

A TALAJBIOLÓGIA IDŐSZERŰ PROBLÉMÁI, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A MEZŐGAZDASÁGI TERMELÉS KEMIZÁLÁSÁRA*

SZEGI JÓZSEF

a mezőgazdasági tudományok doktora

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Mint közismert, a mezőgazdasági termelés egyik alapvető sajátossága — amelyben különbözik az ipari termeléstől — abban áll, hogy a nap kinetikus energiáját hasznosítja a szervesanyag szintézisre, s ez az energia képezi az emberiség táplálkozásának és ruházódásának elsődleges forrását. A fentiekből logikusan következik a mezőgazdasági termelés második sajátossága, a térbeli kiterjedése, nevezetesen az, hogy az ipari üzemekhez viszonyítva összehasonlíthatatlanul nagyobb területet foglal el, mivel csak így biztosítható a napenergia nagy mennyiségben történő megkötése és elraktározása. A mezőgazdasági termelésnél a földterület nem csupán a termelési folyamat feltétele, hanem annak alapvető eszköze is. Azonban a mezőgazdasági termelésbe vont földterület növelése egyre nagyobb nehézségekbe ütközik, sőt a fejlett országokban egyre inkább csökken. A mezőgazdasági termelésnek ez a harmadik sajátossága a földművelőt arra kényszeríti, hogy a talaj termékenységet ne engedje csökkenni, mint az az elhasználódás folytán a többi termelőeszköznél végbemegy, hanem azt fokozatosan növelje. A szegénység és az elmaradottság elleni küzdelemnek ugyanis ez az alapvető fegyvere. Kiindulva a mezőgazdasági termelés ezen sajátosságából, már a tudományos szocializmus megalapítója, Marx is kötelességükké tette az egyes nemzedékeknek, hogy a termőföldet jobb állapotban kell továbbadni az utókornak, mint ahogy az elődök rájuk hagyták, más szóval állandóan növelni kell a talaj termékenységet.

A talajok termékenysége a különböző tényezők bonyolult komplexumának függvénye. Szerepet visznek a talajtermékenység kialakulásában az anyakőzet, a klimatikus tényezők, a benne termesztett növények s a talajmikroorganizmusok kölcsönhatása és nem utolsósorban az ember, aki az alkalmazott agrotechnikán keresztül lényeges mértékben tudja fokozni, de csökkenteni is az adott talaj termékenységet.

A talaj, létrejöttétől kezdve, elválaszthatatlanul összefügg a rajta és benne élő szervezetek tevékenységével. A talajt nemcsak a kőzetek és az élő szervezetek bomlástermékei alkotják, hanem maguk az élő szervezetek is. A talajbiológia fogalma magában foglalja mindazokat az alacsonyabb és magasabb

* Bevezető előadás a Talajbiológiai Tudományos Ülésen. Debrecen 1973. szeptember 4.

rendű szervezeteknek megismerését, amelyek a talajt benépesítik, s benne biokémiai és biofizikai változásokat idéznek elő. A talajmikrobiológia legfontosabb célja tehát az, hogy a talajban élő mikroszervezeteket és az általuk kiváltott biokémiai és biofizikai változások eredetét és lefolyását vizsgálja, és törvényszerűségeiket megállapítsa.

A fentiek alapján egyes szerzők a talajt élő szervezetnek tekintik, amely mint írják: születik, él, kedvezőtlen körülmények között leromlik, kifárad, sőt meg is betegedhet és elpusztulhat, élettelen holt anyaggá válik. Ez a szemlélet a század első évtizedeiben létrejött német talajbiológiai iskolákra jellemző, de ezt tette magáévá kiváló talajmikrobiológusunk FEHÉR is, aki immár klasszikusnak számító kiváló művében, a Talajbiológiában a következőket írja: „A talaj a benne lévő növényi és állati mikro- és makroszervezetek állandó életműködése következtében a maga egyéni önálló szervezeti életét éli, s összetételét a benne lefolyó életjelenségek következtében mind kémiai, mind pedig fizikai értelemben állandóan változtatja.”

Ennek a szemléletnek alapvető fogyatéka abban van, hogy egyenlőségjelet tesz a talaj és a benne élő mikroszervezetek közé, holott a talajban a biotikus és abiotikus komponensek szerves egységet képeznek. Éppen ezért a talajélet törvényszerűségeinek megismerése csak akkor viszi előre a talajtan problémáinak megoldását, ha az párosul a talajfizikai és talajkémiai sajátosságok tanulmányozásával. De ez fordítva is áll: talajfizikai és talajkémiai módszerekkel a talajt csupán statikus állapotában tudjuk vizsgálni, a mikrobiológiai módszerek alkalmazása viszont lehetővé teszi, hogy azt fejlődésében, változásában tanulmányozzuk.

Azonban nem elegendő az egyes összefüggések, törvényszerűségek feltárása a talajmikrobiológiában, ha ezek nem nyújtanak segítséget a talajművelő és a növénytermesztő számára. A talajmikrobiológia csak abban az esetben tudja betölteni a feladatát, ha segít tisztázni azt, hogy a különböző agrotechnikai módszerek mint a trágyázás, talajjavítás, talajművelés, öntözés, peszticidek alkalmazása stb. mennyiben biztosítják a nagy termések elérését, úgy hogy ezzel egy időben a talaj potenciális termőképessége ne csökkenjen, sőt fokozódjon.

A mezőgazdasági termelés a második világháború után átalakuláson ment át. Ezt az átalakulást az jellemzi, hogy az emberi kézimunkát felváltják a gépek, a növények táplálásában jelentőséget kapnak az ásványi tápanyagok, a műtrágyák úgyannyira, hogy a műtrágyafelhasználás szintje a mezőgazdaság fejlettségének egyik fontos mutatója. A klasszikus vetésforgós termesztési módszerekkel szemben egyre inkább tért hódít a monokultúra termesztési mód, amelyben 1—1 fontos kultúrnövényt egy évtizeden át vagy még tovább is termesztene folyamatosan. Mivel ilyen körülmények között az állati és növényi kártevők szaporodása felgyorsul, egyre nagyobb tömegben kerülnek a talajba a különböző növényvédő anyagok, a peszticidek. Ez az ún. iparszerű

mezőgazdasági termelés újabb és újabb problémákat vet fel a talajok termékenységével foglalkozó kutatóknak.

Felvetődik a kérdés, hogy a megváltozott helyzetben mennyiben módosul a talajmikrobiológia szerepe és jelentősége. Vitán felül áll ugyanis, hogy tudományterületünkön is bizonyos átrendeződés ment végbe. Vannak olyan kérdések, amelyeknek korábban alapvető jelentőséget tulajdonítottunk, napjainkban azonban ezek jelentősége csökkent. Vannak problémák, amelyek korábban teljesen ismeretlenek voltak, a jelenben viszont és méginkább a jövőben, megoldásuk egyre égetőbben jelentkezik.

Mikroszervezetek és a növényi tápanyagok

Ismeretes, hogy a korábbi években a talajok nitrogéntartalmának fokozásában alapvető jelentőségűnek tartották a biológiai nitrogénkötést, s erre épült fel a VILJAMSZ által kidolgozott füves vetésforgós földművelési rendszer is. Különböző baktériumtenyészeteket juttattak és juttatnak részben ma is a talajba, hogy azok ott elszaporodva, fokozzák a talaj nitrogénkészletét. Ismereteink mai szintjén már nem lehet vita tárgya, hogy a nitrogénvisszapótlás alapvető formája a műtrágyázás, s a talajoltásnak ott, ahol az eredményre vezet, kiegészítő jelentősége van.

Vitatott a létjogosultsága a szabadon élő nitrogénkötő szervezeteket, foszfor- és káliumvegyületeket mobilizáló baktériumtenyészetek talajba vitelének, természetesen leszögezve azt, hogy ezek a szervezetek a talajban fontos szerepet visznek annak termékenységében. A mikroszervezetek ugyanis a talajban bonyolult biocönózist alkotnak, s úgy tűnik, hogy néhány millió vagy milliárd sejt bevitelével ezt módosítani nem vagyunk képesek. Itt kivételt képez a pillangós növények oltása, mivel a magvak felületén elhelyezkedő szervezetek meggyorsítják a gumóképzést a gyökéren, a talajtól és a növénytől függően 10–15% termésnövekedést is eredményezhetnek, különösen abban az esetben, ha az oltóanyag nagyobb teljesítőképességű törzseket tartalmaz, mint a talajban spontán előforduló baktériumok.

A korábbi években, amikor a talajok nitrogénutánpótlását az istállótrágya vagy az ugarolás biztosította, a talajtermékenység egyik mutatója a nitrátszolgáltató képesség volt. Az ammoniumsók nitrifikációja az intenzív műtrágyázás korában káros folyamat, mivel elősegíti a denitrifikációt, a kimosódást. A NO_3 ionok felhalmozódása a növényben és az ivóvízben egy bizonyos határ felett mérgező lehet az állati szervezetekre. Ezért megfelelő vegyszerek alkalmazásával gátolják a nitrátképződést a talajban.

Néhány évtizeddel ezelőtt a talajok termékenysége elsősorban az istállótrágyázásra, illetve a talajok természetes termékenységére épült. A mikroszervezetek lebontották az istállótrágyát és a talaj humuszanyagait, s a nö-

vény számára felszabadították a tápelemeket, azaz képletesen szólva a mikroszervezetek táplálták a növényeket. Az alkalmazott agrotechnika évszázadokon keresztül arra irányult, hogy ezeket a folyamatokat meggyorsítsa. Ma már a helyzet megváltozott. A mikroorganizmusoknak azt a szerepét, hogy a növényt táplálják, az ember vállalta magára azáltal, hogy a növényi tápanyagokat műtrágyák formájában a talajba juttatja. Ma már nem fér kétség ahhoz, hogy az így bevitt ásványi anyagokat a növények a mikroorganizmusok közvetítése nélkül is hasznosítani képesek. Ennek ellenére a mikroszervezeteknek továbbra is fontos szerepük van a talajba kerülő növényi tápanyagok további sorsát illetően. Ez logikusan következik abból, hogy a mikrobák tömege optimális körülmények között 1 hektár talajban elérheti, sőt túlhaladhatja a 4 tonnát is. Ez a rendkívül nagy felülettel rendelkező élő tömeg lényeges befolyást gyakorol a talajba juttatott műtrágyák további sorsára. Ismert tény, hogy a nitrogénműtrágyák hasznosuláskoefficiense optimális körülmények között is 60% körül van, sok esetben pedig ennél kevesebb. Számítások szerint a talajba vitt nitrogénműtrágyának több mint 20%-a rövid idő elteltével kimutatható a mikroorganizmusok testébe beépítve. Igaz ugyan, hogy ez a nitrogén a későbbiek folyamán ismét felvehetővé válik, azonban már csak a következő évi terméshez képez tartalékot.

A nagyadagú nitrogéndózisok alkalmazásával arányosan növekednek a nitrogénveszteségek is. Ennek a magyarázata egyrészt abban van, hogy ilyen esetben fokozódik a denitrifikáló baktériumok tevékenysége. Az általuk okozott nitrogénveszteség mértéke becslések szerint megegyezik a N-kötők által biztosított nitrogéntöbbséggel. Arányosan növekednek a kimosódási veszteségek is, amelyekhez, éppen úgy mint a denitrifikációhoz, a nitrifikáló baktériumok tevékenysége nyújt segítséget.

Figyelmet érdemel az a körülmény is, hogy a műtrágyák – fokozva a talajmikroorganizmusok aktivitását – lebontható szerves növényi maradványok hiánya esetén serkenthetik a humusz mikrobiológiai degradációját.

A helytelen műtrágyázási rendszer súlyos problémákat okozhat az entrofizálási folyamatok felgyorsításával, mivel az ökológiai rendszerek egyensúlyának felborítása felmérhetetlen károkat okozhat a természetben.

Mint ismeretes a makro- és mikroflórához tartozó szervezetek hasonló egymáshoz abban, hogy egyaránt igényelnek ásványi tápanyagokat. A különbség közöttük abban áll, hogy az előbbiek szénszükségletüket a levegő CO_2 -jából fedezik, az utóbbiak pedig a talajban előforduló szervesvegyületekből. Logikusan vetődik fel az az elképzelés, hogy a műtrágya-érvényesülési koefficiens a talajba kerülő növényi maradványok mennyiségén keresztül lehetne valamilyen módon szabályozni. A talajba kerülő növényi maradványok és a talaj termékenysége közötti összefüggés azonban rendkívül bonyolult jelenség, s erre a későbbiekben részletesen is ki fogunk térni.

Peszzticidek és a talajmikrobák kölcsönhatása

A mezőgazdaság kemizációjában rendkívül fontos jelentősége van a növények felületére, illetve a talajokba juttatott vegyi anyagoknak, a peszticideknek, amelyeket a növényi és állati kártevők leküzdésére, illetőleg a gyomnövények elleni küzdelemben alkalmaznak. A peszticideknek 3 alapvető csoportját különböztetik meg: a herbicideket, inszekticideket, valamint a fungicideket. A peszticidek felhasználása a mezőgazdasági termelésben rohamosan terjed mind kvalitatív, mind pedig kvantitatív értelemben. Irodalmi adatok szerint a növényvédőszeresek e három különböző csoportját 4 : 2 : 1 arányban alkalmazza a mezőgazdasági gyakorlat.

A kutatások során megállapították, hogy a peszticidek felsorolt csoportjai eltérő módon befolyásolják a talaj mikroszervezeteit. Közülük különösen a fungicidek tekinthetők toxikusnak talajbiológiai vonatkozásban, ami logikusan következik abból, hogy az ide tartozó kemikáliáknak a feladata a kórokozó gombaszervezetek elpusztítása. Mivel szelektivitással nem rendelkeznek, ugyanolyan fokban gátolják a szaprofita szervezeteket is. Azonban a másik két csoporthoz tartozó peszticidek között is számos olyan szer található, amelyek károsítják a talaj hasznos organismusait. Ide sorolhatók pl. a diquat és a paraquat tartalmú herbidek, amelyek a nitrogénköti azotobakter „in vitro” jobban károsítják mint számos antibiotikum.

A peszticidek talajbeli szerepének tanulmányozása szerves részét képezi annak a nemzetközi mértékben is kibontakozó széleskörű tudományos együttműködésnek, amelynek a célja az ember védelme környezetének káros hatásaival szemben. A téma fontosságát bizonyítja az is, hogy közülük egyesek, mint pl. a klórozott szénhidrogének, annyira károsnak bizonyultak, hogy számos országban betiltották forgalmazásukat. A peszticidek, mint említettük, a talaj mikroflóráját és a faunáját károsan befolyásolhatják. Amellett ugyanis, hogy elpusztítják a káros szervezeteket, nemkívánatos kísérőjelenségeket válthatnak ki. Ilyen pl. a negatív szelekció, amikor is a kiirtott organismusok helyére más káros organismusok lépnek, avagy közvetlenül a hasznos szervezetek is károkat szenvednek. Ezek az utóbbiak a vegyi készítményeknek nem mindig a várt hatásából, nem kielégítő szelektivitásából, illetve célszerűtlen használatából származnak. A probléma jelentőségét az is bizonyítja, hogy az elmúlt tíz év folyamán a mezőgazdaság területén felhasznált növényvédő anyagok mennyisége mintegy megtízszereződött, s a növekedés üteme a jövőben is hasonló lesz. Tehát a talajban végbemenő biológiai folyamatokat úgy kell szabályoznunk, hogy a hasznos szervezetek tevékenysége ne szenvedjen gátlást, s ezen keresztül a talaj termékenysége ne csökkenjen.

A peszticidek és a talajmikroorganizmusok kölcsönhatásánál két aspektust különböztetünk meg. Az egyik a peszticidek hatása a talaj hasznos mikroorganizmusainak tevékenységére, a másik pedig a talajban élő mikroszerve-

zetek tevékenysége a peszticidek detoxikálásában. Vegyük elsőnek a peszticidek hatását a talajmikroorganizmusokra.

Az irodalmi adatok, amelyek e területen napvilágot láttak, meglehetősen sokrétűek és ellentmondanak egymásnak. Ennek részben az az oka, hogy az egyes szerzők különböző módszerekkel dolgoztak, másrészt pedig a vizsgált peszticidek, talajmikroorganizmusok és talajtípusok sokféleségében keresendők az eltérések. A kísérletek bebizonyították, hogy ugyanaz a peszticid meghatározott körülmények között serkentő hatású a talajmikrobákra, más viszonyok között gátol vagy nem fejt ki hatást. Ez azzal magyarázható, hogy a vegyi anyagok által kiváltott anyagcsereváltozások csak részben függnak az illető kemikália természetétől, mivel azokat lényeges mértékben befolyásolják egyrészt a külső környezet feltételei, másrészt pedig az élő szervezet sajátos anyagcseretípusa. A vegyi anyagok a plazmába kerülve bekapcsolódhatnak a sejt biokémiai és biofizikai folyamataiba, s abban az életfolyamatok mechanizmusát változtatják meg.

Az e területeken folyó kutatások jelentős részét *in vitro* körülmények között végezték. Tehát azt tanulmányozták, hogy az egyes, a talajtermékenység szempontjából fontos szerepet vivő mikroorganizmusok adott környezeti feltételek között mennyiben mutatnak szenzibilitást egy peszticid különböző dózisaival szemben. Ezek a vizsgálatok elengedhetetlenül szükségesek ahhoz, hogy tisztázni tudjuk az ekoszisztéma egyes tagjainak viszonyát a különböző talajidegen anyagokkal szemben. Hangsúlyoznunk kell azonban azt, hogy az *in vitro* rendszerekben végzett kísérletek eredményeinek átvitele a természetes viszonyokra igen nehéz, és sok óvatosságot követel. Nem valószínű ugyanis, hogy a mesterséges szubsztrátumban felhasznált peszticid dózisok a talajban is ugyanolyan hatást váltanak ki a mikroszervezetekre, mint *in vitro* viszonyok között. Éppen ezért a tiszta kultúrákkal, mesterséges tápközegben végzett vizsgálatok eredményeit csupán tájékoztató jellegűeknek tekinthetjük, amelyekből legfeljebb tendenciájában lehetséges a természetes viszonyok között lefolyó jelenségekre következtetni. Ez azért van, mivel nem ismerjük azt a különbséget, amely a két eltérő rendszer között fennáll a peszticidhatás jellegére, és mértékére kifejtett befolyás szempontjából.

A kutatók egy része megelégszik csupán azzal, hogy a gyakorlatban alkalmazott peszticid dózist, illetve annak többszörösét vagy meghatározott hányadát mesterséges szubsztrátumba viszi, megállapítja a gátlás vagy serkentés mértékét, s ebből próbál gyakorlati következtetéseket levonni. Az ilyen kísérletek nem veszik tekintetbe azt, hogy vannak kemikáliák, amelyek éppen a talaj egyes komponenseivel kölcsönhatásban válnak toxikussá, vagy a degradációjuk előrehaladtával fejtenek ki toxikus hatást. Az ilyen kísérletek nem tudnak választ adni arra sem, hogy az adott peszticid mennyiben befolyásolja vagy szakítja meg a táplálkozási láncot, az ökológiai rendszer tevékenységét,

mivel ehhez csak in vivo körülmények között végzett kísérletek nyújthatnak segítséget.

Nem mentes problémáktól a peszticideknek a mikrobákra gyakorolt hatásának tanulmányozása a természetes rendszerekben sem. A szerzők egy része ugyanis csupán számszerű adatok közlésére szorítkozik. Meghatározzák a talajmikrobák összmennyiségét direkt módszerrel, vagy pedig mesterséges tápközegben, illetve kimutatják a talaj termékenységében fontos szerepet vivő fiziológiai csoportok mennyiségi alakulást. Anélkül, hogy részletesen taglalnánk ezeknek a módszereknek általános hiányosságait, nevezetesen azt, hogy napjainkban már egyre több olyan mikroszervezetet ismerünk, amelyek a fenti módszerekkel nem mutathatók ki, hangsúlyoznunk kell, hogy a talajba vitt kemikáliák annak heterogén volta miatt nem egyenletesen oszlanak el. Ennek megfelelően a talajnak a peszticideket tartalmazó szintjében élő mikroszervezetek eltérő peszticidkoncentrációk hatása alá kerülnek. A diszperzió foka nem utolsósorban az egyes talajtípusok sajátosságainak a függvénye, de lényeges befolyást gyakorol a növényekkel való fedettség foka és más tényezők, ezért a térfogat- és felületegységre számított adatok egymáshoz történő viszonyítása semmi körülmények közt nem nyújthat egyértelműen szabatos adatokat.

A kutatók túlnyomó többsége a talajokban végbemenő metabolikus folyamatokat vizsgálja az összaktivitás alapján. Így különböző peszticidek jelenlétében tanulmányozzák a talajok oxigénfogyasztását, CO_2 produkcióját, a talajokba kevert különböző organikus anyagok elbomlásának gyorsaságát, valamint az átalakulásban szerepet vivő különböző fermentek aktivitását.

Kétségtelen, hogy az így nyert adatok elfogadhatóbb összehasonlítási alapot nyújtanak, mint a csírászám meghatározása, azonban ezeknek is megvan a maguk hiányossága. Általában a mikroszervezetek összességének, illetve nagyobb csoportjainak tevékenységét lehet segítségükkel meghatározni, de nem alkalmasak annak kimutatására, hogy a peszticid jelenléte a talaj termékenységében fontos szerepet vivő egyes mikrobacsoportok vagy éppen -fajok kölcsönös kapcsolatát mennyiben befolyásolja. És ennek a ténynek a peszticidkutatásban alapvető jelentősége van. A fentiek illusztrálására saját kísérleteink alapján egy példát ismertetek. A Gramoxone herbicid talajba keverésekor azt találtuk, hogy viszonylag nagy dózisok nem gátolják a talajba vitt cellulózpor elbontásának intenzitását. Ebből a tényből bizonyos fenntartásokkal arra lehetne következtetni, hogy az említett herbicid a talajbiológiai folyamatok szempontjából nem jelent számottevő veszélyt. Azonban amikor kitenyésztettük a talajból a cellulózbontó mikroszervezeteket, azt találtuk, hogy a nagy Gramoxone dózis lényeges változásokat okozott a cellulózbontó mikroszervezetek faji összetételében. A cellulózbontó baktériumok tel-

jesen eltűntek, a gombák faji összetétele pedig jelentősen módosult. Jelen-tősen csökkent a szaprofita *Penicillium*, *Aspergillus*, *Humicola*, *Trichoderma* fajok száma, túlsúlyba jutottak viszont a *Fusarium*, *Hormodendrum* fajok, valamint más növényi kórokozók.

A fentiek minden kétséget kizáróan bizonyítják, hogy a peszticideknek a talajmikrobákra gyakorolt hatása igen bonyolult és sokoldalú, s ez a kutatóktól is sokoldalú komplex vizsgálatokat kíván, amelyekhez még számos módszer a jövőben kell kidolgozni.

A következőkben a probléma másik oldalát vizsgáljuk meg. Általában az lenne a kíváncsi, hogy egy adott növényvédő szer, miután betöltötte szerepét a talajban, elveszteni toxicitását, megsemmisülne. A gyakorlatban sajnos az esetek többségében nem így van. Csupán az utóbbi időben kezdenek figyelmet fordítani erre a rendkívül fontos követelményre a kutatók, első-sorban a klórozott szénhidrogének tömeges felhasználásának eredményeképpen nyert negatív tapasztalatok alapján.

A talajba kerülő peszticidek detoxikációja a kémiai, fizikai és biológiai tényezők együttes hatására megy végbe. A peszticid reakcióba léphet a talaj különböző komponenseivel és elveszti hatását, de inaktíválódhat olyképpen is, hogy megkötődik az ásványi és szerves kolloidok felületén. Természetesen ez az utóbbi csak időleges inaktíváció, mivel a környezeti faktorok változásával deszorpció is végbemenet. Az adszorpció sok esetben katalizálhatja a kémiai átalakulást, de ennek a fordítottjára is ismerünk példát. A különböző talajok adszorbeáló képessége lényeges mértékben különbözik egymástól, az ásványi és szerves kolloidok mennyiségétől, valamint az adszorbeáló komplexum telítettségétől függően. Saját kutatásaink eredményei azt bizonyítják, hogy 1 g bentonit 18 mg Gramoxone hatóanyagot képes megkötni, egy másik agyag-ásvány, az illit viszont ennek a mennyiségnek a felét. Ami a talajokat illeti, a Nagyhorcsogi Állami Gazdaság talajából vett minta 1 g-ján 1,2 mg Gramoxone-t adszorbeál, a karcagi szolonyec talaj már 1,6 mg-ot. Ezzel szemben a szerves és ásványi kolloidokban szegény őrszentmiklósi homoktalaj 0,25 mg-ot. A kicserélhető kationok eltávolítása megnöveli, a humuszanyagok kivonása pedig mintegy felére csökkenti a Gramoxone adszorpcióját a talajban. Vannak herbicidek, amelyek csupán akkor alkalmazhatók eredményesen, ha a talaj szervesanyag-tartalma legalább egy bizonyos szintet (1—2%) elér. Ez a jelenség a talaj szerves anyagának egy új, a környezetvédelem szempontjából igen fontos funkciójára hívja fel a figyelmet, amelyre a talajok termékeny-ségének kutatása során az eddiginél nagyobb figyelmet kell fordítani.

Az abiotikus faktorok között a peszticidek detoxifikációjában fontos szerepet visz a fény hatására történő szétesés és a kimosódás. A magasabb rendű növények azáltal, hogy gyökereik útján a készítmény egy részét fel-veszik, ugyancsak lekötik és inaktíválják. A fenti faktorok mellett a peszti-cidek mérgező hatásának kiküszöbölésében fontos szerepet visznek a mikro-

organizmusok. Ezt látszanak alátámasztani azok a kísérletek, amelyek bebizonyították, hogy a peszticidek toxicitásának csökkenése steril talajokban igen minimális a nem sterilizált talajokhoz viszonyítva. Természetes miliókben a különböző biotikus és abiotikus tényezők együttesen idézik elő a peszticidek biológiai degradációját.

Felmerül a kérdés, hogy a biológiai degradáció feltételei természetes viszonyok között miként javíthatók, s ezáltal a talaj megtisztulását mennyiben vagyunk képesek befolyásolni. Mivel a humusztartalom alapvető mértékben meghatározza a megkötődést, figyelmet kell fordítani arra, hogy a humusztartalom ne csökkenjen. Ehhez pedig az szükséges, hogy a talaj szervesanyag-utánpótlása, a tarló- és gyökérmaradványok formájában folyamatos legyen. A talajba kerülő növényi maradványok más vonatkozásban is hozzájárulnak a peszticidek lebontásához. Azáltal, hogy tápanyagot biztosítanak a mikro-szervezetek életműködéséhez, meggyorsítják azok szaporodását, s ezáltal siettetik a peszticidek elbontását is. Ezzel kapcsolatban ma már számos irodalmi forrásmunkával rendelkezünk. Saját vizsgálati adataink ugyancsak alátámasztják, hogy a cellulóz talajba keverése mintegy felére rövidíti le a Gramoxone detoxikációjának időtartamát. Figyelmet kell fordítani arra, hogy amennyiben több hasonló hatású, de különböző kémiai felépítésű szer áll rendelkezésünkre, azokat felváltva ajánlatos alkalmazni, mivel így az akkumuláció veszélye kisebb.

Itt kell megemlékezni a háztartásokban egyre szélesebb körben alkalmazott szintetikus mosó-, illetve mosogatószeres káros hatásáról. Ezek a felületaktív szerek a szennyvizekkel együtt a tározókba kerülnek, s így elsősorban a vízi ökoszisztémákra fejthetnek ki káros hatást. Azonban az öntözés kiterjesztésével mind nagyobb mennyiségben jutnak szántóföldjeinkre is. Tehát feltétlenül szükséges tanulmányozni a detergenszek detoxikációjának különböző tényezőit is.

A talajok szervesanyag-tartalmának jelentősége

Végül szeretnék foglalkozni a talajok szerves anyagának, a humusznak jelentőségével a mezőgazdaság kemizációjának korszakában. A talajmikrobiológia egyik klasszikusa a nemrégiben elhunyt SELMAN WAKSMAN, a humusz jelentőségét úgy definiálta, hogy a termőtalajt a humusztartalma különbözteti meg az anyakőzettől. Kétségtelen az, hogy a talaj szerkezete, amely a potenciális termőképesség egyik fokmérője, a humusztartalom mennyiségétől és minőségétől függ. Bevezetőben utaltunk rá, hogy a növények táplálását az intenzív műtrágyázással az ember vállalta magára, tehát a humuszmolekulába beépített növényi tápanyagok jelentősége, legalábbis a

fejlett kémiai iparral rendelkező országokban csökkent az előző évtizedekhez viszonyítva. Logikusan vetődik fel a kérdés azt jelenti-e ez, hogy a jövőben a mezőgazdasági termelés során nem kell tekintettel lennünk a humuszra s általában a szervesanyag-utánpótlásra. Véleményünk szerint semmiképpen sem jelentheti azt. Ez a szemlélet egyoldalú, mert tagadja azokat a kutatási eredményeket, amelyeket a talajmikrobiológia közel egy évszázados története során elért. Nem kívánok foglalkozni a talajok termékenységének talajfizikai és talajkolloidikai faktoraival, amelyek, mint közismert, szoros kapcsolatban állnak a humusszal. Nem lehet elmenni azonban a mellett a széles körben ismert tény mellett, hogy a műtrágyázás színvonalának emelkedésével növekednek a tápanyagveszteségek is. Tehát hatványozottabban fontos az, hogy a tápanyagok ne mosódjanak ki a talajból, hanem felvehető formában maradjanak a növény fejlődésének különböző szakaszában. Ugyanez a követelmény áll fenn egyes tartamhatású peszticidek vonatkozásában is. Ezek megkötésében az ásványi kolloidok mellett igen fontos szerepük van a talaj humuszanyagainak.

A korábbiakban már beszéltünk arról, hogy a növényvédelem kemizálásának előrehaladása csak úgy lehetséges, ha a detoxikáció feltételei adva vannak. Márpedig a szerves talajkolloidok szerepe bebizonyított a növényvédőszeres jelentős részének abszorpciójánál.

Tehát a mezőgazdasági termelés során továbbra is fontos feladatunkat képezi az, hogy a talaj szervesanyaga ne csökkenjen, sőt fokozódjék. A tartamkísérletek eredményei azt bizonyítják, hogy éghajlati viszonyaink között a humusztartalom szervesstrágya bevétele nélkül sem csökken számottevően a több évtizedes monokultúrák talajában annak ellenére, hogy a mineralizációs folyamatok végbemennek. Szovjet adatok szerint 30 éves monokultúráknál a talaj humusztartalma 1–2%-kal csökkent a kiindulási mennyiséghez viszonyítva, amely nem számottevő. Ez azt is bizonyítja, hogy a növényi szár- és gyökérmaradványok teljes egészében képesek fenntartani a talajok szervesanyag-háztartásának egyensúlyát. A talajba kerülő tarló- és gyökérmaradványok jelentőségét növeli az is, hogy a biológiai folyamatok serkentésével meggyorsítják a peszticidmaradványok detoxikációját is. Szerintünk a növényi maradványok elégetése, megsemmisítése a talaj felszínén csak kivételes agrotechnikai módszer lehet, de semmi esetre sem rendszeres. Nem férhet kétség ahhoz, hogy alapvetően fontos a termelés gazdaságossága s ennek fokozása céljából mindent el kell követnünk. Azonban a mezőgazdasági termelés — eltérően az ipari termeléstől, — élő szervezeteken keresztül realizálódik, s ezért a közgazdasági tényezők mellett nem szabad figyelmen kívül hagyni a talajtermékenység biológiai körülményeit sem.

Nem lehet az a célunk, hogy csak ma kapjunk nagy terméseket, hanem gondolni kell a holnapra, fiainkra és unokáinkra. Gondolnunk kell arra, hogy Földünk felszínén, ma még 0,4 ha termőterület jut egy főre, de 25 év múlva

ennek már csak a fele. A talajtermékenység fokozása tehát a civilizáció rohamos előretörésével egyre égetőbb szükségsszerűséggé válik. Ebben kell, hogy segítséget nyújtsanak mind a jelenben, de a jövőben méginkább a talajbiológiával foglalkozó kutatók, mert soha nem voltak aktuálisabbak, mint most, Marxnak a bevezetőben idézett szavai.

Összefoglalás

A mezőgazdasági termelés fokozódó kemizációja újabb és újabb feladatokat ró a talajmikrobiológiával foglalkozó kutatókra. A műtrágya-felhasználás ugrásszerű növekedése igényli a talajokon végbemenő mikrobiológiai folyamatok sokoldalú tanulmányozását, mivel a műtrágyák érvényesülése nem utolsósorban a talajmikroorganizmusok tevékenységétől függ.

A különböző növényvédő szerek tömeges talajba kerülése extrém esetekben károsan befolyásolja a talajban végbemenő transzformációs folyamatokat. A peszticidek degradációjában fontos szerepet visznek a talajmikroorganizmusok, amelyek megfelelő feltételek között hatástalanítják a különböző szerves növényvédőszereket. Ezért a peszticidek minősítésénél feltétlenül figyelembe kell venni a talajmikrobiológiai szempontokat is.

A talaj szerves anyagának jelentősége a kemizáció korszakában sem csökken, sőt lényegesen fokozódik, mivel mind a növényi tápanyagok megőrzésében, mind pedig a peszticidek talajbeli adszorpciójában fontos szerepet visznek a humuszanyagok.