

A TALAJTERMÉKENYSÉG ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEM NÉHÁNY TALAJBIOLÓGIAI PROBLÉMÁJA*

SZEGI JÓZSEF

a mezőgazdasági tudományok doktora

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete, Budapest

A talajtani tudomány modern dokucsajevi irányzata abból indul ki, hogy a talaj sajátos természeti képződmény, amely a benne végbemenő bonyolult folyamatok eredményeképpen meghatározott történelmi fejlődésen ment át. A talajban végbemenő folyamatok közül előadásunkban a talaj élő világának szerepével foglalkozunk — mint olyan tényezővel — amely a többi faktoral dialektikus egységben meghatározza annak alapvető tulajdonságát a termékenységet. A talajtan genetikai irányzatának kiemelkedő képviselői, olyanok mint *Koszticsev*, *Viljamsz*, *Tyurin*, de maga *Dokucsajev* is nagy jelentőséget tulajdonítottak a talajban végbemenő biológiai folyamatoknak, mind a talajok képződését, mindpedig azok termékenységét illetően. A talajbiológia, mint ismeretes, a századfordulóban vált önálló diszciplinává. Háromnegyed évszázados története minden kétséget kizáróan bebizonyította, hogy csak azok a kutatók tudtak maradandó eredményeket produkálni, akik a talajt a biotikus és abiotikus folyamatok szerves egységének tekintették. Napjainkban már nem lehet vita tárgya az, hogy a talajélet törvényszerűségeinek megismeréséhez elengedhetetlenül szükséges a talajkémiai- és talajfizikai tényezők kölcsönhatásának egyidejű tanulmányozása is. Azonban ez fordítva is érvényes, azaz, a talajbiológiai folyamatok figyelmenkívül hagyása tévútra juttatja a talajkémikust és a talajfizikust, de a trágyázási szakembert is.

A fentiek tükrében vizsgálva a magyar talajtan közelmúltjának történetét, jelentős dátumnak tekinthetjük 1960. január 1-ét, amikor a Magyar Tudományos Akadémia illetékesei létrehozták a Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet Mikrobiológiai Osztályát, s ezáltal a hazai talajmikrobiológia a többi talajtani tudományággal szervezetileg is egyesült. Az osztály alapvető kutatási profilját létrejötté óta a talajba kerülő növényi maradványok mikrobiológiai transzformációja képezi. A téma jelentőségét mi sem bizonyítja jobban, mint az a ma már széles körben elfogadott megállapítás, hogy a talajok

* Előadás az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete fennállásának 25 éves jubileumán, 1974. december 19.

tápanyagforgalmában, de általánosságban az emberi beavatkozás következtében megbontott ökológiai rendszerek energiaforgalmában, fontos szabályozó szerepük van a talajba kerülő növényi eredetű szerves maradványoknak, s jelentőségük a kemizáció és a gépesítés színvonalának emelkedésével még inkább nagyobb lesz. Mindezideig csak keveset tudtunk azokról az önszabályozó mechanizmusokról, amelyek a talaj mikrobiális közösségeinek faji összetételét regulálják, biztosítva ezáltal az adott körülmények között maximális lebontó folyamatokat.

A fentiek megismerése céljából részletesen megvizsgáltunk egy erdő rendzina talaj mikrobiális közösségeinek kialakulását és az ott végbemenő anyagcsere folyamatokat. Figyelmünket a közösségi organizáció és az anyagcsere azon összefüggéseire fordítottuk, amelyek a közösséghez tartozó organizmusok fontosabb csoportjait jellemzik.

A talajba kerülő növényi maradványok szárazanyagtartalmának közel felét a cellulóz alkotja. Ebből kiindulva a kutatómunkánk során alapvető figyelmet fordítottunk a hazai talajokban élő cellulózbontó mikroszervezetekre, valamint a cellulóz elbontását befolyásoló ökológiai tényezőkre. Sikerült tisztáznunk, hogy néhány fontos hazai talajtípusban a mikroszkopikus gombáknak, köztük is az *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Stachybotrys*, *Nigrospora*, *Trichoderma* és más génuszokhoz tartozó fajoknak van elsőrendű szerepük a cellulóz elbontásában. A baktériumok és a sugárgombák amellet, hogy kevésbé intenzív cellulózbontóknak bizonyultak, jóval érzékenyebbek a környezeti tényezők kedvezőtlen hatásaival szemben mint a gombák. Megállapítottuk, az alapvető ökológiai faktoroknak (hőmérséklet, pH, N-forrás, sókoncentráció, egyes herbicidek) azokat a szélső és optimális értékeit ahol a cellulózbontás végbemegy. Cellulózteszt módszereket dolgoztunk ki, illetve módosítottunk, amelyek segítségével a talajban végbemenő biológiai folyamatok intenzitására lehet következtetni.

A növényi anyagok másik fontos frakciója a lignin, amelynek aránya 15—25% körül mozog a növény fajtától, korától és más tényezőktől függően. Vizsgálataink során megállapítást nyert, hogy a növényi anyagoknak ezt a rendkívül ellenálló frakcióját nem csupán a bazidiumos gombák képesek megtámadni, hanem a mikrogombák is. Az utóbbiak fenoloxidáz enzimkészletüktől függően különböző szinteken vesznek részt a lignin degradálásában. Így egyesek közülük képesek azt építő elemeire; fenilpropánokra és aromás karbonsavakra bontani, illetőleg az utóbbiakat tovább oxidálni. Mások ezzel ellentétben nem tudják a lignin alapegységek közötti kötéseket szétszakítani csupán az aromás maghoz tartozó oldalláncokat támadják meg, illetve az aromás lignin származékok oxidálásában vesznek részt. Az aromás vegyületet a gombák energianyerő folyamataikban hasznosítják, illetve a polimerizációra képes kinon vegyületekké oxidálják, amelyek közreműködnek a melanin és huminszerű anyagok szintézisében.

Ismeretes, hogy a mikroszervezetek lényeges mértékben befolyásolják a növényi tápanyagok körforgalmát, valamint azok érvényesülését. Különösen áll ez a nitrogénre, az élő világ protein anyagainak alapvető komponensére. A magasabbrendű növények növekedésének feltételét Földünk evolúciója során elsősorban az teremtette meg, hogy a mikroszervezetek egy sajátos csoportja olyan irányban differenciálódott, hogy képessé vált a légköri nitrogén biológiai fixációjára. Becslések alapján 1 ha terület felett mintegy 80 000 tonna gázalakú nitrogén helyezkedik el. Nem lehet vita tárgya, hogy a nitrogén utánpótlás alapvető formája, különösen a fejlett mezőgazdaságokkal rendelkező országokban, a műtrágyázás kell hogy legyen, azonban a természetes ökoszisztémában, de még a kezdetleges technológiával rendelkező fejlődő országok egy részében is az ún. „zöld forradalom” célkitűzéseinek megvalósításában fontos jelentőséget tulajdonítanak a biológiai úton megkötött nitrogénnek. Ezt támasztják alá azok a becslések is, amelyek szerint a talajból kivont nitrogénnek világviszonylatban jelenleg csupán egynegyedét képesek műtrágyákkal visszapótolni. A fentiekből következik, hogy a légköri nitrogén biológiai megkötésének vizsgálata mind napjaink, mindpedig a jövő szempontjából igen fontos elméleti és gyakorlati kutatási feladat.

Kísérleteink egyik objektumát a pillangós virágú növények gyökérgumóiban élő rhizobium baktériumok képezték, amelyek mint az ismeretes kizárólag a növényvel szimbiozisban képesek a légkör nitrogénjét asszimilálni. Az Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézettel, valamint a Phylaxia Oltóanyag és Tápszertermelő Vállalat Agrobiológiai Osztályával munkaközösségben több mint egy évtizeden át az ország különböző éghajlati- és talajviszonyai között kisparcellás kísérleteket folytattunk annak tisztázására, hogy a lucerna magvak rhizonitos oltása hazai viszonyok között mennyiben befolyásolja a zöldtömeg alakulását. Ezek a kísérletek 1967-től kezdve a Nemzetközi Biológiai Program által kezdeményezett egységes kísérleti rendszerbe kapcsoltak be, amelyeket párhuzamosan a világ sok országában folytattak. A vizsgálatok eredményei szerint az oltás terménynövelő hatása viszonyaink között 10—15% körül van. A vizsgált talajok közül elsősorban a Duna-öntéstalajon, a barna erdőtalajon, a csernozjomon, valamint a barna homokon tapasztaltunk terménynövelő hatást, míg a rosszul szellőző kötött és savanyú talajokon a rhizonitos kezelés eredménytelen maradt. A foszfor és káli műtrágyák, valamint a kisadagú nitrogén fokozták az oltás sikerét, a nagyadagú nitrogén viszont csökkentette azt. A fenti témakörben említést érdemelnek azok a vizsgálataink, amelyek a rhizobiumok taxonómiájához, valamint a rhizobiumok fágjainak a hazai talajokban való előfordulásához szolgáltatnak új adatokat.

A szabadonélő nitrogénkötő mikroorganizmusok közül az *Azotobacter chroococcum*-al végeztünk laboratóriumi kísérleteket. Megállapítottuk, hogy az azotobakter a cellulózbontó mikroszervezetek anyagcseretermékeit nem csupán szén, illetve energia forrásként képes hasznosítani, de a metabolitiku-

mokban levő biotikus és antibiotikus anyagok közvetlenül is befolyásolhatják annak szaporodását. Tisztáztuk továbbá az azotobakter és az antagonista sugárgombák kölcsönhatásának néhány kérdését laboratóriumi feltételek között.

A nitrogén ciklussal kapcsolatos kutatásaink másik fontos területe a talajba, illetve a víztározókba kerülő nitrátok disszimilatív redukciójának tanulmányozása. Az ökológus szempontjából a denitrifikáció a nitrogén ciklus szerves részét képezi, amely nélkül a nitrogén egyutas rendszerben áramolna a bioszférában és jelentős része az óceánokban és üledékeikben fordulna elő. A városi szennyvizek, illetve a modern állattenyésztési nagyüzemek hulladékainak koncentrált keletkezése szükségessé teszi a denitrifikáció tudatos befolyásolását, hogy ezáltal csökkentse a víztározókba kerülő nitrogén mennyiségét. A denitrifikációs folyamatokat azonban csak akkor tudjuk irányítani, ha megismerjük a denitrifikáló mikroszervezetek ökológiai és fiziológiai sajátosságait.

Vizsgálataink során kitenyésztett denitrifikáló baktériumok többségénél megállapítható volt, hogy a disszimilatív nitrátredukcióban résztvevő enzimszisztemek egyes tagjait az organizmusok táplálkozási körülményeinek változása eltérő módon befolyásolni képes.

A műtrágyák mellett a mezőgazdasági termelésben alkalmazott kémikáliák másik nagy csoportját a peszticidek alkotják, amelyeket az állati és növényi kártevők megsemmisítése, illetve visszaszorítása céljából alkalmaz egyre nagyobb tömegben a mezőgazdasági gyakorlat. A peszticidek túlnyomó többsége közvetve vagy közvetlenül a talajba kerül s így szakszerűtlen alkalmazásuk károsan befolyásolhatja az ott végbemenő biológiai folyamatokat. A peszticidek károsító hatása részben úgy manifesztálódik, hogy eltolják a biológiai egyensúlyt. Az egyes mikroba csoportok ugyanis eltérő szenzibilitással rendelkeznek, azaz az adott peszticiddel szemben érzékeny mikroba fajok vagy csoportok visszaszorulnak, mások pedig a konkurens csoportok szaporodásának gátlása következtében túlsúlyba jutnak. Ilyen negatív szelekciót mi is megfigyeltünk, amikor is a Gramoxone herbicid meghatározott dózisének talajba vitelekor a cellulózbontó mikroflóra összetételében átrendeződés ment végbe. Az említett szerrel szemben kevésbé érzékeny gombák váltak uralkodóvá s közöttük is emelkedett a növényi kórokozó fajok száma a szaprofita fajokhoz viszonyítva.

A peszticidek és a talajmikrobák kölcsönhatásával kapcsolatos kutatásaink már közel egy évtizeddel ezelőtt kezdődtek el, de osztályunk feladatává hat évvel ezelőtt jelölték ki ezt a témát. Vizsgálataink során tisztáztuk, hogy a Dikonirt és Gramoxone herbicidek eltérő módon befolyásolják a cellulóz elbontását *in vitro* és *in vivo*. A cellulóznak a talajba történő bekeverése meggyorsítja az említett herbicidek detoxikációját. A talajbaktériumok közül különösen az azotobakter rendelkezik magasfokú szenzibilitással a Gramoxone-al szemben, úgyannyira, hogy indikátorként is felhasználható a talajban levő

szabad Gramoxone kimutatására. Az általunk kidolgozott azotobakteres teszt-módszer alkalmas az egyes fajok Gramoxone-al való szennyeződésének kimutatására. Segítségével megállapítható továbbá az egyes talajok által megkötött és ezáltal detoxikált Gramoxone mennyisége. Mivel a szermaradványoknak a talajból történő kimutatása igen bonyolult és költséges eljárás, szándékunkban áll biológiai tesztmódszerünket tovább fejleszteni más érzékeny tesztkulturákat felkutatni, melyek segítségével egy-egy talajba jutó peszticid toxikus hatása könnyen és gyorsan kimutatható lesz.

Az elmúlt évek során igen részletes vizsgálatokat végeztünk a különböző csávázószernek a rhizobiumokra gyakorolt hatásával kapcsolatban. Ugyanis a pillangósok magvainak csávázását, valamint rhizobiumos oltóanyaggal való kezelését azonos időben végzik, s fennáll a lehetősége annak, hogy a fungicid elpusztíthatja a mag felületére vitt nitrogénkötő baktériumokat is. Kutatásaink eredményei azt mutatják, hogy a gumóképzést különösen a higany tartalmú szerek befolyásolják károsan ezért ilyenek felhasználását a pillangósok magvainak csávázására lehetőleg kerülni kell.

A peszticidek a talaj életközösségeire nem csupán azáltal gyakorolnak káros hatást, hogy egyes csoportokkal szemben erősen, másokra nézve pedig kevésbé toxikusak, de mint mutagén ágensek irreverzibilis változásokat hozhatnak létre az egyes mikroorganizmus fajok esetében. Mivel a mutagén hatás legtöbbször néhány generációval később jelentkezik felismerése rendkívül nehéz. A mutagén peszticidek rendszeres alkalmazása, azaz más néven a fokozódó mutációs nyomás következtében az evolúció felgyorsul, amely ugyancsak azt eredményezi, hogy egyes fajok dominánsokká lesznek, mások pedig eltűnnek. A káros és szubletáns gének felhalmozódása az életközösségekben csökkentheti az ökoszisztéma vitalitását. Ennek fényében válik érthetővé szakigazgatási szerveink azon törekvése, hogy a növényi és állati génbankhálózathoz hasonlóan mikrobiális génbankot hozzanak létre. A fentiek alapján osztályunkon pár évvel ezelőtt létrejött környezeti mutagenézis csoport elé alapvető célként tűztük ki olyan tesztmódszerek kidolgozását, amelyek lehetővé teszik az egyes peszticidek genetikai károsító hatásának megállapítását a talajban élő mikroszervezeteknél. Kutatómunkánk eredményeképpen a *Rhizobium meliloti* baktérium egyik törzsét alkalmasnak találtuk a mutagén változások determinálására. Segítségével több peszticidről megállapítottuk, hogy mutagén tulajdonságokkal rendelkeznek. Így többek között a mezőgazdasági gyakorlatban széles körben alkalmazott szimmetrikus triazinoknál figyeltünk meg ilyen tulajdonságot. Eddigi vizsgálataink bizonyították, hogy a peszticidek mutagén hatása kontrollálható s a tesztrendszer segítségével lehetővé válik a populációs genetikai eltolódások regisztrálása a talajmikróbák esetében is, s így a fokozódó kemizálás következtében kialakuló evolúciós trendekről képet kaphatunk.

Ennyiben kívántam röviden ismertetni a talajok termékenysége és a környezetvédelem egyes talajbiológiai aspektusait intézetünk Mikrobiológiai

Osztályán folyó kutatásokkal összefüggésben. Elért eredményeink elsősorban annak köszönhetőek, hogy az osztály létrejötte óta szakmailag jól képzett kutatógárda kovácsolódott ki, amit mindennél ékebben bizonyít az a tény, hogy az elmúlt 15 év alatt 2 akadémiai doktori, 4 kandidátusi és 3 egyetemi doktori értekezést védtek meg sikeresen osztályunk kutatói. Ezt demonstrálja az a több mint 300 publikáció és több könyv, amely az osztály kutatóinak tollából, ill. az ő szerkesztésükben látott napvilágot. Tisztában vagyunk azzal, hogy azok az igények, amelyeket rohamosan fejlődő mezőgazdaságunk állít eléink csak úgy teljesíthetők, ha az eddigi úton haladva, de még szorosabb kollektív együttműködést kiépítve fogunk dolgozni. Erre köteleznek bennünket a magyar talajmikrobiológia világszerte elismert hagyományai is.