

A TALAJMIKROBÁK ÉS A PESZTICIDEK KÖLCSÖNHATÁSA*

K. H. DOMSCH

Mezőgazdasági Kutatási Központ Talajbiológiai Intézete, Braunschweig—Völkenrode,
Német Szövetségi Köztársaság

A peszticidek térben és időben fejtik ki hatásukat, amelynek során gátolják bizonyos élő szervezetek szaporodását, illetve elpusztítják azokat. Kémiai összetételüket tekintve kevés kivétellel a szerves vegyületekhez tartoznak, jóllehet a talaj szerves anyagának csupán egy igen jelentéktelen részét teszik ki mennyiségüket tekintve, ugyanakkor az élő szervezeteket képesek holt anyaggá változtatni.

A peszticideket a mezőgazdasági gyakorlat az állati és növényi kártevők elpusztítása, a növényi betegségek megakadályozása, s általában a populációkhoz tartozó egyedek növekedésének szabályozása céljából alkalmazza. A peszticidek körülbelül 150 különböző kémiai csoporthoz tartoznak és 4 : 2 : 1 arányban herbicidekből inszekticidekből és fungicidekből tevődnek össze (I. táblázat).

A talajok bioszférája és a peszticidek között fennálló kölcsönös kapcsolatoknak két alapvető formáját különböztetjük meg: a) a peszticidek hatása a talajmikroflórára, b) a peszticidek mikrobiológiai elbontása. Mindkét aspektusnak nagy jelentősége van nem csupán a talajtermékenység szempont-

I. táblázat

A peszticidek fontosabb csoportjai

Akaricidek	<i>Herbicidek</i>
Halmérgek	Növekedés szabályozók
Madármérgek	Defolianták.
Amphibia-mérgek	
Reptilia-mérgek	
Invertebrata-mérgek	
Mammalia-mérgek	
<i>Inszekticidek</i>	
Nematocidek	
Baktericidek	
Fungicidek	
Algicidek	

* Elhangzott a Talajmikrobiológiai Szimpozionon. (Budapest, 1970. június 18.)

jából, hanem ezen túlmenően az egészségügy szempontjából is. A következőkben néhány kísérleti eredményt ismertetünk a peszticideknek a mikroorganizmusokra kifejtett hatásával kapcsolatban.

A peszticidek hatása a talajmikroorganizmusokra

1963-ig mintegy 350 dolgozat foglalkozott ezzel a témakörrel [DOMSCH (1963)], ezek száma napjainkig hozzávetőleges becslések szerint mintegy megkétszereződött. Ez a tény is bizonyítja azoknak a kísérleteknek a jelentőségét, amelyeket a peszticidekkel kapcsolatban az egész világon folytatnak.

Számos olyan publikáció is megjelent ebből a témakörből, amely nem viszi előre jelentősen e téren szerzett ismereteinket. A peszticidek, a talajok valamint a mikropopuláció eltérő volta ugyanis számottevően megnehezíti a munkát. A talajbiológia egyik fontos feladata a talajban élő organizmusok tevékenységének megismerése abból a célból, hogy ezen keresztül megismerjük azt a szerepet, amelyet a különböző organizmusok a talaj ökoszisztémájában betöltenek. Napjainkban más számos olyan módszert ismerünk, amelyek alkalmasak a funkcionális kölcsönhatások tanulmányozására.

A II. táblázatban áttekintést nyújtunk a peszticidek alkalmazásának néhány lehetőségéről, valamint azoknak a talaj mikroszervezeteire gyakorolt másodlagos hatásáról. Mielőtt egy kísérlet beállításra kerül az egyes alternatívákat kritikailag értékelni kell. A következőkben négy példát mutatunk be:

1. Amennyiben a peszticidmaradványok felhalmozódnak a termésben és rontják annak minőségét, akkor a peszticid felhasználását nem szabad engedélyezni. Következtetésképpen ilyen peszticideknek a talajmikrobákra gyakorolt hatását sem kell tanulmányozni.

2. Közismert, hogy a nitrifikációs folyamatokat sok peszticid erősen gátolja. Azonban az is ismeretes, hogy a nitrifikációnak nincs jelentős szerepe a növények táplálkozásánál. Ilyenformán az értékelés során a nitrifikációs aktivitás elhanyagolható.

3. A mikroorganizmusok össz mennyiségét egyes peszticidek igen jelentősen csökkentik, azonban párhuzamosan az alapvető biológiai folyamatok kielégítően mennek végbe a talajban. Ilyen esetekben a dekompozíciós, transzformációs és produkciós folyamatoknak elsőbbségük van a numerikus adatokkal szemben.

4. A fungicides kezelés hatására néhány specifikus faj kivételével a gombák túlnyomó része elpusztul a talajban. Ilyen esetekben a baktériumok kerülnek túlsúlyba. Ebből következik, hogy a fungicidekkel kapcsolatos kísérletek során a gombaflóra szerepét nem szabad a talajbiológiai aktivitás kritériumaként kezelni.

A múltban annak a hatásnak a tanulmányozását, amelyet a peszticidek a talajbiológiai folyamatokra gyakorolnak különálló aspektusok alapján

II. táblázat

A peszticidek lehetséges hatása a talaj ökoszisztémában és a peszticidek felhasználásának lehetősége

PESZTICID

Az organizmusok vizsgálata szükséges

Az organizmusok vizsgálatára nincs szükség

Lehetőségek

Kémiai kontroll nem kell.
Specifikus kémiai kontroll szükséges.

Másodlagos hatás (mikrobák)

Összmenyiség csökkenés
Nagyobb csoportok csökkenése
Csökkenés az egyes fajoknál

Összaktivitás gátlása
Anyagcsere aktivitás gátlása
Biomassza képzés gátlása

Utólagos hatás

A talaj, víz és levegő szennyezése,
maradványok a növényekben és az
állatokban.

A táplálkozásciklus megszakítása
Ökológiai asszociációk megszakítása
Ökológiai regulációk megszakítása

Összaktivitás serkentése
Humusbontás késleltetése
Nem kívánatos organizmusok gátlása

végezték [ALEXANDER (1969)]. Abból a célból, hogy ezen a területen tovább tudjunk lépni az alábbi tennivalóink vannak:

- a) kritikailag kell értékelni az adott talaj ökoszisztémájának komplexitását,
- b) a rendszer komponenseit a legérzékenyebb módszerekkel identifikálni kell,
- c) az energifolyamatok megszakítását az ökoszisztémán belül ki kell mutatni.

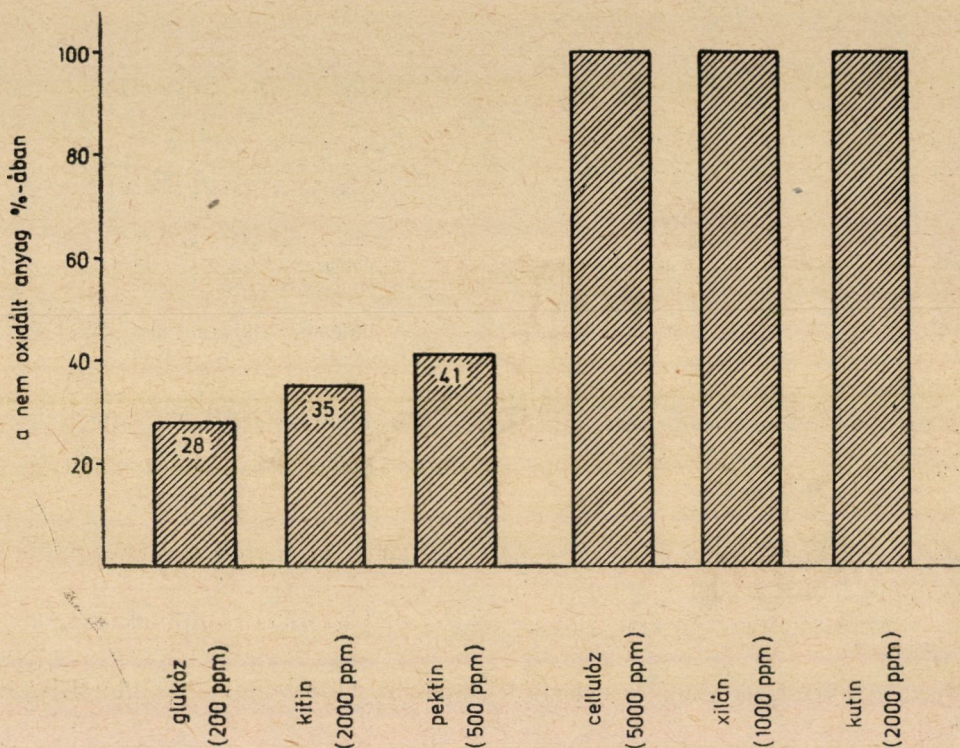
A talajmikrobiológiai vizsgálatoknak nem szabad egyszerű produktív adatok nyerésére korlátozódniuk, mivel ezek helytelen következtetésekhez vezethetnek. Ugyancsak tartózkodni kell olyan terminus technicusok használatától, mint a „biodinamikus kölcsönhatás”, „táplálkozási ciklus”, „talaj-metabolizmus” stb., amennyiben nem rendelkezünk megfelelő paraméterekkel ezek mérésére.

Elegendő egyszerű kísérleti módszerrel rendelkezünk, amelyek alkalmasak arra, hogy segítségükkel laboratóriumi viszonyok között tanulmányozzuk a talaj ökoszisztémáját. Saját kísérletünkben megkíséreltük a fungicidek másodlagos hatásának tanulmányozását az alábbi szempontok szerint:

1. a disszimilációs aktivitás a szencikluson belül megfelelő érzékenységgű-e?

2. lehet-e mérni a fiziológiai egyensúly helyreállítását a vizsgált talajokban?

A kísérletet az alábbi módszer alapján végeztük: 1–2 mm szemcsefinomságú légszáraz talajhoz különböző szerves anyagokat, így glukózt, pektint, kitint, xilánt és cellulózt adtunk, a talajt a kísérlet beállításakor megned-



1. ábra. 500 ppm kaptán (aktív anyag) hatása 6 különböző szénforrás oxidációjára.

vesítettük. Azt vizsgáltuk, hogy a kaptán (N-triklorometilmerkaptó-4-ciklohexen-1,2-dikarboximid) különböző dózisa mennyiben befolyásolják a talaj oxigénfogyasztását a felsorolt szerves vegyületek jelenlétében.

Az egyensúlyi állapotot, vagyis azt az időt, amely alatt a respirációs arányszám (O_2 felhasználás/idő) a kísérleti körülmények között eléri az állandó értéket, az el nem oxidált anyag százalékában fejeztük ki. Az 1. ábrából látható, hogy annál a három szubsztrátumnál, amelyeknek az oxidációját azonos enzimszisztéma végzi, 500 ppm koncentrációjú fungicid még lényeges gátló hatást nem fejt ki. Látható továbbá, hogy a cellulóz, xilán és kutin hat

hét elteltével sem bomlottak el a talajban. Azok a kritikus kaptán-koncentrációk amelyek jelenlétében a három utóbbi vegyület még elbomlik a következők: a kutin esetében 50 ppm, a xilán esetében 100 ppm, a cellulóznál pedig 200 ppm. A glukóz, kitin és pektin esetében a lag-fázis igen rövid időt vett igénybe (III. táblázat).

III. táblázat

500 ppm mennyiségű kaptán (aktív anyag) hatása
6 különböző szénforrás felhasználásának lag-fázisára

A felhasznált kaptán mennyisége	A szerves anyag megnevezése	A maximális felhasználás késleltetése órákban
500	glukóz	15
500	kitin	30
500	pektin	45
50	kutin	230
100	xilán	400
200	cellulóz	370

Amint a táblázatból látható a fiziológiai egyensúly meghatározott idő alatt helyreállt. Ha a peszticideknek a talajmikrobákra kifejtett gátló hatását szembeállítjuk a kedvezőtlen környezeti tényezők (szárazság, vízborítás, fagy, magas hőmérséklet) hasonló hatásával, akkor levonhatjuk azt a következtetést, hogy az előbbinek a túlértékelése súlyos hiba lenne. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a talaj mikropopulációjának heterogén volta kiegyenlíti egymást.

A peszticidek elbontása a talajmikrobák által

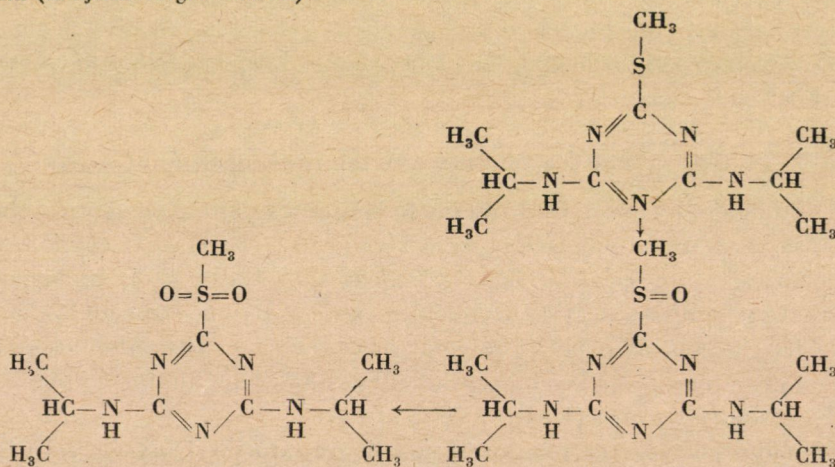
Miután a peszticidek betöltik funkciójukat a talajban, azok további megmaradása az esetek többségében nem kívánatos. Ezért az az egyik alapvető követelmény, amit velük szemben támasztanak, hogy azok biológiai úton elbontható vegyületek legyenek. Jelenleg az ún. „három nemzedékes inszekticidek” létrehozása alapvető problémát képez, s az ezzel kapcsolatos kutatómunka fontos feladata a kémiai szerkezet és annak lebonthatósági foka közötti összefüggések tisztázása [KEARNEY (1970)].

A mikroszervezetek rendkívül erős degradáló tevékenységével párhuzamosan a peszticidek a különböző abiotikus faktorok inaktíváló hatásának is ki vannak téve. Számos információval rendelkezünk azzal kapcsolatban, hogy az adszorpciós, vultizációs, transzlokációs, fotodekompozíciós és diffúziós hatások, a talajelemek kémiai reakciója, valamint a növényi és állati szervezetek által történő peszticidfelvétel jelentős inaktíváló szerepet töltenek be. A továbbiakban az képezi feladatunkat, hogy rámutassunk arra az igen jelentős szerepre, amelyet a mikroszervezetek a peszticidek inaktíválásában töltenek be különböző környezeti feltételek között.

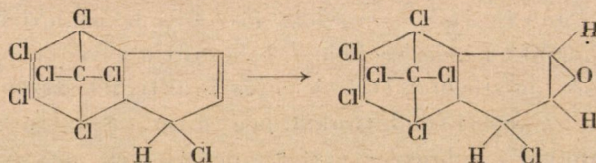
A talajba kerülő peszticidek a mikroszervezetek enzimatis reakcióinak vannak kitéve. Ezek a reakciók oxidációs, redukciós, észter-hidrolízises, dealkilezéses, dehalogénezéses, gyűrű-hidroxilezéses és gyűrű-hasításos jellegűek. A peszticideket a mikroszervezetek szénforrásként, nitrogénforrásként vagy energiaforrásként hasznosíthatják, illetve azok ko-metabolizmusához szolgáltatnak anyagokat (ALEXANDER 1967). Az lenne az ideális, ha a peszticidek olyan szintig degradálódna, ahol toxikus hatású maradványok már nem lennének kimutathatók. Azonban ezzel a tulajdonsággal a valóságban csak néhány herbicid rendelkezik. Ezért az itt használt fogalmak az elbomlás megjelölésére nem jelentenek teljes mértékű detoxifikációt.

A peszticidek biológiai elbontásával kapcsolatos kísérleteket részben talajkörülmények között, részben dúsított tenyészetekkel, részben pedig tiszta kultúrákkal folytatják. A kísérletek lefolytatása céljára egyszerű vizsgálati módszerek a legalkalmasabbak, amelyek biokémiai analízisre épülnek fel. Az ilyen módszerek mellőzik a kölcsönhatások kimutatását, amelyek a talajban minden bizonnyal megtalálhatók. Nem eléggé ismertek olyan esetek, amikor az aerob körülmények anaerobbá alakulnak át, vagy pl. a szukcessziós folyamatok, amikor kettő vagy több organizmus végzi az elbontás folyamatát.

rometrin (talajmikroorganizmusok)



Heptaklor (talajmikroorganizmusok)



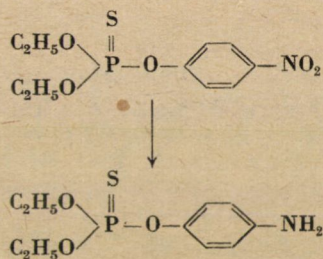
2. ábra: Prometrin és a heptaklor oxidációja

A következőkben, irodalmi adatok alapján, megkísérelünk egy rövid, azonban távolról sem teljes áttekintést adni a peszticidek elbomlásának különböző formáiról.

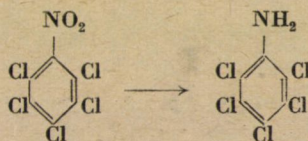
Oxidáció (2. ábra). A prometrinnek (2-metiltio-4,6-bis)izopropilamino-(s-triazin) egy nem identifikált talajmikroorganizmus által történő elbontását GYSIN (1962) tanulmányozta és megállapította, hogy a degradáció elsődleges termékei a sulfoxid és a szulfon. MENZIE (1969) szerint számos mikroszervezet az aldrinból dieldrint, valamint a heptaklórból heptaklorepoxidot tud képezni. A 2,4-diklórfenoloxialkaloid sav béta oxidációját GUTENMAN és munkatársai (1969) vizsgálták részletesen.

Redukció (3. ábra). A kutatók igen részletesen tanulmányozták a nitro-csoport redukcióját számos peszticid esetében. LICHTENSTEIN és SCHULZ (1964) parationt (0,0-dimetil-0-p- nitrofenilfoszfórt) vittek be a talajba, érlelés után aminoparationt határoztak vissza. A PCNB-nek (pentakloronitrobenzen) után

Paration (talajélesztők)



PCNB (Str. aureofaciens)

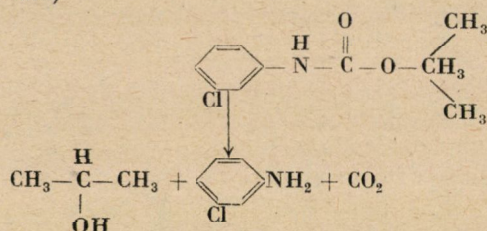


3. ábra: A paration és a PCNB redukciója

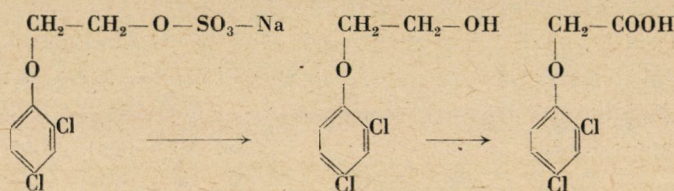
pentakloranalinná történő átalakítására sok mikroorganizmus képes. CHAKO és munkatársai (1966) a *Streptomyces aureofaciens* sugárgombával folytattak ilyen irányú kísérleteket. PROBST és TEPE (1969) szerint a trifluaralin (α,α,α -trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropil-p-toluidin) nitrocsoportjai és ennek származékai aminokká redukálódnak.

Észter hidrolízis (4. ábra). A foszfát tartalmú inszekticidek jól ismert kémiai hidrolízise mellett számos közlemény látott napvilágot az észterláncok enzimatiskus úton történő lebontásával kapcsolatban is. A CIPC (izopropil-N-/3-klorofenil-karbamat) elbontásáról KEARNEY és munkatársai (1965) közölnek adatokat, amelyekben megállapítják, hogy az 3-kloroanilinre, izo-

CIPC (Pseudomonas striata)



Sesone (Bac. cereus v. mycoides)

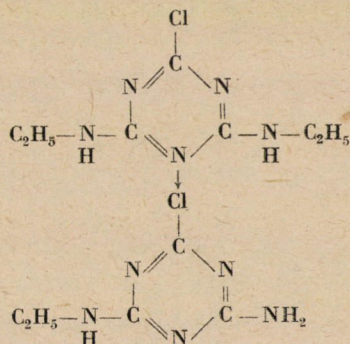


4. ábra: A CIPC és sesoneészter-hidrolízise

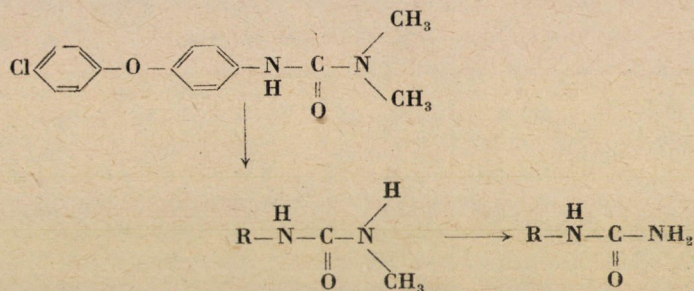
propil alkoholra és CO_2 -re esik szét, mint elsődleges termékekre. Az átalakulás legklasszikusabb példája a sesone (Na-2,4-diklorofenoxietil szulfát) nevű nem toxikus herbicid átalakulása 2,4 D-vé, 2,4-diklorofenoxietanol nevű közbeeső termék képzés kíséretében.

Dealkilezés (5. ábra). A dealkilezés folyamán az alkil csoportok és a szén-váz közötti N-, O- vagy S-kötések elszakadnak, mivel a C—R csoportok viszonylag szilárdabbak [KEARNEY és HELLING (1969)]. A simazin [2-klor-4,6-bis (etilamino)-s-triazin] detoxifikációja a N dealkilezéses mechanizmus alapján megy végbe és a folyamat során, mint KEARNEY és munkatársai (1969) megállapították, 2-klor-4-amino-6-etilamin o-S-triazin képződik. Valószínűnek látszik, hogy az elbontás további útja mindkét etilcsoport lehasításával, dehalogénezéssel és gyűrű hidroxilezéssel fejeződik be. A kloroxuron [3,4-(p-klorofenoxi)-fenil-1,1-dimetilurea] dealkilezése GEISSBÜHLER és munkatársai (1963) kevert tenyészetekkel folytatott kísérleteiben 3-(4-klorofenoxi)fenil-1-metilurea és 3-(4-klorofenoxi) fenilurea képződés mellett megy végbe.

Dehalogenizálás (6. ábra). Az enzimatis dehalogénezés a klórozott szén-hidrogének detoxifikációjának legfontosabb mozzanata. A dien csoporthoz tartozó vegyületek molekuláinak deklórozásával kapcsolatban bár nincsenek irodalmi forrásmunkák, azonban, mint PLIMMER és munkatársai kimutatták, sok mikroorganizmus át tudja alakítani a DDT-t [1,1-dikloro-2,2-bis(p-klorofenil)-etan] DDD-vé. ALLAN (1955) szerint egyes baktériumok képesek klórta-
lanítani a HCH-t (hexaklorociklohexan) monoklorbenzollá, illetve benzollá alakítva azt. KEARNEY és munkatársai (1964) arról közölnek adatokat, hogy a dalapon (2,2-dikloropropionsav) deklórozása in vitro körülmények között egy

Simazin (*Aspergillus fumigatus*)

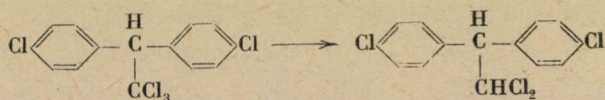
Kloroxuron (kevert tenyészet)



5. ábra: A simazin és a kloroxuron dealkilezése

DDT

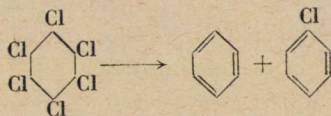
Aerobacter aerogenes



HCH

Bacillus coli

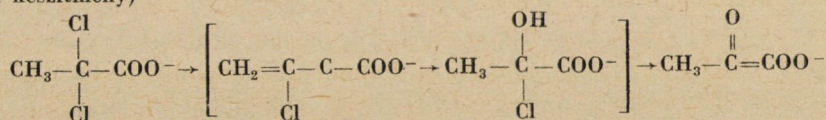
Clostridium sporogenes



Dalapon

Arthrobacter sp.

(enzim készítmény)



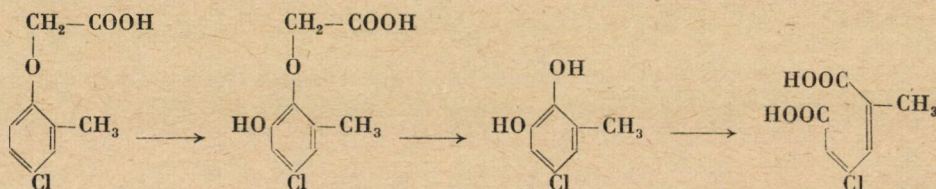
6. ábra: A DDT, HCH és a dalapon dehalogenizálása

Arthrobacter génuszhoz tartozó közelebbről meg nem határozott baktérium által termelt enzimkészítmény hatására 2-kloroakrilát és 2-kloro-2-hidroxi-propionat képződéssel megy végbe. Ez a folyamat végül piruvát képződéshez vezet, amely megközelíti az ideális detoxifikációs végterméket.

Gyűrű-hidroxilezés és gyűrű-hasítás (7. ábra). A mikroszervezetek az OH-csoportokat képesek bekapcsolni a fenol vegyületek metabolizmusának folyamatába, mivel ezek jól hozzáilleszkednek az aromatikussá gyűrűhöz. Az MCPA elbontásának első lépcsőjeként az OH-csoportok az 5-ös vagy 6-os pozíciók valamelyikbe kapcsolódnak 5-kloro-3-metilkatechin képződés kíséretében. A katechin-származéknál bekövetkező gyűrűszakítás eredményeként α -metil- γ -kloromukonsav képződik [FAULKNER és WOODCOCK (1965), GAUNT és EVANS (1961)]. GUNNER és ZUCKERMAN (1968), akik a diazinon nevű inszekticid biológiai úton végbemenő degradációját vizsgálták, további adatokat mutatnak be az enzimatis úton történő gyűrűhasítással kapcsolatban. A karbamil és a metilkarbamát inszekticidek hasonló úton végbemenő detoxifikációjáról KAUFMAN (1970) közöl adatokat.

MCPA

Aspergillus niger
(talajmikroorganizmusok)



7. ábra. Az MCPA gyűrű-hidroxilezése és gyűrű-hasítása

Ami a jövőt illeti, azoknak az ellentmondásoknak a tisztázása képezi az alapvető kutatási feladatot, amelyek tiszta tenyészetekkel, illetve talajviszonyok között lefolytatott vizsgálatok eredményei között fennállnak. Egyes peszticidek ugyanis, amelyek a mikroszervezetek mesterséges tenyészeibe bevive igen gyorsan elveszítik aktivitásukat, talajviszonyok között hosszú ideig megmaradnak aktív állapotban. Ennek azonban a fordítottja is lehetséges. A fentiekkel kapcsolatban az alábbi lehetőségek állnak fenn:

Mikropopuláció: a) nem képes adaptálódni a peszticidhez, b) hiányoznak a talajból a növekedési körülmények, c) nincsenek meg a talajban a növekedés feltételei.

Peszticid: a) a mikroszervezetek nem tudják értékesíteni, b) a mikroszervezetek nem tudják elviselni, c) a mikrobajelen nem indukálódik a megfelelő enzim.

Talaj: a) kedvezőtlenek a fizikai feltételek, b) kedvezőtlenek a kémiai feltételek, c) eltérő feltételeket igényel.

Reméljük, hogy az a sok erőfeszítés, amelyet a kutatók a peszticidek és a mikroszervezetek kölcsönös kapcsolatának felderítésének céljából fejtettek ki, végül is megoldja a peszticidek alkalmazásával kapcsolatos fontosabb problémákat. A modern technológia alkalmazása forradalmasítja a mezőgazdasági termelést s ennek a folyamatnak az ellenőrzésére a népelelmezés szempontjából is szükség van.

Összefoglalás

A dolgozat áttekintést ad a peszticideknek a talajmikrobákra kifejtett hatásával és a peszticidek biológiai elbontásával kapcsolatban. E két kérdés-csoportot a szerző a talajtermékenység szempontjából tárgyalja.

Hangsúlyozza a talaj ökoszisztémája kritikai analízisének szükségességét az ilyen irányú vizsgálatoknál. Példákat hoz azzal kapcsolatban, hogy szén ciklusnak a fungicidek által történő megszakítása mennyire mérhető a mikroszervezeteknél.

Ismerteti a peszticidek degradációjának mechanizmusát s ezen belül hangsúlyozza az oxidációs, redukciós, észter-hidrolízises, dealkilációs, gyűrű-hidroxilezéses és gyűrűhasításos biokémiai folyamatok fontosságát.

IRODALOM

- ALEXANDER, M. (1967): The breakdown of pesticides in soils. — In: Brody, N. C.: Agriculture and the quality of our environment. Am. Assoc. Advan. Sci., Wash. D.C., 331–342.
- ALEXANDER, M. (1969): Microbial degradation and biological effects of pesticides in soil. — In: Soil Biology, Reviews of Research. Edited by UNESCO-Natural Resources Research, Vol. 9, 209–240.
- ALLAN, J. (1955): Loss of biological efficiency of cattle-dipping wash containing benzene hexachloride. — Nature 175, 1131–1132.
- CHACKO, C. I., LOCKWOOD, J. L. and ZABIK, M. L. (1966): Chlorinated hydrocarbon pesticides: degradation by microbes. — Science 154, 893–895.
- DOMSCH, K. H. (1963): Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora (sammelbericht). — Mitt. Biol. Bundesanstalt H. 107, 52.
- DOMSCH, K. H. (1968): Mikrobiologische Präsenz- und Aktivitätsanalysen an fungicidbehandelten Böden. — Arb. Univ. Hohenheim H. 44, 79.
- FAULKNER J. K. and WOODCOCK, D. (1965): Fungal detoxication. — VII. Metabolism of 2,4-dichlorophenoxyacetic and 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acids by *Asperillus niger*. J. Chem. Soc. 1965, 1187–1191.
- GAUNT, J. K. and EVANS, W. C. (1961): Metabolism of 4-chloro-2-methyl-phenoxyacetic acid by a soil microorganism. — Biochem. J. 78, 25–26.
- GEISSBÜHLER, H., HASELBACH, C., AEBI, H. and EBNER, L. (1963): The fate of N-(chlorophenoxy) phenyl-N, N-dimethylurea (C-1983) in soils and plants. — III. Breakdown in soils and plants. — Weed Res. 3, 279–297.
- GUNNER, H. B. and ZUCKERMAN, B. M. (1968): Degradation of „Diazinon” by synergistic microbial action. Nature 217, 1183–1184.
- GUTENMANN, W. H., LOVS, M. A., ALEXANDER, M., and LISK, D. J. (1964): Beta oxidation of phenoxyalkanoic acids in soil. — Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 205–207.
- GYSIN, H. (1962): Triazine herbicides. Their chemistry, biological properties and mode of action. — Chem. and Ind. (London), 1393–1400.
- KAUFMAN, D. D. (1970): Pesticide metabolism. (in press)

- KEARNEY, P. C. and HELLING, C. S. (1969): Reactions of pesticides in soils. — *Residue Reviews* **25**, 25—44.
- KEARNEY, P. C., KAUFMAN, D. D. and ALEXANDER, M. (1967): Biochemistry of herbicide decomposition in soils. — In: McLaren, A. D and Peterson, G. H. (eds.): *Soil biochemistry*, 318—342, New York.
- KEARNEY, P. C., KAUFMAN, D. D. and BEALL, M. L. (1964): Enzymatic dehalogenation of 2,2-dichloropropionate, — *Biochem. Biophys. Research Commun.* **14**, 29—33.
- KEARNAY, P. C., KAUFMAN, D. D. and SHEETS, T. J. (1965): Metabolites of simazine by *Aspergillus fumigatus*. — *J. Agr. Food Chem.* **13**, 369—372.
- KEARNEY, P. C. and PLIMMER, J. R. (1970): Relation of structure to decomposition (in press)
- LICHTENSTEIN, E. P. and SCHULZ, K. R. (1964): The effects of moisture and microorganisms on the persistence and metabolism of some organophosphorus insecticides in soils, with special emphasis on parathion. — *J. econ. Entomol.* **57**, 618—627.
- MENZIE, C. M. (1969): Metabolism of pesticides. — Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Special Scientific Report — Wildlife No. **127**, 487 Washington D. C.
- PLIMMER, J. R., KEARNEY, P. C. and VON ENDT, D. W. (1968): Mechanism of conversion of DDT to DDD by *Aerobacter aerogenes*. *J. Agr. Food Chem.* **16**, 594—597.
- PROBST, G. W. and TEPE, J. B. (1969): Trifluralin and related compounds. — In: Kearney, P. C. and Kaufman, D. D. (eds.): *Degradation of herbicides*, 255—282, New York.
- VLITOS, A. J. (1953): Biological activation of sodium 2-(2,4-dichlorophenoxy) ethyl sulfate. — *Contrib. Boyce Thompson Inst.* **17**, 127—149.