

JULIA GOŁĘBIEWSKA

*Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa
Pracownia Mikrobiologii w Baborówku*

EDMUND STRZELCZYK

Katedra Mikrobiologii Rolnej WSR w Lublinie

CHEMICZNE ŚRODKI OCHRONY ROŚLIN A BIOCENOZA GLEBY

Chemiczne środki ochrony roślin stosowane doglebowo oraz mikroflora i mikrofauna glebowa oddziałują na siebie wzajemnie. Chemikalia wprowadzane do gleby mogą niszczyć nie tylko organizmy szkodliwe, jak chwasty, grzyby i bakterie fitopatogenne oraz owady-szkodniki, lecz także pożyteczne elementy biocenozy glebowej. Z drugiej strony mikroorganizmy glebowe mogą rozkładać preparaty chemiczne i osłabiać, albo uaktywniać ich działanie w wyniku przemian metabolicznych (Jensen i Petersen, 1952; Gannon i Bigger, 1958; Hirsch i Alexander, 1960).

Zagadnieniem wzajemnego wpływu pestycydów i czynnika biologicznego gleby mikrobiologia interesuje się już przynajmniej od kilkunastu lat. Istnieje już dość obszerna literatura źródłowa na ten temat, a także wprawdzie nieliczne jeszcze przeglądy literatury z zakresu tego zagadnienia (Eno, 1958; Martin i Pratt, 1958; Newman i Downing, 1958; Verona 1958; Bollen, 1961; Domsch, 1963). W polskiej literaturze fachowej od czasu do czasu również pojawiają się prace badawcze prezentujące badania, których celem jest stwierdzenie wpływu pestycydów na różne drobnoustroje glebowe (Duda, 1952, 1958; Wróbel 1952; Czerwińska i Kowalik, 1955; Węgorek, 1957; Hauke-Pacewicz, 1957; Jakubisiak i Gołębiowska, 1963; Strzelczyk, 1964, 1964b).

W przedstawionym artykule omówione zostaną następujące zagadnienia:

1. Metody badań nad wzajemnym oddziaływaniem na siebie pestycydów i drobnoustrojów glebowych.
2. Sposoby oddziaływania mikroflory glebowej na pestycydy.
3. Sposoby oddziaływania preparatów chemicznych na mikroflorę gleby.

Metody badań nad wzajemnym oddziaływaniem na siebie pestycydów i drobnoustrojów glebowych

Badania tego typu prowadzi się w glebie, albo na podłożach sztucznych. Badania w glebie bywają prowadzone w warunkach polowych przy współdziałaniu wszystkich naturalnych czynników ekologicznych, albo w warunkach izolowanych w próbkach glebowych o różnej objętości.

W warunkach polowych istnieją bardzo duże trudności z rozprowadzeniem wnoszonych do gleby pestycydów. Jak wiadomo, przeważnie są to związki słabo rozpuszczalne w wodzie. Na przykład znane insektycydy aldrin i dieldrin rozpuszczają się w ilości 0,1 promille. Wskutek tego w glebie powstają mikrofony, które bardzo utrudniają badania mikrobiologiczne w tych warunkach. Pestycydy stosowane do opylania lub opryskiwania roślin bardzo często gromadzą się tylko na powierzchni gleby lub bardzo szybko przechodzą do jej głębszych warstw. Przy pobieraniu próbek glebowych do analiz mikrobiologicznych z jednego tylko poziomu można łatwo wykluczyć czynnik, który się bada i uzyskać fałszywy wynik. Dla uzyskania więc pewniejszych wyników w badaniach mikrobiologicznych, przekraczanie zalecanych w rolnictwie dawek dziesięcio- lub nawet stokrotnie stanowi przyjęty zwyczaj.

Badanie gleby w warunkach laboratoryjnych zdaniem wielu autorów nie daje pełnego obrazu zmian zachodzących w biocenozie pod wpływem pestycydów, gdyż reakcje przebiegają w warunkach odmiennych od naturalnego środowiska ekologicznego. Inni natomiast uważają, że właśnie w doświadczeniach laboratoryjnych można łatwiej regulować i określać czynniki ekologiczne. Dokładniej również dają się rozprowadzać w małej ilości gleby badane preparaty chemiczne, co daje prawdopodobieństwo otrzymania wierniejszych wyników doświadczeń.

Badania laboratoryjne na podłożach sztucznych, na selektywnych pożywkach w czystych hodowlach drobnoustrojów nie dają nam możliwości obserwowania zmian w całym zespole mikroflory glebowej. Możemy jednak w ten sposób poznać reakcje poszczególnych gatunków czy grup drobnoustrojów na określone pestycydy. Tego rodzaju metody zaliczane do metod analitycznych oddają w badaniach nad wpływem pestycydów na mikroflorę gleby duże usługi.

Jako testy dla określania zmian w mikroflorze glebowej pod wpływem działania pestycydów stosuje się wszystkie sposoby przyjęte normalnie przy analizach mikrobiologicznych gleby. Efekt określa się przez porównanie wyników analiz próbek kontrolnych i doświadczalnych. Jak wiadomo, w analizach mikrobiologicznych gleby stosuje się najczęściej oznaczenia ilościowe różnych fizjologicznych i morfologicznych grup drobnoustrojów oraz oznaczenia biochemiczne jako testy dla określenia czyn-

ności całych zespołów mikroflory, np. intensywność nitryfikacji, amonifikacji, rozkładu błonnika, wydzielania CO₂, utleniania siarki itp.

W badaniach nad wpływem pestycydów na mikroflorę gleby przy użyciu tych metod otrzymuje się wyniki bardzo zmienne, przy czym częstokroć tego wpływu w ogóle nie daje się uchwycić. Wynika to z pewnej niedoskonałości samych metod mikrobiologicznych, z dynamicznego charakteru zespołów mikroflory w glebie, a także na skutek silnych buforowych właściwości samej gleby.

W badaniach tego typu nie znajduje jeszcze zastosowania metoda ilościowo-jakościowa wprowadzona przez kanadyjskiego uczonego Lochheada. Oddała ona, jak wiadomo, duże usługi w mikrobiologii gleby. Przy jej stosowaniu można prześledzić nie tylko zmiany w liczebności drobnoustrojów pod wpływem działania określonego czynnika, lecz można równocześnie odtworzyć sposób czynności całego badanego zespołu drobnoustrojów zależnie od zmian w środowisku. Wydaje się dlatego, że stwierdzenie wpływu określonego preparatu chemicznego na liczebność drobnoustrojów w glebie nie daje pełnego obrazu oddziaływania pestycydów na biocenozę. Dalszym etapem powinny być badania nad zmianami w czynności całej populacji drobnoustrojów bytujących w glebie. Wyniki badań ilościowych i jakościowych dałyby z pewnością pełniejszą i prawdziwszą odpowiedź na pytanie, jaki wpływ wywierają pestycydy na biocenozę gleby, niż badania wyłącznie ilościowe.

Istnieją też próby zastosowania innych czulszych metod do tych badań. Zaliczyć do nich można metody manometryczne przy użyciu aparatu Warburga (Gamble i wsp., 1952; Bollen i wsp., 1954; Magee i Colmer, 1956; Chandra i Bollen, 1961). Ten sposób postępowania pozwala na obserwowanie działania różnych preparatów w czasie. Niestety jednak enzymy oddechowe drobnoustrojów, których czynność oznacza się manometrycznie, są stosunkowo mało wrażliwe na większość pestycydów. Stosuje się również metody perfuzyjne albo perkolacyjne (Reid i Duros, 1957, Munnecke i wsp. 1962). Ostatnio Alexander (1961b) dał próby zastosowania metod spektrofotometrycznych dla oznaczenia rozkładu mikrobiologicznego niektórych herbicydów opartych na kwasie benzoowym jako czynnym składniku. Metody te daje się oczywiście zastosować tylko do niektórych pestycydów spełniających warunki potrzebne do oznaczeń spektrofotometrycznych. Mają one jednak dużą przyszłość, gdyż z powodzeniem zastępują uciążliwe i długotrwałe testy biologiczne przeprowadzane z pomocą roślin. Alexander podkreśla, że reakcje roślin nie zawsze świadczą o tym, że dany związek pozostaje w glebie nienaruszony. Przy rozkładzie pestycydów mogą bowiem powstawać produkty przejściowe również toksyczne dla roślin. Czasem produkty te dają większy efekt niż produkt wyjściowy (Alexander, 1961).

Przy badaniu wpływu pestycydów na czyste hodowle drobnoustrojów na podłożach sztucznych stosuje się następujące metody:

1. Metodę płytek gradientowych Szybalskiego.
2. Metodę bloczków agarowych Allyn'a i Baldwina.
3. Metodę rozcieńczeń.

Przy próbach adaptacji różnych drobnoustrojów do rozwoju na pestycydach i korzystania z nich jako ze źródła energii stosuje się również metody płytek gradientowych i rozcieńczeń.

Sposoby oddziaływania pestycydów na mikroflorę gleby

Preparaty chemiczne stosowane w celu zwalczania szkodników i chorób roślin mogą równocześnie, jak już wspomniano, oddziaływać szkodliwie na pożyteczną mikroflorę gleby. Żyzność gleby i plonowanie roślin są, jak wiadomo, silnie związane z aktywnością tej mikroflory. Dlatego też w celu uniknięcia wyjałowienia gleby z jej pożytecznej mikroflory, prowadzone są badania nad oddziaływaniem preparatów chemicznych stosowanych w ochronie roślin na biocenozę gleby. Z opublikowanych dotychczas na ten temat prac wynika, że wpływ tych środków chemicznych na mikroflorę gleby zależy od rodzaju preparatu i jego dawki, od czasu działania preparatu, rodzaju gleby oraz czynników klimatycznych, jak temperatura, wilgotność i in.

Insektycydy

Oddziaływanie preparatu owadobójczego HCH na mikroorganizmy glebowe badali m. in. Smith i Wenzel (1947). Badacze ci obserwowali słabo hamujące działanie tego insektycydu na nitryfikację oraz grzybobójcze działanie w wypadku użycia dużych dawek. Według Grey'a (1956) HCH w stężeniach 0,002—0,05% znacznie osłabia procesy amonifikacji i rozkładu błonnika w glebie. Ten sam preparat w badaniach Bollena i wsp. (1954, 1954b) działał różnie na drobnoustroje w zależności od warunków środowiska. Na ogół HCH i DDT obniżały w glebie ilość grzybów ale nie wpływały na rozwój bakterii. Przy badaniu różnych izomerów HCH stwierdzono, że lindan (izomer gamma HCH) wywierał największy wpływ na jakościowy i ilościowy skład zespołów drobnoustrojów glebowych. Węgorek (1957) obserwował niewielkie zmiany w ilości bakterii, grzybów i promieniowców w glebie traktowanej chlordanem i HCH. Takie insektycydy, jak aldrin, dieldrin i lindan wywierały wyraźniejszy wpływ na mikroflorę saprofityczną na glebach mokrych i ubogich w substancję organiczną niż na glebach próchnicznych o dobrej strukturze (Lichtenstein i wsp., 1960). Według Normana (1947) insektycydy organiczne w dawkach powszechnie stosowanych do zwalczania szkodników nie wywierają

poważniejszego wpływu na mikroflorę gleby. Wilson i Choudhri (1946) stwierdzili, że DDT i HCH nawet w ilościach przewyższających dawki stosowane w rolnictwie nie mają większego wpływu na rozwój bakterii i pleśni glebowych i na wywoływane przez nie procesy biochemiczne. Stosując takie insektycydy, jak heptachlor, aldrin, dieldrin, parathion, schradan, demeton i in., liczni badacze nie stwierdzili szkodliwego wpływu tych preparatów na rozwój ogólnej liczebności bakterii w glebie. Większość spośród wymienionych preparatów nie działała też szkodliwie na rozwój promieniowców, azotobaktera, bakterii amonifikacyjnych i in. (Domsch, 1963). Gray i Rogers (1955) obserwowali rozwój mikroflory glebowej na płytkach agarowych z dodatkiem 125 promille HCH. Tylko 10% organizmów w porównaniu z kontrolą wyrastało na tak przygotowanych podłożach, przy czym były to tylko krótkie pałeczki gramoujemne.

F u n g i c y d y

Przyjmuje się, że spośród używanych w praktyce pestycydów, fungicydy wywierają najsilniejszy wpływ na mikroflorę gleby (Alexander, 1961). W badaniach Domscha (1959) vapam powodował wzrost ilości promieniowców w glebie i spadek ilości innych drobnoustrojów. Captan hamował rozwój wszystkich badanych grup. Nabam hamował wyłącznie wzrost grzybów. Prace licznych autorów wykazały, że nabam, a zwłaszcza captan, wpływa szkodliwie na rozwój promieniowców i grzybów w glebie. Działanie to nie odnosiło się do bakterii (Richardson, 1954; Cram i Vaartaja, 1957; Eno, 1957; Domsch, 1959). Ujemne działanie fungicydów (a zwłaszcza dawek 10 razy większych od stosowanych w praktyce) na rozwój promieniowców i grzybów w glebie obserwował ostatnio Strzelczyk, 1964.

W wielu badaniach z preparatami grzybobójczymi zwrócono uwagę na to, że w odrodzonej po działaniu preparatów grzybobójczych populacji grzybów następują wyraźne zmiany jakościowe. Bardzo często na przykład w tych warunkach obserwuje się gwałtowny rozwój w glebie grzyba *Trichoderma viride* (Martin i wsp., 1957; Alexander, 1961; Miszustin, 1964). Zjawisko to przypisuje się pewnej tolerancji tego grzyba na preparaty grzybobójcze, dużej sile żywotnej i zdolności rozrodczej.

H e r b i c y d y

Liczne badania wykazały, że spośród środków chwastobójczych 2,4-D nie wpływa szkodliwie na rozwój ogólnej liczebności bakterii, promieniowców i grzybów w glebie oraz na rozwój azotobaktera, bakterii amonifikacyjnych i nitryfikacyjnych. Preparat ten może nawet stymulować rozwój bakterii błonnikowych (Domsch, 1963). Nie stwierdzono też ujem-

nego wpływu na wymienione organizmy takich herbicydów, jak MCPA, DNOC, simazin, dalapon i innych stosowanych w dawkach zalecanych w rolnictwie (Domsch, 1963). Vapam i mylone wywierały natomiast hamujący wpływ na rozwój bakterii i grzybów w glebie (Moje i wsp., 1957; Chandra i Bollen, 1961).

Niektórzy autorzy obserwowali zmiany w cyklu procesów biochemicznych w glebie pod wpływem pestycydów. Na przykład Walcott i wsp. (1960) stwierdzili, że pod wpływem telonu następowało zahamowanie procesu nitryfikacji przez kilka tygodni, co wywoływało zaburzenia w sezonowym cyklu przemian azotu mineralnego w glebie. W doświadczeniach laboratoryjnych w glebie prowadzonych przez Chandrę i Bollena (1961) z mylonem i nabamem obserwowano zahamowanie rozwoju bakterii przez 30 dni a grzybów przez 45 dni. Nitryfikacja była całkowicie zahamowana wówczas, gdy równocześnie dodawano do gleby amoniak i fungicydy, a w 50% gdy amoniak dodawano w 30 dni po fungicydach. Hamujący wpływ na wiązanie azotu przez azotobaktera wywierał 2,4-D (Lenhard, 1950). W badaniach Wróbla (1952) natomiast nie stwierdzono wpływu tego preparatu na symbiozę roślin motylkowych z bakteriami brodawkowymi. Chandra i wsp. (wg Bollena, 1961) badali wpływ simazinu na biocenozę w dziesięciu różnych glebach. W większości wypadków herbicyd ten zmniejszał wydzielanie się CO_2 z gleby. Większy wpływ na siłę działania tego preparatu wywierał typ gleby niż wielkość zastosowanych dawek: 5 i 100 promile. Nie znaleziono jednak korelacji między szybkością i siłą działania herbicydu na mikroflorę a zawartością w glebie substancji organicznej, części gliniastych i działaniem kationów wymiennych.

Wyniki badań nad szkodliwością preparatów chemicznych dla mikroflory saprofitycznej uzależnione są zawsze od metod badania. Inne działanie preparatów obserwuje się w hodowlach na pożywkach agarowych lub płynnych a inne w glebie. Gleba zazwyczaj silnie buforuje środowisko, w wyniku czego działanie pestycydów jest słabsze niż w hodowlach na pożywkach sztucznych. Gray (1954, 1954b) notuje, że HCH w stężeniu 400 promil hamował rozwój nitryfikatorów i bakterii mocznikowych w hodowlach na pożywce płynnej. Działanie hamujące tego preparatu było słabsze, gdy do pożywki dodawano materii roślinnej. W samej glebie nie zaobserwowano hamowania procesu nitryfikacji w obecności tego preparatu.

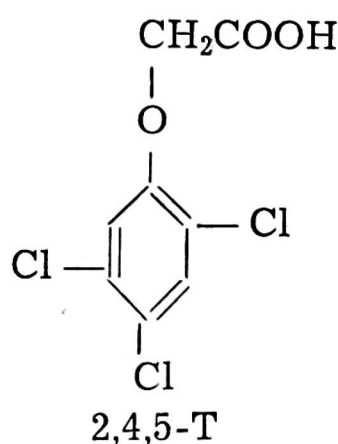
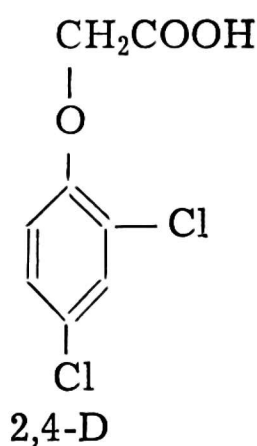
Istnieją pestycydy, które w pewnych stężeniach stymulują rozwój niektórych mikroorganizmów glebowych. Jak już wspomniano, w glebie traktowanej fungicydami często rozwija się silnie grzyb *Trichoderma viride*. Ponieważ grzyb ten jest znanym antagonistą w stosunku do *Phytophthora*, *Pythium* i *Rhizoctonia*, istnieje więc możliwość pośredniego biologicznego zwalczania tych grzybów patogenicznych. Takie działanie pestycydów jest

podobne w wyniku do częściowej sterylizacji gleby. W badaniach laboratoryjnych z czystymi kulturami grzybów obserwuje się zdolność ich adaptacji do preparatów grzybobójczych. Parry i Wood (1959) wyhodowali szczep *Botrytis cinerea* odporny na bardzo wysokie dawki captanu zawieszonego w pożywce agarowej. Gatunek *Venturia inaequalis* okazał się bardziej wrażliwy na preparaty grzybobójcze i nie udało się tym badaczom otrzymać ras odpornych na thiram, ferbam i zineb.

Sposoby oddziaływania mikroflory glebowej na pestycydy

W glebie zachodzą różne reakcje chemiczne przy współudziale lub bez udziału drobnoustrojów. Często drobnoustroje oddziałują pośrednio na przemiany chemiczne poprzez swoje metabolity. Zachodzą zmiany w składzie i zawartości koloidów organicznych i nieorganicznych oraz zmiany w innych fizycznych i chemicznych właściwościach gleby. Wszystko to ma duży wpływ na przyswajanie, wiązanie, aktywowanie i trwałość wprowadzonych do gleby pestycydów.

Herbicydy są w ogromnej większości substancjami organicznymi. Dlatego też mogą być stosunkowo łatwo atakowane przez drobnoustroje wykorzystujące je jako źródło węgla. Głównymi czynnikami, które regulują tempo rozkładu tych połączeń w glebie, są: temperatura, wilgotność i pH, a więc czynniki wpływające w istotny sposób na rozwój drobnoustrojów w środowisku glebowym. Jest rzeczą ciekawą, że nieraz nieznaczne tylko różnice w budowie herbicydów wpływają wybitnie na trwałość tych połączeń. Przykładem mogą być: 2,4-D i 2,4,5-T.



Z podanych wzorów widać, że 2,4-D różni się od 2,4,5-T tylko obecnością jednego atomu chloru w pierścieniu benzenowym. Ta na pozór mała różnica warunkuje trwałość preparatu. 2,4-D podlega łatwo rozkładowi mikrobiologicznemu i dlatego szybko znika z gleby, 2,4,5-T pozostaje w glebie, nawet w warunkach optymalnych dla rozwoju mikroflory, przez okres od 6 do 12 miesięcy (Alexander, 1961).

Bardzo szybko rozkładane są w glebie herbicydy zawierające mocznik.

Preparaty te są silnie atakowane przez bakterie, zwłaszcza z rodzaju *Pseudomonas*. Z jednej strony jest to zjawisko pożądane, gdyż umożliwia siew roślin czułych na wprowadzony do gleby preparat już po krótkim czasie od jego zastosowania, z drugiej strony jednak efekt działania takiego preparatu może być na niektórych glebach zbyt słaby i krótkotrwały.

Dość dużo badań prowadzono nad rozkładem herbicydów z grupy kwasów tłuszczowych. Preparaty te w glebie sterylizowanej pozostają przez dłuższy czas, natomiast w obecności mikroflory glebowej szybko tracą swoją aktywność (Alexander, 1961).

Thiess (1955) obserwował rozkład pochodnych kwasu propionowego w glebie i znajdował, że przy dodawaniu coraz to nowych dawek tego preparatu rozkład był coraz szybszy. Tłumaczy się to możliwością adaptacji drobnoustrojów do rozkładu tego preparatu lub wzrostem populacji drobnoustrojów zdolnych do tego rozkładu. Najszybszy rozkład herbicydów tego typu obserwowano w glebie piaszczystej przy dużej wilgotności i dość wysokiej temperaturze. Spośród drobnoustrojów czynnych przy rozkładzie herbicydów będących pochodnymi kwasów tłuszczowych należy wymienić niektóre grzyby saprofityczne, jak *Trichoderma*, *Clonostachys*, *Acrostalagmus*, a z bakterii *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Agrobacterium* i *Flavobacterium*.

Wyobrzebniono również z gleby szczep *Arthrobacter* zdolny do wykorzystywania 2,4-D jako źródło węgla (Audus, 1950). Spośród bakterii rozkładających ten związek wymienia się też: *Flavobacterium*, *Achromobacter*, *Corynebacterium* i *Mycoplana* (Alexander, 1961).

Działanie bakterii na herbicydy jest selektywne. Związki zawierające chlor są atakowane przez organizmy gramododatnie, specjalnie przez rodzaj *Corynebacterium* (dyfteroidy glebowe). Związki zawierające grupy karboksylowe, cyjanowe lub nitrowe są atakowane przez *Pseudomonas* i inne bakterie gramujemne. Zauważono, że niektóre bakterie z rodzaju *Pseudomonas* atakują tylko związki dwunitrowe, ale nie mogą korzystać z mocznika. Inne gatunki tych bakterii atakują natomiast tylko związki mocznikowe, jeszcze inne posiadają zdolność atakowania obu grup (Bollen, 1961).

Czasem związki nietoksyczne stają się pod wpływem drobnoustrojów toksyczne. Na przykład siarczan sodowo 2,4-dwuchlorofenoksyetylowy może być hydrolizowany przez *Bacillus cereus* var. *mycoides* a następnie utleniony. Przechodzi wówczas w formę znanego związku 2,4-D (Alexander, 1961). Taką hydrolizę mogą wywoływać również inne drobnoustroje, które wytwarzają kwasy w wyniku procesów metabolicznych (Vlitos, 1952).

Ciekawe są obserwacje Walkera i Steensona (1957), którzy stwierdzili, iż po kilkakrotnym oprysku trawnika 2,4-D lub MCPA mikroflora gle-

bowa przystosowuje się do rozkładu tych herbicydów. Obecność zaadaptowanych form obserwowano następnie przez 12 miesięcy po ostatnim oprysku. Rasy adaptatywne wyprowadzono również na sztucznym podłożu. Rasy zdolne do intensywnego rozkładu 2,4-D wyodrębniono wśród gatunków: *Pseudomonas*, *Bacterium* i *Achromobacter*.

Zdania są jeszcze podzielone, czy przy rozkładzie pestycydów czynne są u bakterii głównie enzymy konstytucyjne czy adaptatywne. Walker i Steenson twierdzą, że dla wywołania adaptacji nie jest konieczne, aby pestycydy stanowiły jedyne źródło węgla i energii w pożywce.

W pracach różnych autorów nad wpływem pestycydów na mikroflorę gleby występują raczej różnice jakościowe w składzie zespołów drobnoustrojów niż różnice ilościowe w ogólnym zasiedleniu gleby drobnoustrojami. Pod wpływem pestycydów obserwuje się więc zachwianie równowagi biocenotycznej, hamowanie rozwoju jednych grup drobnoustrojów i pobudzanie rozwoju innych, bardziej odpornych na działanie danego preparatu. Zachwianie równowagi w zespołach drobnoustrojów pod wpływem wprowadzonych do gleby pestycydów jest na ogół krótkotrwałe (Alexander, 1961). Nieraz jednakże zmiany jakościowe w rodzajach i gatunkach drobnoustrojów występujących w odrodzonym zespole mogą być znaczne. Tego typu zmiany w populacji grzybów obserwowano jeszcze po trzech latach od chwili wprowadzenia pestycydów do gleby (Bollen, 1961). Fakt ten wymaga dużej ostrożności i dalszych wnikliwych badań, aby nie doprowadzić przez stosowanie nieodpowiednich preparatów i niewłaściwych ich dawek do trwałego zachwiania równowagi w zespołach mikroflory lub zgoła do wyjałowienia gleby i utraty jej urodzajności.

LITERATURA

1. Alexander M., 1961: Introduction to soil microbiology. John Wiley a Sons Inc. New York — London.
2. Alexander M., Aleem M. I. H., 1961b: Effect of chemical structure on microbial decomposition of aromatic herbicides. *J. Agr. Food Chem.*, 9 : 44.
3. Audus L. J., 1950: Biological detoxication of 2,4-dichlophenoxyacetic acid in soils: isolation of an effective organism. *Nature*, 166 : 356.
4. Bollen W. B., Morrison H. E., Crowell H. H., 1954: Effect of field and laboratory treatments with BHC and DDT on nitrogen transformations and soil respiration. *J. Econ. Ent.*, 47: 307.
5. Bollen W.B., Morrison H. E. Crowell H. H., 1954b: Effect of field treatments of insecticides on numbers of bacteria, streptomycetes and moulds. *J. Econ. Ent.*, 47 : 2.
6. Bollen W. B., 1961: Interactions between pesticides and soil microorganisms. *Ann. Rev. Microbiol.*, 15 : 69.
7. Chandra P., Bollen W. B., 1961: Effects of nabam and mylone on nitrification, soil respiration and microbial numbers in four Oregon soils. *Soil Sci.*, 92 : 387.

8. Cram W. H., Vaartaja O., 1957: Rate and timing of fungicidal soil treatments. *Phytopathology*, 47 : 169.
9. Czerwińska E., Kowalik R., 1955: Działanie etylenobisdwutiokarbaminianu dwusodowego (Nabamu) i etylenobisdwutiokarbaminianu cynkowego (Zinebu) na kilka grzybów niedoskonałych oraz na bakterie wiążące azot atmosferyczny. *Acta Microbiol. Polon.*, 4 : 243.
10. Domsch K. H., 1959: Die Wirkung von Bodenfungiciden III. Quantitative Veränderungen der Bodenflora. *Ztschr. Pflkrankh.*, 66 : 17.
11. Domsch K. H., 1963: Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora. *Mitteil. Biol. Bundesanst. Land u. Forstwirt.*, Berlin-Dahlen, zeszyt 7.
12. Duda J., Pędziwilk F., 1952: Wpływ preparatu 2,4-D i dwunitrokrezolu na mikroflorę gleby. *Acta Microbiol. Polon.*, 1 : 193.
13. Duda J., 1958: Wpływ środków owadobójczych HCH i Chlordanu na mikroflorę gleby. *Acta Microbiol. Polon.*, 7 : 237.
14. Eno C. F., 1957: Field accumulation of insecticide residues in soils. Effect of soil applications of carbamate fungicides on the soil microflora. *Florida Agric. Exp. Stat. Rept.*, 142.
15. Eno C. F., 1958: Insecticides and the soil. *J. Agric. Food Chem.*, 6 : 348.
16. Gamble S. J. R., Meyhew C. J., Chappel W. E., 1952: Respiration rates and plate counts for determining effect of herbicides on heterotrophic soil microorganisms. *Soil Sci.*, 74 : 347.
17. Gannon N., Bigger J. H. 1958: The conversion of aldrin and heptachlor to their epoxides in soil. *J. Econ. Ent.*, 51 : 1.
18. Gray P. H. H., 1954: Effects of bensenhexachloride on soil microorganisms. I. Experiments with autotrophic bacteria. *Canad. J. Bot.*, 32 : 1.
19. Gray P. H. H., 1954b: Effects of bensenhexachloride on soil microorganisms. II. Experiments with urea hydrolysing bacteria. *Canad. J. Bot.*, 32 : 10
20. Gray P. H. H., Rogers C. G., 1955: Effects of bensenhexachloride on soil microorganisms. IV. Bensenhexachloride resistant bacteria from virgin soils. *Canad. J. Microbiol.* 1 : 312.
21. Gray P. H. H., 1956: Effects of hexachlorocyclohexane on certain soil bacteria. *Rapports du VI Congres Intern. de la Sci. du Sol*, C, Paris.
22. Hauke-Pacewicz T., 1957: Wpływ środka owadobójczego HCH na mikroflorę gleby. *Roczn. Nauk Roln.*, A-4 : 76.
23. Hirsch P., Alexander M., 1960: Microbial decomposition of halogenated propionic and acetic acid. *Canad. J. Microbiol.*, 6 : 348.
24. Jakubisiak B., Gołębiowska J., 1963: Influence of fungicides on *Rhizobium*. *Acta Microbiol. Polon.*, 12 : 196.
25. Jensen H. L., Petersen H. J., 1952: Detoxication of hormone herbicides by soil bacteria. *Nature*, 170 : 39.
26. Lenhard G. S., 1957: *African J. Agr. Sci.*, 2 : 487. Wg Bollena, 1961.
27. Lichtenstein E. P., De Pew L. J., Esbough E. L., Slesman J. C., 1960: *J. Econ. Entomol.*, 53 : 192. Wg Bollena 1961.
28. Magee L. A., Colmer A. R., 1956: *Weeds*, 4 : 124. Wg Bollena, 1961.
29. Martin J. P., Baines R. C., Erwin J. O., 1957: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 21 : 163. Wg Bollena, 1961.
30. Martin J.P., Pratt P. F., 1958: Fumigants, fungicides and the soil. *J. Agric. Food Chem.*, 6 : 435.
31. Miszustin E. N., 1964: Wlijanije gierbucidow na mikrobiologiczeskije procesy w poczwach. *Izw. Akad. Nauk SSSR, ser. biol.*, 2 : 197.

32. Moje W., Martin J. P., Baines R. C., 1957: Structural effect of some organic compounds on soil organisms and citrus seedlings grown in an old citrus soil. *J. Agr. Food. Chem.*, 5 : 32.
33. Munnecke D. E., Domsch K. H., Eckert J. W., 1962: Fungicidal activity of air passed through columns of soils treated with fungicides. *Phytopathology*, 52 : 1298.
34. Newman A. S., Downing C. R., 1958: Herbicides and the soil. *J. Agric. Food Chem.*, 6 : 345.
35. Norman A. G., 1947: The rate of complex organic compounds in soil. *Trans. 4-th Intern. Congr. Soil Sci., Copenhagen.*
36. Parry K. B., Wood R. K. S., 1959: *Ann. Appl. Biol.*, 47 : 1, 47 : 10. *Wg Bollena*, 1961.
37. Reid J. J., Duros J. D., 1957: *Bacteriol. Proc. Soc. Amer. Bacteriol.*, 11. *Wg Bollena* 1961.
38. Richardson L. T., 1954: The persistence of thiram in soil and its relationship to the microbiological balance and damping-off control. *Canad. J. Bot.*, 32 : 335.
39. Smith N. R., Wenzel M. E., 1947: Microorganisms are affected by some of the new insecticides. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 12.
40. Strzelczyk E., Strzelczyk A., 1964: Wpływ insektycydów i fungicydów na rozwój ogólnych ilości drobnoustrojów i niektórych grup fizjologicznych bakterii w glebie. *Biuletyn Rolniczy. Wiosna 1964.* Wyd. PWRN w Lublinie.
41. Strzelczyk E., Strzelczyk A., 1964: Wpływ środków owadobójczych i grzybobójczych na mikroflorę gleby. *W druku w Annales UMCS.*
42. Thiégs B. J., 1955, *Down to Earth*, 11:2, *Wg Bollena*, 1961.
43. Verona, O., 1958: *Erbicidi e fertilita biologica del terreno.* *Agric. Ital.*, 58:55.
44. Vlitos A. J., 1952: *Contrib. Boyce Thompson Inst.*, 16:435. *Wg Bollena*, 1961.
45. Walcott A. R., Maciak F., Shepherd L. N., Lucas R. E., 1960: Effects of telone on nitrogen transformations and on growth of celery in organic soils. *Down to Earth*, 16:10.
46. Walker N., Steenson T. J., 1957: *Rept. Rothamsted Exper. Stat.*, 81:27. *Wg Bollena*, 1961.
47. Węgorzek W., 1957: Wpływ preparatu HCH i Chlordanu na rośliny i mikroflorę gleby. *Roczn. Nauk Roln.*, A-2:74.
48. Wilson K., Choudhri R., 1946: Effects of DDT on certain microbiological processes in soil. *J. Econ. Entomol.*, 39:4.
49. Wróbel T. 1952: Wpływ herbicydu 2,4-D na rozwój *Rhizobium*. *Acta Microbiol. Polon.*, 1:39.