg	7	2	140

ban lekötött nitrogén mennyiség sem kevesebb, sőt több, mint a magasabbrendű növények által felvett N-mennyiség.

A területegységre vonatkoztatott mikrobiális biomasz és növényi szervesanyag tömeg mutatói jól szemléltetik a talaj-mikroszervezetek ilyen vonatkozású jelentőségét is. Mindezek mellett rá kell mutatni arra is, hogy a mikroszervezetek mikroszkópikus méretükből eredően viszonylag nagy aktív felülettel rendelkeznek, amelyek meghatározói a mikroorganizmusok biokémiai tevékenységének is.

Honnan veszik a mikrobák a biomaszába épített jelentős mennyiségű nitrogént? A humuszból, a levegőből és sajnos a műtrágyából. Intézetiünk adatai szerint a műtrágyák nitrogénjének több mint 20%-a épül be a mikroorganizmusok sejtjeibe; a szerves trágyák nitrogénjének beépülési hányada még magasabb. A mikroba sejtekbe beépült nitrogén jelentős része a mikroszervezetek hatására mineralizálódik és a növények számára felvehetővé válik. A növények nitrogén táplálkozásában még nitrogén műtrágyázásakor is jelentős az a nitrogén mennyiség, amely a humuszból szabadul fel a mikroorganizmusok tevékenységének hatására. Az ásványi nitrogén felhasználásával a talaj-mikroflóra aktivitása, tevékenysége fokozódik és ez serkenti a humusz nitrogénjének mineralizálását. A konkrét számokról lehet vitatkozni, de az tény, hogy a mikroorganizmusok jelentős szerepet játszanak a talaj nitrogén mérlegében és nitrogén dinamikájában. Jól ismertek a mikroflóra talajbeli tevékenységével kapcsolatban olyan folyamatok, mint a denitrifikáció útján történő nitrogén veszteség, valamint a nitrifikáció során képződött nitrát vegyületek kimosódása, azaz a nem kívá-

atos biológiai folyamatok párhuzamos hatása. Amennyiben ezeket a tényezőket nem vesszük figyelembe a nitrogén mérleg számításánál és a műtrágyák hasznosulási értékeinek megállapításánál, úgy torzított eredményeket kapunk. Ez a torzítás olyan mértékben fokozódhat, mint amennyivel az adott talajok művelési színvonala emelkedik. Sajnos a mikrobiológiai tényezők értékelésének módszere még nem teljesen megoldott. Ez igen fontos feladat, amelyet a mikrobiológusok, az agrokémikusok és talajtanosok aktív együttműködése nélkül lehetetlen megoldani.

A nitrogénen kívül más fontos elemekkel, így pl. a foszforral kapcsolatban is hasonló jelenségek figyelhetők meg. Közismert az a tény, hogy számos talaj-mikroszervezet képes a foszfor mobilizálására a nehezen felvehető kalcium, vas és alumínium-foszfátokból. Kétségtelen a mikroorganizmusok döntő szerepe a szerves foszfátok mineralizálásában, amelyek néhány talajban elérik az összes foszfortartalom 40%-át is. Így a talaj-mikroorganizmusok szerepének vizsgálata a talaj foszfor-körforgalmában a mikrobiológusok fontos feladata.

A talaj-mikroorganizmusok biokémiai tevékenységének néhány formája közvetlen hatással van a terméshozamra és szám szerint is kifejezhető. Ilyen pl. a CO<sub>2</sub> felszabadulása a talajból, amelynek alapján mérhető a talaj biológiai aktivitása. Ugyancsak jól értékelhető a légkörből megkötött nitrogén mennyisége és a gázalakú nitrogén veszteség a talajból. Már PRJANISNIKOV is rámutatott, hogy a talajban számítások alapján meghatározott nitrogénhiány nem jár együtt az esetek többségében a talaj termékenységének csökkenésével. Véleménye szerint a N-mérlegben mutatkozó hiányt a nem szimbiotikus nitrogénkötő mikroflóra pótolja. A nem szimbiota N-kötő baktériumok tevékenységük folytán évente 13—14 kg/ha N-t juttatnak a talajba. A 4. táblázatban ismertetett adatok jól illusztrálják PRJANISNIKOV megállapításait. Amint látható, a tényleges nitrogénhiány a számítottnál sokkal kisebb. Kétségtelen, hogy a talaj N-mérlegének elkészítésénél nem lehet figyelmen kívül hagyni a mikroorganizmusok szerepét. Ezt támasztják alá a tartamkísérletek során kapott eredmények. Igen érdekes következtetések vonhatók le a Timirjazev Mezőgazdasági Akadémia által végzett több mint 50 éves ún. örökrozs kísérletekből. A kontroll parcellák 50 év alatt egyszer sem kaptak N-trágyát. A rozs szemtermése jelenleg is eléri a 7—8 q/ha-t és ezzel megközelítőleg 20 kg N-t von ki a talajból a növényzet

4 táblázat

**Nitrogénhiány a tartamkísérletekben  
(Pillangós növény nélküli vetésgörög, NPK kezelés)**

Kísérleti intézetek	Tényleges N hiány (a kísérlet előtti és utáni N-tartalom különbsége) kg/ha	Számított N hiány (a bevitt és a felvett N különbsége) kg/ha	A tényleges és számí- tott N hiány külön- sége, kg/ha
Dolgoprud-i Agrokémiai Kísérleti Állomás, SzÜ	- 20	- 38	18
Lauchstadt-i Mezőgazdasági Kísérleti Intézet, NDK	- 8	- 59	51
Grignon-i Agronómiai Állomás, Franciaország	- 10	- 87	77
Dahlem-i Kísérleti Telep, Berlin, NDK	- 4	- 45	41
Varsói Egyetem Agrokémiai Tanszéke, Lengyelország	- 8	- 34	42

a szalma mennyiségének figyelembe vételével. Ebben az esetben a nitrogénhiány döntő részét látszólag pótolják a szabadon élő nitrogénkötő szervezetek. Lehetséges azonban, hogy a kalászosok a jól fejlett gyökérrendszerükön keresztül nagy mennyiségben választanak ki gyökérváladékokat és bizonyos mértékig mintegy szimbiotikus kapcsolatot létesítenek a szabadon élő N-kötő szervezetekkel.

Természetesen nem szabad elfelejtenünk arról sem, hogy az égéstünnön található nitrogén fő tömege nem a levegőben és a vízben található, hanem a föld kristályos közeleiben. A földünkön előforduló elemi és ásványi nitrogén mennyiségének csupán 5%-a található az atmoszférában és a hidroszférában. Közepes értékűként fogadható el az, hogy 1 kg kristályos alapkötetben 50 mg N fordul elő ammóniumion formájában. Nem kizárt továbbá, hogy ez a nitrogén a mikroorganizmusok által a bioszférába kerülhet.

A következő téma a környezet szennyeződése elleni harc mikrobiológiai problémáival kapcsolatos. Ezek az utóbbi 10 évben általánosan jelentkeznek, elsősorban az iparilag fejlett országokban. A mezőgazdasági tudományok területén is élesen vetődik fel a bioszféra védelmének kérdése. Az iparban a tisztító berendezések a technológia nélkülözhetetlen részeivé váltak, ugyanakkor a mezőgazdaságban, főképp a földművelésben, ennek megoldása még előttünk áll. Legfőbb környezet szennyeződési források a mező- és erdőgazdaságban a peszticidekkel és műtrágyákkal szennyezett víztárolók és víz-

folyások. Amíg a földművelés technológiája nem alkalmaz megfelelő módszereket az ilyen szennyeződések megszüntetésére, addig nem beszélhetünk lényeges haladásról, eredményekről ezen a területen.

A szerves peszticidek inaktiválódása a talajban és a víztárolókban elsősorban a mikroorganizmusok élettevékenységével megy végbe, ezért a megfelelő agrotechnikai eljárásokat a mikrobiológiai tényezők figyelembevételével lehet csak kidolgozni. A mikroorganizmusok élettevékenységének meggyorsítása jelentős mértékben fokozza a talajban levő peszticidek lebontását is. Erre utalnak az 5. táblázatban ismertett kísérleti adataink is. Láthatjuk, hogy egyes esetekben a szerves anyag bevitele meggyorsította a simazin lebontását a talajban. A probléma egy másik

5. táblázat

**Növényi maradványok hatása a C<sup>14</sup>-el  
jelzett simazin lebontására a talajban**

Kezelések	A visszamaradt simazin a talajba vitt mennyiség %-ában
Kontroll	46,7
Talaj + zab szalma	31,0
Talaj + zab zöldtömeg	11,4
Talaj + száraz kukoricaszár	21,0
Talaj + kukorica zöldtömeg	36,9
Talaj + kukorica gyökér	10,8

nézőpontja a peszticidek hatása a talaj és a víztárolók mikroorganizmeire.

A mikroorganizmusok a biocönózis nélkülözhetetlen alkotói. Átdolgozzák és mineralizálják azt a hatalmas szervesanyag-tömeget, amely szakadatlanul a talajba és a víztárolókba kerül. A táplálkozási lánc zavartalanságának biztosítása alapvetően fontos feladat és a mikroorganizmusok mineralizáló tevékenysége nélkül nem elérhető. A mikroflóra összetételében bekövetkező mennyiségi és minőségi változások komoly és messzemenő következményekkel járhatnak. Sajnos a mikroorganizmusok mennyiségi és minőségi meghatározására szolgáló, napjainkban használatos módszerek nem teljesen kielégítőek és gyakran megnehezítik az elemző mérceket. Ahogyan a kémiai szennyeződés és a mezőgazdaság kemizálásának egyenes következménye, ugyanúgy mondhatjuk azt is, hogy az intenzív mezőgazdasági termelési viszonyoknak és kemizálásnak mellékkövetkezménye a talaj növényi kórokozók által történő szennyeződése. A fertőző növénybetegségek elterjedése, úgy tűnik, törvényszerű következménye az intenzív növénytermesztésnek és a monokultúra elterjedésének. A széles körben alkalmazott fungicidek hatásosak a levélfertőzések ellen, de hatástalanok a talajfertőzés ellen. A gyapot verticilliumos megbetegedése és a kalászosok gyökérrothadása tipikus példa a fertőző növénybetegségek elterjedésére. A fertőzött talajok gyógyítására szolgáló agrotechnikai módszerek, pl. vetésforgók és nagyadagú szerves trágyák alkalmazásánál, — a talaj mikroorganizmeinek az ökológiáját is figyelembe kell venni. A gyapot verticilliumos megbetegedésének példáján fel lehet mérni a mechanizmus hatékonyságát. A *Verticillium dahliae* a talajban nyugalmi állapotban mikroszklerocidiumok formájában telel át. A gyapot gyökérvadékaiknak serkentő hatására a mikroszklerocidiumok kifejlődnek és a patogén micéliumok a növény gyökérszövetébe hatolnak. Ha a vegetatív micéliumok nem érik el a gazdanövény gyökerét, akkor elpusztulnak az őket körülvevő antagonisták mikrobák és más kedvezőtlen körülmények hatására. A bevitt szerves trágya, vagy más növények gyökérvadéka, hasonlóan a gazdanövény gyökérvadékához, elősegíthetik a nyugalmi állapotban levő patogén gomba kifejlődését. A kifejlődő micélium ebben az esetben nem éri el a gazdanövény gyökereit, így elpusztul. A talajmikrobiológus szemszögéből megokolható a biológiai védekezés más módja is, nevezetesen a nagymennyiségű szerves trágya kedvező hatású alkalmazása. A talajba adott

hozzáférhető szerves anyag erősen aktivizálja a mikroflóra tevékenységét és ezzel párhuzamosan hirtelen megnövekszik a talaj antibiotikus potenciálja a kórokozó gombákkal szemben. Ugyanígy hatnak a vetésforgó egyes növényei is. Megállapították pl., hogy a lucerna növeli a *Verticillium dahliae*-vel szemben antagonisták mikrobák számát.

A talajmikroorganizmusok pozitív tevékenysége mellett megfigyelhetünk a talajban olyan nem kívánatos folyamatokat is, mint a denitrifikáció, a nitrogén és foszfor lekötődése, stb. E folyamatokból származó veszteség különösen akkor jelentős, ha a talajban feleslegben található a szerves szénvegyületek.

A termelési viszonyokban bekövetkezett nagymértékű fejlődés tovább fokozta a szaprofita mikroorganizmusok szerepét, amelyek fontos láncszemét képezik a bioszférában végbemenő tápanyag körforgalomnak. Mineralizálják a talajban és a víztárolókban növekvő mennyiségben felhalmozódó szerves anyag tömeget, visszajuttatva oda a magasabbrendű növények által felvett ásványi eredetű sókat. Ugyanakkor teljesen új, korábban még nem ismert tényezők is megjelentek. A nagymennyiségű műtrágyafelhasználás a mezőgazdaságban pl. újabb talajbiológiai problémákat is felvet. A növények nem igénylik a műtrágyák átalakítását a mikroorganizmusok által, sőt mi több az ilyen átalakítás veszteségeket idézhet elő, vagy tápanyag lekötődéshez vezethet a talajban. A tápanyag lekötődés mértéke a nitrogén műtrágyák esetében a bevitt nitrogén mennyiség 50%-át is elérheti. Új problémák merülnek fel a 100 q/ha szemtermékek biztosításához szükséges mennyiségű nitrogén, foszfor és kálium talajba vitelénél is. Ilyen magas termékek nem érhetők el sem nagy műtrágyaadagok, sem a mikroorganizmusok élettevékenysége nélkül.

Ásványi tápanyagokra a növényeknek és a mikroorganizmusoknak egyaránt szükségük van. Az előbbieket autotrofok, az utóbbiak túlnyomó részét heterotrofok. A legtöbb talaj-mikroorganizmus szerves szénforrást igényel, a zöld növények pedig nem. Ebben a táplálkozási különbségben rejlik annak a lehetősége, hogy a műtrágya hasznosulási értékét növeljük a mikroorganizmusok által felvett műtrágyahatóanyag csökkentése útján. Ez történhet a talajban levő szerves anyag mennyiségének szabályozásával. Minimális szinten tartva a szabad szerves anyagok mennyiségét, csökkenthetjük a mikroorganizmusok szaporodásának mértékét, egyben tehát a mikroorganizmusok versengését a növények-

kel szemben. A talajmikroorganizmusok szaporodását, annak gyorsaságát más módon, pl. agrotechnikai módszerekkel is irányíthatjuk.

Néhány évtizeddel ezelőtt a termés mennyiségét kimondottan a talajok természetes termékenysége határozta meg. A mikroorganizmusok mineralizálták a szerves anyagot, felszabadították belőle a visszamaradó tápelemeket, azaz képletesen mondva „táplálták” a növényeket. Az agrotechnika és a talajművelés, pl. a gondosan elvégzett lazítás, évszázadokon át arra irányult, hogy ezeket a folyamatokat meggyorsítsa. Ma már a helyzet megváltozott. A mikrobáknak azt a szerepét, hogy táplálják a növényeket az ember vállalta magára már kész műtrágyáknak a talajba juttatása által. Ebből a szem-

szögből nézve hasznos lenne újra áttekinteni az évszázadok folyamán kialakult agrotechnikai eljárásokat, különös tekintettel a szántásra és a talajlazításra.

A mikrobiológusok rendszerint a talajmikroorganizmusok élettevékenységének pozitív vonásait figyelik. Amint látható, a mikroszervezeteknek negatív szerepük is lehet. Mindkét esetben rendkívül jelentős a mikroorganizmusok élettevékenységének hatása a talaj termékenységére és a műtrágyák hatékonyságára. A különböző agrotechnikai módszerek hosszútávú tudományos kidolgozása mikrobiológiai tényezők figyelembevétele nélkül nem lehetséges.

G. Sz. MUROMCEV

*Érkezett: 1973. június 5.*