

Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt
für Land- und Forstwirtschaft
Berlin-Dahlem

Heft 107

April 1963



Einflüsse von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora

(Sammelbericht)

Von

Dr. Klaus Domsch

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Institut für Getreide-, Ölfrucht- und Futterpflanzenkrankheiten,
Kiel-Kitzeberg

Berlin 1963

*Herausgegeben von der
Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem*

Kommissionsverlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
1 Berlin 61, Lindenstraße 44—47 (Westberlin)

Inhalt

| | |
|-----------------------------|----|
| I. Einleitung..... | 5 |
| II. Insektizide | 7 |
| III. Fungizide | 15 |
| IV. Herbizide | 18 |
| V. Entseuchungsmittel | 30 |
| VI. Literatur..... | 37 |

I. Einleitung

Die Entwicklung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erfolgt mit dem Ziel einer Ertragssicherung in quantitativer und qualitativer Hinsicht. Ein chemischer Wirkstoff wird im engeren Sinne als geeignet angesehen, wenn mit seiner Hilfe hohe Bekämpfungserfolge gegen Krankheiten oder Schädlinge erzielt werden können. Nach der Anwendung dauert die Wirkung von Pflanzenschutzmitteln im allgemeinen weiter an und wirkt auch auf andere als die primären, ertragsmindernden Faktoren ein. Daher sind seit Jahren aus hygienischen Gründen das Rückstandsproblem und aus biologischen Gründen die mannigfaltigen Einflüsse auf die Biozönose Gegenstand intensiver Forschungsarbeit.

Ein Teilgebiet dieser Arbeitsrichtung ist der Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Mikroflora des Bodens. Trotz zahlreicher Einzeluntersuchungen überwiegt eine gewisse Unsicherheit in der Beurteilung dieser Zusammenhänge. Es soll im folgenden versucht werden, die bisher gewonnenen Erkenntnisse kritisch zu sichten und nach übergeordneten Gesichtspunkten darzustellen. Aus dieser Zielsetzung und angesichts von mehr als 300 Einzelpublikationen ergaben sich nicht geringe Schwierigkeiten. Der Bearbeitung wurden die folgenden Überlegungen zugrunde gelegt:

Wirkstoffe

Berücksichtigt wurden nur häufig angewandte, dem Boden direkt zugeführte Wirkstoffe, wobei hinsichtlich der Auswahl der Präparate und der üblichen Aufwandmengen auch außereuropäische Verhältnisse Beachtung fanden. Mit Ausnahme von D-D wurden Wirkstoffgemische nicht in die Betrachtung einbezogen. Der Gehalt an aktivem Wirkstoff¹⁾ wurde besonders vermerkt, sofern dies aus entsprechenden Veröffentlichungen entnommen werden konnte. Über den Einfluß von Trägermaterial, Lösungsmitteln, Verunreinigungen, Stabilisatoren usw. fehlen bislang exakte Untersuchungen, so daß die Frage nach deren Bedeutung offenbleiben mußte.

Es wurde angenommen, daß einerseits die Wirkung üblicher Aufwandmengen (im weiten Bereich aller häufigen Indikationen) und andererseits die kritischen Belastungsgrenzen, bei denen mit ersten Schäden zu rechnen ist, von praktischem Interesse sein würden. Wo in wenigen Einzelfällen die Angaben mehrerer Autoren voneinander abwichen, wurde das für die Mikroflora ungünstigere Ereignis bevorzugt berücksichtigt, sofern die angewandte Methodik dieses Vorgehen rechtfertigte. Auf diese Weise wird der Verdacht einer einseitig wohlwollenden Beurteilung der Pflanzenschutzmittelwirkung gegenstandslos. In keinem Falle erreichte durch diese Interpretation ein Präparat auch nur annähernd eine „kritische Grenze“. Von diesen Ausnahmen abgesehen, sind die Ergebnisse in ihrer vollen Variationsbreite angegeben.

Wichtig sind Untersuchungen über den Abbau von Wirkstoffen im Boden, von denen in der Regel nur Arbeiten mit mikrobiologischem Inhalt in den Bericht aufgenommen wurden. Daß es bei jährlicher Applikation einer gleichbleibenden

¹⁾ Im folgenden „akt. Wst.“ abgekürzt.

Aufwandmenge und einer jährlichen Abbaurate von 50 % theoretisch nie zu einer Verdopplung des Wirkstoffes im Boden kommen kann, ist eine wesentliche Überlegung für die Beurteilung der Ergebnisse.

Böden

Die chemisch-physikalische Zusammensetzung der Versuchsböden beeinflusst das Schicksal von Chemikalien im Boden, so daß Verallgemeinerungen und Zusammenfassung von Versuchsergebnissen durchaus problematisch sind. Die aufgefundenen Unterschiede stehen aber in einem zu unbedeutenden Verhältnis zu anderen modifizierenden Faktoren in der Versuchstechnik. Es wurde daher bewußt auf eine gesonderte Berücksichtigung verschiedener Bodentypen verzichtet.

Die Zusammensetzung der Bodenmikroflora dürfte in einem fruchtbaren Boden eine relativ stabile und für den Ertrag der Kulturpflanzen günstige Zusammensetzung haben. Leider herrscht — von einigen Ausnahmen abgesehen — wenig Klarheit über die Bedeutung der durch Pflanzenschutzmittel induzierten und in mikrobiologischen Bodenanalysen festgestellten Verschiebungen innerhalb der Mikroflora. In einigen Fällen haben die analysierten Organismengruppen vorläufig nur den Wert mehr oder weniger unspezifischer Indikatoren, an denen die landwirtschaftliche Bakteriologie jedoch seit Jahrzehnten beharrlich festhält.

Methoden

Es sollen an dieser Stelle nicht die bekannten Einwände gegen die Mehrzahl der üblichen mikrobiologischen Analysetechniken wiederholt werden. Ohne Zweifel ist auf diesem Gebiet manches reformbedürftig. In diesem Sinne sind die hier zusammengestellten Ergebnisse häufig ein „statistischer Mittelwert aus einer Anzahl kleinerer Übel“. Ungeachtet der technischen Unzulänglichkeiten ist es aber sehr erfreulich, daß uns heute die Resultate aus so zahlreichen und sorgfältigen Bemühungen zur Verfügung stehen.

Schließlich ist aus den speziellen Abschnitten zu ersehen, wie häufig auch Aktivitätskriterien Eingang in die Beurteilung der Pflanzenschutzmittelwirkung gefunden haben.

Umrechnungen

Da das metrische System nur wenigen Angaben über Aufwandmengen zugrunde liegt, erschien es angebracht, einige Umrechnungen vorzunehmen. In Übereinstimmung mit zahlreichen Literaturangaben wurde von folgenden Annahmen ausgegangen: Einarbeitungstiefe 12,5 cm (= 5 inches); mittlere Dichte des Bodens 2,0; Gewicht des auf 1 Hektar bearbeiteten Bodenvolumens 2 500 000 kg (1 acre = 2 200 000 lb Boden); zur Vereinfachung wurde lb/acre = kg/ha gesetzt. Bei ppm- und Prozentangaben ist in den Originalarbeiten die Bezugsbasis (Volumen, Gewicht) nicht stets ersichtlich, so daß sich daraus eventuell Abweichungen nach der Umrechnung ergeben.

Angaben über solche Entseuchungsmittel, die unter unseren Verhältnissen nur selten großflächig angewendet werden, sind auf kg bzw. ltr./100 m² bezogen. In allen anderen Fällen werden die Aufwandmengen in kg bzw. ltr./ha angegeben.

Die genannten rechnerischen Vereinfachungen sind insofern zulässig, als die Applikation eines Wirkstoffes im Laborversuch eine optimal homogene Verteilung im Boden anstrebt, die in der Praxis ohnehin auch nicht annähernd erreicht

wird. Außerdem werden Kalkulationen über Dosis und Wirkung in allen diesen relativ groben Orientierungsversuchen zusätzlich erschwert, wenn Wirkstoffe nur auf die Bodenoberfläche gelangen und von dort mehr oder weniger zufällig eingewaschen werden. So tragen in diesem Zusammenhang die Faktoren Bodentiefe und Zeitpunkt der Probennahme wesentlich zur Unschärfe des allgemeinen Bildes bei, falls sie von den Versuchsanstellern nicht ausdrücklich berücksichtigt worden sind.

Gliederung

Den Abschnitten über die einzelnen Insektizide, Fungizide, Herbizide und Entseuchungsmittel wurden einige Daten (185) über die betreffenden Wirkstoffe vorgelegt, soweit diese Angaben Bedeutung im Rahmen des Themas haben (Löslichkeit, Dampfdruck, Formulierungen, übliche Aufwandmengen bei der Bodenbehandlung). Wo Untersuchungen über den Einfluß auf die Nitrifikation und Ammonifikation auf chemischen Analysen beruhen, erscheinen die Ergebnisse unter dem Abschnitt „Aktivitätsprüfungen“. Die direkte Wirkung auf die an diesen Prozessen beteiligten Mikroorganismen ist bei den mikrobiologischen Bodenanalysen aufgeführt. Die Wirkung von Fungiziden auf pathogene Bodenpilze blieb in der Zusammenstellung unberücksichtigt. Auch Ergebnisse aus reinen Fungizid-Laborprüfungen konnten nicht aufgenommen werden.

Bei den Daten über die Toleranzgrenzen handelt es sich um *in vitro*-Versuche. Die Angaben sind in ppm wiedergegeben. Auch hier wurden zahlreiche Umrechnungen vorgenommen.

Durch die hier skizzierten Auswertungsmaßstäbe weicht die vorliegende Zusammenstellung zum Teil wesentlich von früheren Sammelreferaten ab, die für Insektizide (78, 298), Fungizide (190), Herbizide (16, 85, 86, 217, 304) und Pflanzenschutzmittel allgemein (4, 31, 115, 317) vorliegen.

II. Insektizide

Dichlordiphenyltrichloräthan

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 1,1,1-Trichlor-2,2-bis(p-chlorphenyl)äthan; 2,2-bis(p-chlorphenyl)-1,1,1-trichloräthan; DDT. Dampfdruck $1,9 \times 10^{-7}$ mm Hg bei 20° C. Praktisch wasserunlöslich. Aufwandmengen 1–30 kg akt. Wst./ha. Formulierungen: 1–10 %, meist 5 % aktiver Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Der Einfluß auf die Bakterienflora wurde bei Aufwandmengen zwischen 10 und 2800 kg/ha geprüft. Mit einer Ausnahme (33) ist keine Hemmung festgestellt worden²⁾ (79, 189, 228, 272, 329, 342). Eine Zunahme der Bakterienzahlen, wahrscheinlich als Folge einer partiellen Ausschaltung von DDT-empfindlichen Lebewesen und einer Änderung des C/N-Verhältnisses ist im Bereich von 30–10 000 kg/ha nachgewiesen worden (129, 154, 254, 256). Eine Proportionalität zwischen Steigerung der Organismenzahlen und Aufwandmenge besteht offenbar nicht. Zu einer Schädigung von freien N-Bindern ist es bei 1000 kg/ha und höheren Aufwandmengen gekommen²⁾ (42, 154). — Knöllchenbakterien sollen an Klee und Soja bereits bei 10 kg/ha geschädigt werden (11, 37). — Ammonifikanten und S-Oxydanten wurden von ≤ 1000 kg/ha gehemmt³⁾ (154). — Die Zahl der Streptomyceten wurde von Aufwandmengen bis

²⁾ Gleiches gilt für die entsprechende Dichloräthan-Verbindung (= DDD, TDE) (79, 254).

250 kg/ha nicht vermindert (32, 129). — Ein Einfluß auf Bodenpilze ist im geprüften Bereich von 20–200 kg/ha auch bei Applikationen praxisüblicher Mengen in 5 aufeinanderfolgenden Jahren nicht sichtbar geworden³⁾⁴⁾ (79, 189, 227, 228, 329). Gelegentlich wurden Steigerungen der Pilzzahl beobachtet (33, 129, 245, 254). — Algen sind bei normalen Aufwandmengen nicht beeinflusst worden.

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion verlief bei praxisüblichen Aufwandmengen normal, bei höheren Raten kann es zu einer Steigerung kommen, deren Abklingen sich über einen langen Zeitraum (6 Monate bei 200 kg akt. Wst./ha) erstrecken kann³⁾⁴⁾ (33, 77, 79, 189, 254, 260). — Für die Ammonifikation wurde Indifferenz oder Förderung bis 250 kg/ha nachgewiesen (230, 248, 260). Hemmung kann ab 500 kg akt. Wst./ha einsetzen (38, 254). — Die Nitrifikation blieb zwischen 20 und 200 kg/ha unbeeinflusst, bei höheren Dosierungen kam es zu schwachen Schäden³⁾⁴⁾ (33, 38, 77, 79, 189, 228, 230, 248, 254, 260). — Auf den Celluloseabbau hatten 0,8–160 kg/ha keinen negativen Einfluß (260).

Toleranzgrenzen: 4 *Rhizobium*-Stämme überlebten 100 ppm akt. Wst. auf Agar (80). Die Bakterienzahl in Leguminosen-Knöllchen wurde durch 127 ppm nicht beeinflusst, wohl aber stieg der Prozentsatz gram-positiver Symbionten (94). Für *Bacillus subtilis* und *Pseudomonas fluorescens* lag die toxische Grenzkonzentration bei 100 ppm (260). Streptomyceten wurden durch 40 ppm schwach geschädigt, während *Aspergillus niger* eine leichte Stimulation erfuhr (256). Durch 25 ppm wurden *Entomophthora exitialis*, *E. obscura* und *E. ignobilis* in Wasserkultur gehemmt (118).

Abbauanalysen: Beteiligung von Mikroorganismen wurde nicht nachgewiesen. Der Wirkstoff ist äußerst stabil.

Hexachlorcyclohexan

Wirkstoffdaten: Andere Bezeichnungen: HCH; Hexa; Benzolhexachlorid; BHC; Gammexane; Lindan (= γ -Isomere). — Dampfdruck (Lindan) $9,4 \times 10^{-6}$ mm Hg bei 20° C. Wasserlöslichkeit 10 ppm. Aufwandmengen (Lindan): 0,2–1,0 kg akt. Wst./ha. Spritzmittel-Formulierungen enthalten meist 12–36 % Lindan, Stäubemittel 1–3 % Lindan. Über die Einflüsse von Streumitteln liegen keine mikrobiologischen Untersuchungen vor.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bakterienflora wurde im geprüften Bereich von 1–2000 kg/ha nicht negativ beeinflusst (79, 121, 186, 189, 228, 252, 303, 319, 330). Weitere Steigerungen können ohne Wirkung bleiben (74, 256) oder zu Hemmungen führen (33). — Auf freie N-Binder (*Azotobacter* sp.) hatten 2,5–2000 kg/ha keinen hemmenden Einfluß (42, 74, 121, 155, 228, 277, 303). Für den niederen Konzentrationsbereich (bis 50 kg/ha) liegen einige Angaben über Förderungen vor. — Dagegen wurde die Knöllchenbildung bereits bei 1,65 kg/ha (Klee) und 10–20 kg/ha (Bohnen, *Crotalaria*) merklich gehemmt (37, 253, 254). — Nitrifikanten wurden bis 200 kg/ha wenig beeinflusst, möglicherweise sogar gefördert (155, 228, 277, 303). Nitritoxydanten sind wohl empfindlicher (121). — Ammonifikanten ließen eine hohe HCH-Verträglichkeit bei 1000 kg/ha erkennen (155). — 6–12 kg akt. Wst./ha förderten cellulolytische Bakterien deutlich. — Die Stimulation von Sporenbildnern und Pilzen lag (bodenabhängig) im Bereich von 2,4–48 kg akt. Wst./ha (277). — Für Streptomyceten

³⁾ Gleiches gilt für die entsprechende Dichloräthan-Verbindung (= DDD, TDE) (79, 254).

⁴⁾ Gleiches gilt für die entsprechende Dimethoxy-Verbindung (= Methoxychlor) (79, 155, 254).

ist 5 Wochen nach der Applikation von 100 kg/ha mit einer Verminderung zu rechnen; später erfolgt offenbar bald (auch bei höheren Aufwandmengen) ein Ausgleich (32, 74, 201, 330). — Die Pilzpopulation wurde von 20–2000 kg/ha nicht signifikant gehemmt (74, 79, 189, 228, 319, 330), bei langfristigen Versuchen konnten Förderungseffekte festgestellt werden, die aber möglicherweise mit dem in der Versuchszeit veränderten C/N-Verhältnis im Boden in Verbindung gebracht werden müssen (33). — Die reine γ -Isomere verminderte bei 1 kg/ha deutlich Keimlingskrankheiten und auch die Mykorrhiza-Bildung wurde schon bei 0,25 kg/ha gehemmt, bei 1 kg/ha traten starke Wurzelschäden auf (266, 326). — *Chlorella* sp. und zwei weitere Algen überlebten auch geringe Konzentrationen nicht. Die δ -Isomere war hierbei toxischer als die γ -Isomere (330).

Aktivitätsprüfungen: Unmittelbar (2 Tage) nach der Applikation kommt es wahrscheinlich zu einer vorübergehenden Hemmung der CO₂-Produktion (231). Die Hemmung kann bei 100 kg/ha nach 22 Tagen noch 25 % betragen (201). Später tritt im Bereich von 25–300 kg/ha ein Ausgleich oder sogar eine Phase der Förderung ein. Geringere Aufwandmengen haben keinen Einfluß (33, 77, 79, 189, 260). — Die Ammonifikation wird entsprechend der Empfindlichkeit der verantwortlichen Organismen wohl ab 1000 kg/ha negativ beeinflusst. Gelegentlich wurde auch bei geringeren Aufwandmengen leichte Hemmung festgestellt (38, 253, 254, 260, 330). — Eine schwache Hemmung der Nitrifikation trat bereits bei 4–10 kg/ha auf, sie nimmt mit steigenden Aufwandmengen zu und kann bei 200 kg/ha auch nach 16 Monaten noch deutlich sein. (Diese Ergebnisse weisen eine Diskrepanz zu den oben genannten Analysedaten auf.) Normale Aufwandmengen blieben ohne Einfluß (260, 291). Reines HCH verhielt sich wie die γ -Isomere, Unterschiede zwischen den Isomeren bestehen in dieser Hinsicht offenbar nicht. Die Oxydationsstufe zu Nitrit ist ebenso empfindlich wie die zu Nitrat (33, 38, 79, 104, 235, 253, 254, 328). — Der Celluloseabbau wird durch praxisübliche Aufwandmengen offenbar nicht nachteilig beeinflusst (74, 106, 260, 303). — Die S-Oxydation wurde bei 200 kg/ha gehemmt (254). Auf die Thiosulfatreduktion hatten HCH und die γ -Isomere in Flüssigkeitskultur hemmenden Einfluß, im Boden minderte organische Substanz die Toxizität (104, 106). — Die Harnstoffspaltung wurde durch reines γ weniger beeinflusst als durch HCH (254). Die δ -Isomere war für diesen Prozeß besonders stark toxisch (330). Im Boden traten diese Wirkungen gegenüber künstlicher Kultur zurück (102, 105, 108). — Unterschiedlich war auch die Wirkung auf die Stärkehydrolyse, die als physiologischer Prozeß auf Agar zwar gehemmt wird, jedoch bei vergleichbaren Konzentrationen ohne Einfluß auf das Wachstum amylolytischer Organismen blieb (106, 107, 108).

Toleranzgrenzen: In künstlicher Kultur überlebten 4 *Rhizobium*-Stämme 100 ppm akt. Wst. (80). 250 ppm wurden von einer großen Anzahl geprüfter Bakterien-Stämme toleriert, unter ihnen *Bacillus subtilis* (Stammesunterschiede!), *Chromobacterium violaceum*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia marcescens*. Als empfindlich für 250 ppm erwiesen sich u. a. *Bac. cereus*, *Bac. cereus* var. *mycoides*, *Bac. megatherium*, *Cellulomonas biazotea*, *Mycobacterium phlei*, *Xanthomonas phaseoli*, *Proactionomyces phenoli* (106). Die Bakterienpopulation einer Bodensuspension wurde auf Agar mit etwa 250 ppm HCH zu 93 % gehemmt. Spezialisten, die in Gegenwart des Wirkstoffes bevorzugt wachsen, konnten nicht beobachtet werden (107, 108). Für *Clostridium felsineum* wurde Stimulation, Indifferenz und Hemmung in einer abgestuften Kon-

zentrationsreihe beobachtet (255). — Streptomyceten waren bei ca. 7 ppm wenig, bei 30 ppm offenbar stark gehemmt (107, 256). *Streptomyces griseus* tolerierte 250 ppm nicht (106). — Ein hemmender Einfluß auf Pilze war sowohl im Boden (*Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, *Ophiobolus graminis*), als auch *in vitro* zwischen 10 und 100 ppm nachweisbar (110, 260, 266). Die δ -Isomere war auch hier stärker toxisch (100, 254, 330), die α -Isomere dagegen relativ verträglich (256). Emulsionen von γ waren toxischer als Suspensionen oder Staub (80). — Für einige Protozoen (in Heuinfusion) waren 10 ppm toxisch (*Paramecium*, Ciliaten), während Amöben diese Konzentration wohl noch überleben (179, 201).

Chlordan

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 2,3,4,5,6,7,8,8-Oktachlor-4,7-endomethylen-2,3,3a,4,7,7a-hexahydroinden, Octachlordihydrodicyclopentadien. Praktisch wasserunlöslich. Dampfdruck $\sim 1 \times 10^{-5}$ mm Hg bei 25° C. Aufwandmengen: 2–10 kg akt. Wst./ha. Emulgierbare Formulierungen enthalten 50 und 70 % aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bakterien blieben über einen weiten Konzentrationsbereich (geprüft bis 2000 kg/ha) unbeeinflusst (74, 79, 129, 189, 228, 252, 319). Gleiches gilt für freie N-Binder (74, 155, 156, 228). — Knöllchenbakterien an Klee, Bohnen und *Crotalaria* wurden durch 9 und 15 kg/ha nicht wesentlich beeinträchtigt (37, 253). — Nitrifikanten und S-Oxydanten wurden ab etwa 200 kg/ha geschädigt, nicht jedoch bei normalen Feldaufwandmengen (155, 156). — Ammonifikanten wurden ab 2000 kg/ha negativ beeinflusst. Für Streptomyceten waren 50–2000 kg/ha ohne hemmenden Einfluß (74, 129). — Pilze, einschließlich Mykorrhiza-Pilze und Erreger von Keimlingskrankheiten, sind im Bereich bis zu 15 kg/ha kaum oder nur schwach gehemmt worden (189, 227, 252, 266, 319, 326), auch bei höheren Konzentrationen ist mit Schäden nicht (74, 79, 228) oder nur in geringem Umfang (129) zu rechnen.

Aktivitätsprüfungen: Von 10–2000 kg/ha wurde die CO₂-Produktion des Bodens nicht signifikant beeinflusst (74, 77, 79, 189, 231). — Die Nitrifikation und Ammonifikation unterlagen keiner Hemmung im Prüfbereich bis 300 kg/ha (74, 77, 79, 189, 227, 228, 230, 248, 263). Für > 1000 kg/ha waren beide Prozesse empfindlich (38, 254). — Der Cellulose-Abbau und die S-Oxydation wurden im ungünstigen Falle ab 200 kg/ha gehemmt (254).

Toleranzgrenzen: Das Wachstum von *Bacillus subtilis*, *Bac. cereus* var. *mycoides* und *E. coli* wurde auf Agar erst ab 50 % (?) Chlordan-Zusatz gehemmt. Gleiches gilt für *Penicillium* sp., *Mucor* sp. und *Aspergillus niger* (74). Pathogene Pilze (*Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp. und *Ophiobolus graminis*) sind offenbar empfindlicher als Saprophyten (110).

Abbauanalysen: Über mikrobiellen Abbau liegen keine Untersuchungen vor. Von 100 kg/ha waren nach 3 Jahren 90 % nicht mehr nachweisbar. Je höher die Aufwandmenge und je weniger organische Substanz im Boden, desto langsamer der Abbau (156).

Toxaphen

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: Chlorierter Kampfer; Octachlorcamphen; praktisch wasserunlöslich. Dampfdruck nicht bekannt. Aufwandmengen: 1,5–5 kg akt. Wst./ha. Spritzpulver-Formulierungen enthalten

40 %, Emulsionen 45 oder 80 %, Stäubemittel 10 %, Granulat 10 oder 20 % aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Im Bereich praxisüblicher Aufwandmengen ist eine Zunahme der Bakterienzahl möglich, 10–200 kg akt. Wst./ha hatten keinen hemmenden Einfluß (79, 189, 214, 252, 272). — 10 und 20 kg/ha hemmten die Knöllchenbildung bei Bohnen und *Crotalaria* (253). — Für Streptomyceten sind keine hemmenden Einflüsse bekannt (32). — Pilze blieben unbeeinflußt (79, 189) oder konnten durch höhere Aufwandmengen gefördert werden (32, 33, 252, 254, 272).

Aktivitätsprüfungen: Durch 25–200 kg/ha konnte die CO₂-Produktion in den ersten 4 Wochen gesteigert werden, nach ≤ 16 Monaten war ein Ausgleich erfolgt (77, 79, 254). — Die Ammonifikation wurde bei 4–20 kg/ha gefördert (253). — Auf die Nitrifikation dürften ebenfalls 4–100 kg/ha fördernd wirken, ab 200 kg/ha ist mit hemmenden Einflüssen zu rechnen (77, 79, 253, 254).

Abbauanalysen: Der Wirkstoff wird offenbar als C-Quelle verwertet (272).

Heptachlor

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 1,4,5,6,7,8,8-Heptachlor-4,7-endomethylen-3a,4,7,7a-tetrahydro-inden, Heptachlordicyclopentadien. Dampfdruck etwa 4×10^{-4} mm Hg bei 25° C. Praktisch wasserunlöslich. Aufwandmengen: 1–2 kg akt. Wst./ha. Emulgierbare Formulierung enthält etwa 20–25 % aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bakterien und Pilze wurden bis zu (der untersuchten Aufwandmenge von) 200 kg akt. Wst./ha nicht negativ beeinflusst (79, 189). Von 5 kg akt. Wst./ha werden Pilze, auch bei wiederholten Applikationen im Laufe von 3 bzw. 5 Jahren, nicht beeinflusst (189, 227).

Aktivitätsprüfungen: Bei 200 kg akt. Wst./ha wurde die CO₂-Produktion nicht gehemmt (79). — Für die Ammonifikation waren toxische Einflüsse ab ≤ 1000 kg akt. Wst./ha zu beobachten (38). — Die Nitrifikation reagierte auf 5 kg akt. Wst./ha (in 3- bzw. 5jähriger Folge gegeben) ohne Hemmung (189, 227). Auch 100 kg/ha waren ohne Einfluß (262); jedoch sind Schäden bei 200 kg/ha zu erwarten (79, 254).

Toleranzgrenzen: Zwischen 12,5 und 100 ppm wurde *Helminthosporium sativum* nicht beeinflusst (242), *Rhizoctonia solani* zeigte zwischen 0,2–100 ppm zunehmende Hemmung.

Abbauanalysen: Die Entgiftung von 10 kg/ha kann vorläufig nicht mit Mikroorganismen in Verbindung gebracht werden (164). In organismenarmen Böden entsteht Heptachlorepoxyd, das eine längere Rückstandswirkung als die Ausgangssubstanz besitzt (99, 178).

Aldrin

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 1,2,3,4,10,10-Hexachlor-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-[1,4,5,8-bis-(endo-exo)-methylene]-naphthalin. Dampfdruck 6×10^{-6} mm Hg bei 25° C. Praktisch wasserunlöslich. Aufwandmengen:

0,5–5 kg akt. Wst./ha. Spritzmittelformulierungen enthalten 20–50 %, Stäubemittel 2,5 und 5 %, Granulat 5 oder 20 % aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Im geprüften Bereich von 2–200 kg/ha trat bei einer Testzeit bis zu 12 Wochen (18, 79, 96, 129, 157, 228) bzw. 5 Jahren (189) und in verschiedenen Böden keine Minderung der Bakterienpopulation auf. Bei höheren Aufwandmengen (400–2000 kg/ha) war teilweise eine Stimulation möglich (83, 254). — Freie N-Binder wurden durch normale und überhöhte (400–2000 kg/ha) Dosierungen nicht beeinflusst (83, 155, 228). Symbiotische N-Binder an Klee wurden durch 4 kg/ha wenig gehemmt (37), Schäden traten bei 100 kg/ha ein (254). — Im Prüfbereich bis 20 kg/ha war kein Einfluß auf Nitrifikanten zu beobachten (18, 189). — Eiweißzersetzer wurden ab ca. 2000 kg/ha, S-Oxydanten ab ca. 200 kg/ha geschädigt (155). — Für Streptomycesen wurde in verschiedenen Böden bis zu 2000 kg/ha keine signifikante Beeinflussung nachgewiesen (32, 83). Möglicherweise tritt eine Förderung bei geringeren Aufwandmengen (bis 50 kg/ha) ein. — Für Pilze waren die Analysenergebnisse widerspruchsvoll: Je nach Bodentyp kann offenbar Hemmung erfolgen (32, 254), selbst bei normalen Aufwandmengen. Andererseits soll die Mykoflora (innerhalb von 4 Wochen) bei Aufwandmengen bis zu 200 kg akt. Wst./ha nicht beeinflusst werden (79, 129, 189). — Bei 2, 4 und 8 kg akt. Wst./ha ließ sich der Befall von Kohl durch *Plasmodiophora brassicae* fortschreitend vermindern (47). — Protozoen wurden im Bereich bis 100 kg/ha nicht beeinflusst (96).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion verlief bis 200 kg akt. Wst./ha normal (18, 77, 79, 189), bei weiterer Steigerung erfolgte eine leichte Stimulation (83, 254). Hemmungen wurden nicht beobachtet. — Die Ammonifikation verlief bis mindestens 100 kg akt. Wst./ha unbeeinflusst (96, 248), im Bereich bis zu 2000 kg traten teils unregelmäßige, teils toxische Einflüsse auf (38, 83). — Für die Nitrifikation lauten die Grenzwerte: kein Einfluß bis zu 200 kg akt. Wst./ha (77, 79, 96, 228, 248, 262), ab 200 kg/ha mäßig toxische Wirkung (38, 83, 254). — Die S-Oxydation wurde auch bei 10facher Normaldosis nicht beeinflusst (254).

Toleranzgrenzen: In Flüssigkeitskultur wurden nach 24 Stunden bei 0,2–10 ppm gehemmt: *Bacillus subtilis*, *Arthrobacter tumescens* (= *Corynebacterium tumescens*), *Erwinia carotovora*, *Sarcina lutea*. Höhere Konzentrationen wurden von *Aerobacter aerogenes*, *Agrobacterium radiobacter*, *Azotobacter chroococcum*, *Bac. polymyxa*, *E. coli*, *Pseudomonas fluorescens* und *Serratia marcescens* toleriert (18, 254). — Von Pilzen waren *Cladosporium* sp. und *Monilia* sp. bei 100 ppm empfindlicher als *Fusarium* sp. und *Penicillium* sp. (18). Von pathogenen Bodenpilzen werden bei praxisüblichen Aufwandmengen offenbar *Ophiobolus graminis* und *Rhizoctonia solani* unterdrückt (110).

Abbauanalysen: Der Abbau nimmt im Boden einen sehr langsamen Verlauf. Aldrin wird zu Dieldrin oxydiert (99, 178). Bislang wurde angenommen, daß Mikroorganismen am Abbau wohl nicht beteiligt sind (18, 34, 83, 164), jedoch ließen sich gelegentlich Stämme isolieren, die in Nährlösung mit Aldrin (0,1 %) als einziger C-Quelle wuchsen. Eine *Pseudomonas*-Kultur minderte den Aldrin-Gehalt nach 2 Monaten um 20 %; es wurde aber kein Cl abgespalten (157).

Dieldrin⁵⁾

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 1,2,3,4,10,10-Hexachlor-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-[1,4,5,8-bis-(endo-exo)-methylen]-naphthalin. Praktisch wasserunlöslich. Dampfdruck $1,8 \times 10^{-7}$ mm Hg bei 25° C (techn. Produkt). Aufwandmengen 0,3–1,0 kg akt. Wst./ha. Spritzmittelformulierungen enthalten 50 0/0, Stäubemittel 2 0/0 aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bakterienpopulation wurde von 100 kg/ha anfangs vermindert, doch dürften auch 200 kg akt. Wst./ha keinen andauernd dezimierenden Einfluß haben (79, 96, 189). — Freie N-Binder blieben über einen weiten Konzentrationsbereich unbeeinflusst (155). — Auf Knöllchenbakterien an Klee hatten 2 kg akt. Wst./ha einen geringfügig hemmenden Einfluß (37). — Nitrifikanten und S-Oxydanten wurden erst ab 200 kg/ha gehemmt, Eiweißzersetzer bei 2000 kg/ha (155). — An Streptomyceten wurden keine negativen Einflüsse festgestellt (32). — Praxisübliche Aufwandmengen (bis 2,5 und 5 kg/ha) beeinflussten die Pilzpopulation auch nach 3–5jähriger Applikation nicht (189, 227). Bei höheren Aufwandmengen ist eine Steigerung der Pilzzahl möglich (32, 79, 254). — Auf Protozoen haben 10 und 100 kg/ha keinen deutlichen Einfluß (96).

Aktivitätsprüfungen: Aufwandmengen von 25–200 kg/ha führten zu einer Steigerung der CO_2 -Produktion nach einem Monat; nach 16 Monaten erfolgte ein Ausgleich. Eine geringere Dosierung minderte die Aktivität nicht (77, 79, 189, 254). — Für die Ammonifikation waren Aufwandmengen ab 500 kg akt. Wst./ha wohl toxisch; 10 bzw. 100 kg/ha hatten keinen negativen Einfluß (38, 96). — Die Nitrifikation blieb bei Aufwandmengen zwischen 3 und 200 kg/ha unbeeinflusst; 500 kg akt. Wst./ha waren dagegen toxisch (38, 77, 79, 96, 189, 227). — Der Cellulose-Abbau wurde ab 200 kg/ha gehemmt (254).

Abbauanalysen. Mikroorganismen sind am Abbau wohl nicht maßgebend beteiligt (34, 164).

Demeton

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: Thiophosphorsäure-0,0-diäthyl-0- β -äthylthioäthylester; 0,0-Diäthyl 0-2-(äthylthio)äthyl phosphor-thioat; β -Äthylmercaptoäthyl-diäthyl-thiono-phosphat. — Gemisch aus Demeton-0- und Demeton-S-2-äthylthioäthyl-Isomeren. Beide Isomeren sind zu etwa 100 ppm wasserlöslich. Dampfdruck 1×10^{-3} mm Hg bei 38° C. Aufwandmengen (als Granulat) 20–30 kg/ha. Formulierung: Spritzmittel-Konzentrat (USA) mit 26,2 0/0 aktivem Wirkstoff. Weitere Daten nicht verfügbar.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Pilze wurden von 5 kg akt. Wst./ha, die in 5 aufeinanderfolgenden Jahren gegeben wurden, nicht beeinflusst (227).

Aktivitätsprüfungen: Auf die CO_2 -Produktion waren Aufwandmengen bis 30 l/ha ohne Einfluß. Bei höheren Dosierungen sowie bei gleichzeitigem Zusatz von Rohrzucker (1 0/0) oder Cellulose (1 0/0) folgte in der Regel auf anfängliche Förderung eine später einsetzende konzentrations- und substratabhängige Hemmung der CO_2 -Produktion. — Der Celluloseabbau wurde bei 1200 l/ha ge-

⁵⁾ Soweit Untersuchungen über die entsprechende Exo-exo-Verbindung (= Endrin) vorliegen, entsprechen sie für die Beeinflussung von Bakterien und Pilzen (189), freien N-Bindern, Nitrifikanten, Ammonifikanten (155), CO_2 -Produktion (189), Nitrifikation (254) und Pilztoleranz (242) den Dieldrin-Ergebnissen.

schädigt (mit nachfolgender Erholung). Bei 9000 l/ha fand kein Cellulose-Abbau mehr statt. — Für die Nitrifikation ist ab 6 l/ha mit Schäden zu rechnen. Die Ammonifikation erwies sich als erheblich unempfindlicher. — Die N-Bindung wurde durch normale Aufwandmengen nicht beeinflusst (260).

Toleranzgrenzen: In Nährlösung und auf Bodenplatten wurde *Azotobacter* bei 10 ppm gehemmt (260). 5000 ppm (akt. Wst.) wurden von *Serratia marcescens*, *Ps. fluorescens* und *Ps. aeruginosa* toleriert, während *Mycobacterium luteum*, *Sarcina lutea*, *E. coli*, *Ps. juglandis*, *Bac. cereus* var. *mycoides*, *Bac. mesentericus*, *Bac. subtilis*, *Bac. amylobacter* nur bis zu 500 ppm akt. Wst. Wachstum zeigten. Gleiches gilt für *Proactinomyces flavus*, *Proact. coralles*, *Proact. ruber*, sowie für *Mucor mucedo*, *Absidia spinosa*, *Cunninghamella elegans*, *Rhizopus nigricans*, *Phycomyces blakesleanus*, *Aspergillus oryzae*, *Penicillium notatum*, *Pen. candidum* und *Oidium lactis*. *Aspergillus niger* wurde durch 150 und 300 ppm akt. Wst. gefördert, bei 500 ppm trat in Flüssigkeitskultur ein Abfall im Mycelgewicht ein (260, 292). *Entomophthora exitialis*, *E. virulenta*, *E. obscura* und *E. ignobilis*⁶⁾ wurden bereits bei 2,5 ppm in Wasser gehemmt (118).

Schradan

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: Pyrophosphorsäure-tetradimethylamid bis-N,N,N',N'-tetramethylphosphordiamidandehydrid; Octamethylpyrophosphoramid. — OMPA, Pestox u. a. Dampfdruck ca. 1×10^{-3} mm Hg bei 25° C. Mischbar mit Wasser. Stabil in Wasser. — Formulierungen: Als wäßrige Lösung mit 30 %, wasserfrei mit 75–80 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die allgemeine Mikroflora, Nitrifikanten und Ammonifikanten wurden (im untersuchten Bereich) bis 7,5 kg akt. Wst./ha nicht beeinflusst. — *Azotobacter* wird möglicherweise zwischen 2,5 und 7,5 kg akt. Wst./ha leicht gefördert (305).

Toleranzgrenzen: Eine Bodenaufschwemmung zeigte auf Nährboden mit 10 ppm Wirkstoff keine negative Beeinflussung. Bei Steigerung von 100 auf 1000 ppm sanken die Keimzahlen fortlaufend. Nicht geschädigt wurden bei 1000 und 5000 ppm: *E. coli*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Rhizobium* sp., *Bac. subtilis*, *Bac. megatherium*, *Proteus vulgaris* (305). — Eine hohe Toleranz zeigten ebenfalls Bodenpilze. Noch bei 2000 ppm Schradan-Zusatz wuchsen *Alternaria tenuis*, 6 *Penicillium*- und 4 *Aspergillus*-Arten, *Fusarium oxysporum*, *F. lini*, *F. avenaceum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Sclerotium rolfsii*, *Trichothecium roseum*, *Botrytis cinerea*, *Verticillium albo-atrum*. In Flüssigkeitskultur kann es allerdings bereits bei 1000 ppm zu leichter Verminderung des Mycelgewichtes kommen (305, 306).

Abbauanalysen⁷⁾: Die meisten der oben genannten Pilze sind befähigt, in P-freier Nährlösung Phosphor aus Schradan zu verwerten. Phycomyceten (*Gongronella*, *Absidia*, *Mucor*) sind zu dieser Abbauleistung nicht in der Lage (305, 306, 307).

⁶⁾ Für die Phosphorsäureester Malathion und Trithion liegen weitere Angaben über die Empfindlichkeit dieser Organismen vor (118). Bearbeitet wurde auch Wirkungsdauer und Abbau von Trithion im Boden (195).

⁷⁾ Über den Abbau von 0-0-Diäthyl S-(äthylthiomethyl)phosphordithioat (= Thimet) und N,N,N',N'-Tetramethylphosphordiaminfluorid (= Dimefox) u. a. Verbindungen durch Mikroorganismen (*Torulopsis utilis*, *Ps. fluorescens*, *Thiobacillus thiooxidans* und *Chlorella pyrenoidosa*) wurden eingehende Untersuchungen angestellt (2).

Parathion

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Thiophosphorsäure-0,0-diäthyl-0-p-nitrophenylester; 0,0-Diäthyl 0-(4-nitrophenyl)-thiophosphat. Dampfdruck: $3,78 \times 10^{-5}$ mm Hg bei 20° C. Wasserlöslichkeit 20–25 ppm. Aufwandmengen: 0,15–1,5 l akt. Wst./ha. Formulierungen mit etwa 50 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Durch normale und stark überhöhte (100 kg/ha) Aufwandmengen blieb die Bakterienflora unbeeinflusst (160, 214), oder sie wurde sogar stimuliert (213, 214, 256). Gleiches gilt für Nitrifikanten, Denitrifikanten, Eiweißersetzer, Celluloseersetzer, Manganoxydanten, Streptomyceten, Pilze, Algen (160, 214, 227).

Aktivitätsprüfungen: Mit steigenden, weit überdosierten Zusätzen stieg die CO₂-Produktion zunehmend (214); ebenso nach gleichzeitigem Zusatz von 1 % Rohrzucker oder Cellulose (260). Der Cellulose-Abbau wird wohl bei ≥ 2000 l/ha (= ca. 10 000fach übernormal) geschädigt; jedoch tritt Erholung ein (260). — Die Nitrifikation wurde bei 6 kg akt. Wst./ha — gegeben im Laufe von 3 Jahren — nicht beeinflusst. — Auf die Ammonifikation hatten 210 l/ha keinen negativen Einfluß. — Normale Aufwandmengen beeinflussten die N-Bindung nicht (260).

Toleranzgrenzen: Bei 150 ppm wuchsen ohne bemerkenswerte Beeinträchtigung: *Bac. cereus* var. *mycooides*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotomonas insolita*, *Ps. fluorescens*, *Ps. aeruginosa* (= *Ps. pyocyanea*), *Sarcina flava*, *Erwinia phytophthora*, *Ps. phaseolicola*, *Agrobacterium tumefaciens* (280). In Nährlösung und auf Bodenplatten wurde bei 1000 ppm das Wachstum von *Azotobacter* negativ beeinflusst (260). — Für Streptomyceten wurde bei 40 ppm auf Agar Hemmung festgestellt (256). *Entomophthora exitialis* wurde durch 8 ppm in Wasser gehemmt.

Abbauanalysen: In sterilem Boden erfolgte der Abbau langsamer als in insterilem. Der Abbau verlief auch bei 100 kg/ha relativ schnell. Die Beteiligung von Bakterien wird vermutet. *Chlorella*-Kulturen zeigten nur sehr geringe Oxydation von Parathion (2, 93, 160, 214).

III. Fungizide

TMTD

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Tetramethylthiuramdisulfid. Praktisch wasserunlöslich. Unwesentlicher Dampfdruck bei Raumtemperatur. Formulierungen meist mit 75–80 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Eine stimulierende Wirkung auf Bakterien wurde bei 50 kg/ha beobachtet, während im geprüften Bereich von 100–400 kg/ha der Förderung teilweise eine etwa 8tägige Hemmung der Bakterienpopulation vorausging (58, 70, 241, 300). — Auch Streptomyceten reagierten auf 100 kg/ha in leichten Böden mit einer Hemmung, für die jedoch bei hohem Gehalt an organischer Substanz keine Anzeichen vorliegen (70, 241). Bei 250 kg/ha wurde die Streptomycetenflora völlig ausgelöscht (58). — Die Pilzpopulation wurde zwischen 100–400 kg/ha (und höheren Aufwandmengen) fortschreitend vermindert⁸⁾ (58, 70, 241, 321). Relativ wenig beeinflusst wurden

⁸⁾ Bei der in ihren physikalischen Eigenschaften und im Indikationsgebiet völlig abweichenden Dimethyl-Verbindung waren 9 Tage nach der Applikation von 9 kg/100 m² keine Pilze im Boden mehr nachweisbar (323).

Trichoderma viride, *Penicillium nigricans*, *Aspergillus nidulans*, *Chaetomium* sp. (58, 71, 241). Andere Pilze wurden sehr stark vermindert; unter ihnen: *Mucor hiemalis*, *Fusarium dimerum*, *F. solani*, *Monilia pruinosa*, *Cephalotrichum medium*, *Aspergillus fumigatus* (71). — Die Mykorrhiza-Bildung an Kiefernssämlingen verlief bei 125 kg/ha abnormal (326). — Algen wurden bei 320 kg/ha nicht deutlich beeinflusst (70).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion wurde durch 120 kg/ha gehemmt (231). — Pilzliche Antibionten wurden durch 320 kg/ha wohl nicht negativ beeinflusst (71).

Toleranzgrenzen: 50–100 % Hemmung traten bei folgenden Organismen und Konzentrationen auf: *Bac. cereus* var. *mycoides* (8–40 ppm), *Bac. subtilis* (8–80 ppm), *Bac. sphaericus* (8–16 ppm), *Mycobacterium smegmatis* (8–40 ppm), *Chromobacterium violaceum* (40–800 ppm) (72). — *Streptomyces scabies* wurde bei 12,5 ppm vollständig gehemmt (241). 50–100 % Hemmung trat für *Nocardia citrea*, *Nocardia rubra*, *Streptomyces griseolus*, *Str. limosus* bei 8–40 ppm, für *Str. purpureus* und *Str. coelicolor* bei 8–16 ppm, *Str. chrysomallus* bei 8–160 ppm, *Str. albidoflavus* bei 16–160 ppm ein (72). — Die Grenzkonzentrationen von *Scenedesmus obliquus* und *Chlorella pyrenoidosa* lagen (substratabhängig) bei 100 bzw. 1000 ppm (97).

Abbauanalysen: Der Abbau erfolgt in Komposterde schneller als in Sandboden. Nach 55 Tagen wurden 100 kg/ha zu > 95 %, 200 kg/ha zu 84 %, 400 kg/ha zu 59 % abgebaut (241).

Nabam

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Dinatriumäthylendisulfidcarbammat. Wasserlöslich. Unwesentlicher Dampfdruck. Formulierung: 19 % aktiver Wirkstoff in wässriger Lösung. Aufwandmenge etwa 100–200 kg akt. Wst./ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bakterienflora wurde durch 100–200 kg/ha unmittelbar nach der Applikation wenig beeinflusst. Ab 3. Tag wurden Förderungseffekte beobachtet, die allerdings bei 400 kg/ha mindestens bis zum 29. Tag nach der Anwendung noch nicht in Erscheinung getreten waren. — Für Streptomyceten ist bei 200 kg/ha nicht mit einer Verminderung der Population zu rechnen⁹⁾ (45, 56, 70, 77, 241). — Dagegen war die Pilzflora bei 200 kg/ha beträchtlich (70–80 %) und lang andauernd (ca. 30 Tage) vermindert⁹⁾. Ein Anstieg wurde nach 60 Tagen erkennbar (45, 70, 241), wofür möglicherweise das Vorherrschen von *Trichoderma viride* weitgehend allein verantwortlich ist (56). Besonders betroffen waren von der Verminderung *Verticillium dahliae* var. *zonatum*, *Fusarium solani*, *F. oxysporum* var. *aurantiacum*, *Botryotrichum piluliferum*. Einen erhöhten relativen Anteil an der Gesamtpopulation wiesen 3 Tage nach der Applikation *Penicillium nigricans*, *Chaetomium* sp., *Graphium* sp. und *Thielaviopsis basicola* auf. — Auf Algen war bei 200 kg/ha kein Einfluß erkennbar (71).

Aktivitätsprüfungen: 90 kg/ha hatten keinen Einfluß auf die CO₂-Produktion (77). Bei 200 kg/ha folgte auf eine anfänglich schwache Hemmung nach 4 Wochen eine Förderung. — Die Nitrifikation begann sich bei gleicher Aufwandmenge nach 45 Tagen von der Hemmung zu erholen und erreichte am

⁹⁾ Gleiches dürfte für die entsprechende Mn-Verbindung (= Maneb, Manzate), Fe-Verbindung (= Ferbam, Fermate) und Zn-Verbindung (= Zineb) gelten (77, 241).

60. Tage etwa 50 % der Aktivität des unbehandelten Bodens¹⁰⁾ (45). Antibioten und Ligninverwerter unter den Pilzen dürften empfindlich für 200 kg/ha sein (71)¹¹⁾.

Toleranzgrenzen: Eine 50–100 %ige Hemmung trat für *Bac. cereus* var. *mycoides* in einem Konzentrationsbereich von 10–100 ppm (akt. Wst.) ein, für *Bac. subtilis*, *Bac. sphaericus*, *Mycobacterium smegmatis* und *Azotobacter* sp. zwischen 10–50 ppm, für *Chromobacterium violaceum* zwischen 20–100 ppm (72)¹²⁾. In anderen Prüfungen lagen die Toleranzgrenzen teilweise etwas höher (60, 97). — Bei einer Auswahl von 9 Streptomycceten ergab sich ein den Bakterienstämmen sehr ähnlicher Konzentrationsbereich für eine 50–100 %ige Hemmung (72). *In vitro* betrug die Grenzkonzentrationen für *Chlorella pyrenoidosa* 1 ppm, für *Anabaena variabilis* 10 ppm (97).

Abbauanalysen: In Laborversuchen hatten 200 kg/ha eine Halbwertszeit von etwa 15 Tagen (69).

Quecksilber-Verbindungen

Mikrobiologische Bodenanalysen: Mit abnehmender Aktivität von 2-Chlor-4-(hydroxy-Hg)phenol stieg die Bakterienzahl im Boden an (206). — Durch 100 kg HgCl₂/ha war 13 Monate nach der Applikation erst ¼ der Streptomycceten- und 1/3 der Pilz-Anfangspopulation wieder erreicht (76). — Methyl-Hg-Oxinat (40 kg/ha) reduzierte die Pilzpopulation anfänglich, während Bakterien unbeeinflusst blieben (55, 56). Die *Penicillium*-Population stieg nach Bodenbehandlung mit Methyl-Hg-Oxinat auf das 3fache (55). — 20 kg Kalomel/ha führten zu Mißbildung der Mykorrhiza an Kiefernssämlingen (326).

Aktivitätsprüfungen: Für die CO₂-Produktion war eine anfängliche Stimulation durch HgCl₂ bei 50 und 100 kg/ha zu beobachten (82), jedoch lag die Gesamt-CO₂-Produktion im behandelten Boden nach 13 Monaten unter der Kontrolle (76). In kurzfristigen Versuchen waren sowohl die CO₂-Produktion bei HgCl (40 kg/ha) als auch der O₂-Verbrauch bei HgCl₂ (25 und 60 kg/ha) eindeutig gehemmt (49, 231). — Die Nitrifikation wurde von 25 und 50 ppm-Lösungen (Phenyl-Hg-acetat) in Perkolationsversuchen mit Erholungszeiten von einigen Wochen gehemmt (246).

Toleranzgrenzen: Die Grenzkonzentrationen können für Bakterien (und Algen) je nach Art, Wirkstoff und Substrat zwischen 0,1 und 1000 ppm schwanken (97). Diese Eigenschaft ist für Hg-Verbindungen typisch, so daß sich weitere Angaben erübrigen.

Abbauanalysen: 2-Chlor-4-(hydroxy-Hg)phenol wurde nach 2–3 Wochen in nicht-steriler Erde inaktiviert, in sterilem Boden war das Präparat nach 2 Monaten noch wirksam. Am Abbau sind möglicherweise *Penicillium*- und *Aspergillus*-Arten sowie *Trichoderma viride* beteiligt (206, 274). — Cyano(methyl-Hg)guanidin wurde durch eine *Bacillus*-Art, weniger durch *Penicillien* inaktiviert (274). Diese Abbaupotenz ist nicht auf Methyl-Hg-hydroxyd übertragbar (273).

¹⁰⁾ Die Nitrifikation benötigte eine lag-Phase von 150 Tagen, wenn der Boden (50 g) mit $2,1 \times 10^{-3}$ mol Manzanol/kg perkoliert wurde. Durch Ferbam werden offenbar NO₂- ebenso wie NO₃-Bildner gehemmt (135).

¹¹⁾ Der Cellulose-Abbau wurde durch 100 kg/ha Ferbam (s. o.) partiell gehemmt (Erholung nach 40 Tagen), durch 1000 kg/ha blieb eine vollständige Hemmung mindestens 180 Tage erhalten (328).

¹²⁾ Zineb (s. o.) war ab 140 ppm für Knöllchenbakterien und *Azotobacter* toxisch (60). 1,5 kg akt. Wst./ha wurde von *Agaricus* sp. toleriert. Die gleiche Menge unterdrückte *Trichoderma viride* (338).

Captan

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: N-Trichlormethylthiotetrahydrophthalimid; N-Trichlormethylmercapto-4-cyclohexen-1,2-dicarboximid. Wasserlöslichkeit 9 ppm. Formulierungen: 50 % aktiver Wirkstoff als Stäubemittel, 75 % als Beizmittel. Aufwandmengen etwa 2,5 kg akt. Wst./100 m².

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei normalen Aufwandmengen erfolgte keine Hemmung der allgemeinen Bakterienflora (70, 232). — Streptomyceten wurden von 2,5 kg/100 m² mäßig bis sehr stark gehemmt (58, 70). — Die Pilzzahl wurde bei 0,1 und 2,5 kg/100 m² stark reduziert, bei 10 kg/100 m² fast gänzlich ausgelöscht (58). Als besonders empfindlich erwiesen sich bei 2,5 kg/100 m²: *Fusarium solani*, *Mucor hiemalis*, *Mortierella alpina*, *Rhizopus nigricans*, *Cephalotrichum medium*, *Tilachlidium tomentosum*, *Oospora sulphurea*, *Monilia pruinosa*. — Bei der gleichen Aufwandmenge wurden gefördert: *Scopulariopsis brevicaulis*, *Chaetomium* sp., *Aspergillus nidulans*, *Penicillium nigricans*, *Microascus cirrosus*, *Volutella ciliata*, *Aspergillus versicolor*, *Pyrenochaeta* sp., *Cladosporium herbarum*, *Verticillium dahliae*, *Thielaviopsis basicola*, *Phoma* sp., *Fusarium merismoides* (71). — 2,5 kg/100 m² hatten eine schwach hemmende Wirkung auf einzellige Grünalgen.

Toleranzgrenzen: Zu 50–100 % wurden gehemmt (Grenzkonzentrationen in ppm akt. Wst.): *Bacillus cereus* var. *mycoides* (10–25), *Bac. subtilis* (25–100), *Bac. sphaericus* (25–50), *Mycobacterium smegmatis* (5–25), *Chromobacterium violaceum* (25–100). — Für Streptomyceten liegen gleiche Daten vor für *Nocardia citrea* (10–50), *N. rubra* (5–25), *Streptomyces ruber* (5–100), *Str. purpureus* (5–250), *Str. coelicolor* (25–100), *Str. griseolus* (10–250), *Str. limosus* (50–250), *Str. chrysomallus* (10–500), *Str. albidoflavus* (100–500) (72). — Für Algen wurden folgende (z. T. substratabhängige) Grenzkonzentrationen ermittelt: *Scenedesmus obliquus* (> 1000 ppm), *Chlorella pyrenoidosa* (100, 1000 ppm), *Anabaena variabilis* (100 ppm) (97). — Pathogene Bodenpilze tolerierten im Durchschnitt geringere Konzentrationen als saprophytische Bodenpilze (68).

IV. Herbizide

2,4-D

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure. Die Säure ist praktisch wasserunlöslich, das Na-Salz zu 4,5 %, Amin-Salze in verschiedenem Maße. Der Dampfdruck des wasserlöslichen Isopropylesters beträgt $10,5 \times 10^{-3}$ mm Hg bei 25° C. Aufwandmengen: 1–2 kg akt. Wst. (Na-Salz)/ha; 0,5–1,0 kg akt. Wst. (Amin-Salz)/ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Gesamtzahl der Bakterien wurde in weiten Grenzen (bis etwa 1000 kg/ha) nicht negativ beeinflusst (75, 128, 165, 239, 256, 265, 271, 299), bei höheren Aufwandmengen kann es zu Hemmungen kommen (53), unter dem Einfluß geringerer Konzentrationen ist eine Anfangsförderung nicht unwahrscheinlich (61, 66, 132, 166). — Für *Azotobacter* sp. ist ab 50 kg/ha zumindest mit einer anfänglichen Schädigung zu rechnen (5, 90, 175, 191, 229, 309), während normale Aufwandmengen diesen Organismus und auch *Clostridium* sp. unbeeinflusst lassen (51, 52, 53, 54, 66, 103, 265, 299). Stimulationen wurden für *Azotobacter* ebenfalls gelegentlich beobachtet. — Entsprechend der hohen Empfindlichkeit der Leguminosen für 2,4-D kam es bereits bei geringen Aufwandmengen zu einer merklichen Verminderung der

Knöllchenbildung. Die Angaben schwankten je nach Versuchsanordnung für eine Hemmung zwischen 0,02 und 20 kg/ha (10, 87, 88, 89, 229), sowie zwischen 0,15 kg/ha und 1 kg/ha (43, 88, 229) für eine Unterbindung der Knöllchenbildung. Allgemein kann gesagt werden, daß die Wirtspflanzen (Bohnen, Klee) empfindlicher reagieren als die entsprechenden *Rhizobium*-Arten. — Nitrifikanten wurden bei normalen Aufwandmengen nicht beeinflusst. Eine Verminderung nitrifizierender Organismen ist bei 200 kg/ha zu erwarten (Erholung nach 40 Tagen). Nitritbildner wurden schon bei 50 kg/ha reduziert (Erholung nach 10 Tagen) (103, 271). — Ammonifikanten blieben durch mehr als die 100-fache Feldkonzentration unbeeinflusst (155). — Cellulosezerersetzer — wie auch andere physiologische Gruppen — konnten durch normale Aufwandmengen (0,75 bis 6 l/ha) gefördert werden (61, 313). — Für die Streptomycespopulation waren Aufwandmengen bis zu 2000 kg/ha unbedenklich (75, 128, 271). — Unbeeinflusst blieben Bodenpilze bis ≥ 1000 kg/ha (61, 66, 75, 128, 265, 299, 311), bei 20 000 kg/ha war eine Verminderung festzustellen (245). — Grün- und Blaualgen, Diatomeen, Rhizopoden, Rotatorien, Infusorien und Nematoden wurden von 1000 kg/ha nicht beeinflusst. Nur *Spirogyra*-Arten werden offenbar geschädigt (239). Nach anderen Angaben ist mit einer negativen Beeinflussung von Protozoen bei normalen Feldaufwandmengen zu rechnen (132).

Aktivitätsprüfungen: Die Höhe der CO₂-Produktion wurde bei 1000 kg/ha, in einigen Fällen auch schon bei geringeren Aufwandmengen deutlich, aber nur kurzfristig vermindert (5, 90, 91, 143, 216). Bis zu 100 kg/ha ist mit hemmenden Einflüssen nicht zu rechnen (90, 216, 282, 295). Für die Wirkung auf den O₂-Verbrauch der Bodenorganismen gilt das gleiche (325). Beim Vorhandensein geeigneter Abbauspezialisten kann es zu deutlichen Förderungseffekten im O₂-Verbrauch kommen (143). *In vitro* trat maximale Hemmung des O₂-Verbrauchs von *Azotobacter agilis*, *A. vinelandii*, *A. chroococcum* bei 10 000 ppm ein (149, 150, 182, 183). Äquimolare Lösungen von Mg⁺⁺ löschten diese Wirkung (147). In diesem Zusammenhang wurde der Einfluß von weiteren chlorierten Phenoxysäuren untersucht (151). Phosphat steigerte die 2,4-D-Empfindlichkeit von *A. vinelandii* (148, 152). — Ein nachwirkend hemmender Einfluß auf die Ammonifikation ist bei normalen Aufwandmengen nicht zu erwarten (90, 91, 200). Bei 1800 kg/ha stellte *Bacillus cereus* die NH₃-Produktion *in vitro* ein (145). — Für die Nitrifikation wurde nachgewiesen, daß *in vitro* bereits Konzentrationen, die im Bereich normaler Aufwandmengen liegen, zu Hemmungen führen können (90, 91, 166, 200, 268, 295). Es erfolgte aber je nach Bodenart und Konzentration früher oder später (4–16 Wochen) ein Ausgleich. Unter Feldbedingungen trat die Hemmwirkung auf die Nitrifikation selbst bei Überdosierungen zurück (153, 262). Die Nitratreduktion von *Bac. cereus* var. *mycoides* wurde durch normale Aufwandmengen nicht beeinflusst (282). — Die Stärkehydrolyse von *Bacillus subtilis* wurde bei 100 ppm gehemmt (59). Der Gelatineabbau durch *Bac. cereus* wurde bei 300 ppm und durch eine Bodensuspension bei 5000 ppm verzögert (145, 146). — *Ps. fluorescens* verwertete Aminosäuren und produzierte Ammoniak aus Aminosäuren gut bei 500 und 1000 ppm, nicht aber bei 5000 ppm (146).

Toleranzgrenzen: Die Entwicklung von Bakterienkolonien aus einer Bodensuspension auf 2,4-D-haltigem Agar wurde zwischen 25 ppm und 40 000 ppm nicht beeinflusst (5, 75, 197). Aus dem reichen Untersuchungsmaterial heben sich folgende Ergebnisse heraus: Als hoch-tolerant (Hemmung bei > 10 000 ppm)

können *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aerobacter aerogenes*, *Serratia marcescens* angesehen werden. Als wenig tolerant (Hemmung bei 1000 ppm) erwiesen sich *Rhizobium trifolii*, *Rh. phaseoli*, *Rh. japonicum*, *Bac. subtilis*, *Bac. cereus*. Eine Mittelstellung nahmen ein: *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum*, *A. agilis*, *Bac. cereus* var. *mycoides*, *Sarcina lutea* (10, 43, 51, 59, 84, 88, 143, 145, 177, 183, 197, 221, 282, 289, 312, 335, 336). Daneben liegen Einzelangaben für weitere Testorganismen vor, die hier nicht erwähnt werden können. — Streptomyceten zeigten auf 2,4-D-haltigem Agar bei ≥ 500 ppm ungestörtes Wachstum (5, 20, 21, 197, 256, 312). Ester gaben im Vergleich zu Salzen der Chlorphenoxyessigsäure offenbar abweichende Resultate; auch die Wasserstoffionenkonzentration beeinflusste die Toleranz der Streptomyceten (196). — In Pilznährböden eingebrachte Bodensuspensionen wurden ab 500 ppm gehemmt (5), während auf Bodenplatten (nach Winogradsky) eine Verminderung der Koloniezahl erst bei etwa 35–40 000 ppm zu erwarten ist (53, 54, 301). — Aus naheliegenden Gründen ist häufig die Wirkung von 2,4-D auf Pilzgattungen untersucht worden, die als Pathogene an Getreide auftreten (*Fusarium*, *Helminthosporium*, *Sclerotiniu*, *Corticium*, *Pythium*, *Ophiobolus*, *Gibberella*) (27, 59, 130, 207, 208, 209, 242, 289, 314, 320). Die Ergebnisse lassen folgendes erkennen: Saprophyten sind toleranter als Parasiten; Parasiten werden dennoch erst bei hohen Konzentrationen gehemmt; die Sporenkeimung ist 2,4-D-empfindlicher als das Mycelwachstum (113); verschiedene Arten der gleichen Gattung können unterschiedlich empfindlich sein (210, 211); verschiedene Salze bzw. Ester der 2,4-D ergeben bei gleichem Testorganismus unterschiedliche Wirkung (27). Tests auf Agarsubstrat zeigten eine geringere Toleranz an als Bodenplatten nach Winogradsky (cf. 5, 53, 54, 301). — Höhere Pilze (*Agaricus hortensis*, *Coprinus* sp.) blieben bei 1000 ppm unbeeinflusst (35).

Abbauanalysen: Für den Abbau sind aerobe Bedingungen sowie eine gute Verfügbarkeit der organischen Bodensubstanz Voraussetzung (246, 283, 285). Drei Abbau-Phasen konnten unterschieden werden: 1. Adsorption an Bodenkolloide (ca. $0,167 \pm 0,035$ mg/g trockener Boden), 2. Konzentrationsabhängige lag-Phase von wechselnder Dauer ohne Minderung der Toxizität, 3. Endphase mit schneller und vollständiger Entgiftung (14, 17). Für 100 ppm betrug die Zeit bis zum restlosen Wirkstoffabbau 2–3 Wochen (6, 12, 142). Durch Zusatz einer zum Abbau befähigten Bakterien-Kultur oder durch Verwendung angereicherter Böden konnte die Abbauphase stark vermindert werden (12, 39, 246, 285, 315). Die Anreicherungsphase betrug in diesen Experimenten etwa 2–4 Wochen (13), die erhöhte Aktivität eines solchen Bodens hielt 1–3 Wochen an (218). Ein für den 2,4-D-Abbau speziell angereicherter Boden ist ebenfalls zum Abbau von MCPA befähigt; aber es ist offenbar ein anderes Enzymsystem beteiligt (14, 15, 25, 286); auch gilt dieser Befund wohl nicht für alle 2,4-D-abbauenden Organismen (287). Eine Adaptation an 2,4-D schließt nicht die Fähigkeit zum Abbau der 5 möglichen Isomeren ein (286). In sterilen Böden findet praktisch kein Abbau statt (64). Das Amin-Salz war stabiler als das Na-Salz (246). Der Abbau führt wahrscheinlich zunächst zu 2,4-Dichlorphenol und 4-Chlorbrenzkatechin (15, 286). Phenoxyessigsäure und Phenol treten als Zwischenprodukte offenbar nicht auf (315). Der endgültige Abbau ist mit einer Ringspaltung verbunden (6, 283), bei der wahrscheinlich zunächst Cl-haltige Bruchstücke liegen bleiben, denn nur 76 % des im Molekül enthaltenen Cl wurden in Ionenform freigesetzt (285).

Die am Abbau beteiligten Organismen sind: *Flavobacterium peregrinum* (276, 283, 285, 286, 287), *Flavobacterium aquatile*¹³⁾ (143), *Corynebacterium* sp. (237), Bakterien aus der *globiforme*-Gruppe (13, 14, 17), ein *Mycoplana* nahe-stehender Organismus (315), *Achromobacter* sp. (25, 285, 287). Für den zuletzt genannten Organismus sind für den Abbau erforderlich: freie, nicht-chlorierte ortho-Stellung, freie Karboxygruppe, vorzugsweise in β -Stellung zur Ätherbin-dung, Cl in para-Stellung, nicht mehr als 2 Cl-Atome am Ring (26). — Unter pH 7 war der Abbau vermindert. Junge Kulturen waren Abbau-aktiver als ältere. — Keiner von 62 getesteten Pilzen war in der Lage, Cl⁻ aus 2,4-D auszubauen (137).

MCPA

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 2-Methyl-4-chlorphenoxy-essigsäure. Die Säure ist praktisch wasserunlöslich, nicht flüchtig. Na-Salze und Salze organischer Basen sind wasserlöslich. Aufwandmengen: 0,5–1,5 kg akt. Wst. (Amin-Salz)/ha. Formulierungen: 15–25 % des Na-Salzes, Stäubemittel 0,75–1,5 % (nicht in Deutschland).

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei 4 und 6 l/ha ist keine Beeinträchtigung der Bakterienflora zu erwarten, 250 l/ha führten zu Schäden (66, 197). — *Azotobacter* sp. wurde durch normale Aufwandmengen in der Mehr-zahl der Fälle nicht gehemmt (66, 103, 308, 310). Gleiches gilt für Nitrifikanten und Pilze. — Die Knöllchenbildung an Leguminosen wurde bei 10 und 25 kg/ha stark gehemmt (87, 89), jedoch lagen bei *in vitro*-Kulturen die Hemmkonzentrationen mindestens eine Zehnerpotenz niedriger (88).

Aktivitätsprüfungen: Eine deutliche Hemmung der CO₂-Produktion wurde erst bei 1000 kg/ha beobachtet, 50 kg/ha waren ohne Wirkung (143, 216); offenbar reagieren verschiedene Böden aber nicht gleichsinnig (260). — Die Nitrifikation wurde bei 250 kg/ha vermindert. Nitritbildung konnte in Perkola-tionsversuchen von 0,002 M gehemmt und von 0,02 M unterbunden werden (144). — Auf die Ammonifikation hatten 100 kg/ha keine negative Wirkung (260). — Der Celluloseabbau wurde von normalen Aufwandmengen nicht beein-flußt (103, 260).

Toleranzgrenzen: In Agar aufgenommene Bodensuspensionen zeigten bei 125–500 ppm Hemmung der Kolonieentwicklung. Die Einflüsse auf das Wachstum von *Rhizobium trifolii* begannen bei 100 bis 200 ppm, *Azotobacter chroococcum*, *Bac. cereus* var. *mycoides*, *E. coli*, *Sarcina* sp., *Micrococcus* sp. tolerierten ebenfalls 200 ppm nicht ohne Beeinträchtigung des Wachstums (84, 88, 197, 216, 308, 312). — Für Streptomyceten gelten etwa die gleichen Empfind-lichkeitsbereiche (20, 21, 197, 312). — Zur Verwertung von MCPA als einziger C-Quelle sind zahlreiche Pilze befähigt. Unter ihnen: *Alternaria tenuis*, *Asper-gillus niger*, *A. oryzae*, *Penicillium griseo-roseum*, *P. notatum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* (22). — Angaben über Grenzkonzentrationen *in vitro* sind im geprüften Bereich von 20–5000 ppm widerspruchsvoll, was zum Teil auf die Nährboden-Abhängigkeit der Untersuchungen zurückgeführt werden kann (197, 216, 312).

Abbauanalysen: Für den Abbau sind aerobe Bedingungen erforder-lich. Es kommt in einer etwa 70 Tage dauernden Anreicherungsphase zum Aufbau einer spezifisch befähigten Mikroflora, von der auch 2,4-D und — in geringerem

¹³⁾ Soll zu *Sporocytophaga congregata* gehören (318).

Maße — auch 2,4,5-T abgebaut werden können. Die Abbaugeschwindigkeit ist von der Aufwandmenge abhängig. 20 kg/ha wurden in < 6 Wochen abgebaut. Bei Zusatz von Abbau-aktiven Organismen zum Boden ist die Beseitigung von 200 kg/ha nach 2 Wochen vollständig. 50–100 % des im MCPA zugesetzten C wurden in dieser Zeit als CO₂ abgegeben. In sterilem Boden kann die Abbauezeit > 15 Wochen betragen. Als Abbauprodukt trat 5-Chlor-2-kresol auf, später erfolgte Ringspaltung (6, 14, 15, 39, 64, 143, 285, 286). — Als Abbau-Spezialisten wurden erkannt: *Flavobacterium peregrinum*, *Achromobacter* sp. (142, 285).

2, 4, 5-T

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure. Salze wasserlöslich, Ester wasserunlöslich. Dampfdruck < 0,01 mm Hg bei 20° C. Aufwandmengen: 0,5–1 kg akt. Wst./ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Knöllchenbildung (Klee) wurde bei 25 kg/ha völlig, bei 10 kg/ha zu 85 % gehemmt (87, 89). — Für Pilze konnte bei 200 kg/ha eine Förderung und ab 20 000 kg/ha Hemmung beobachtet werden (245).

Aktivitätsprüfungen: CO₂-Produktion und O₂-Verbrauch wurden von Aufwandmengen bis 50 kg/ha nicht beeinflusst (216, 325); ab 1000 kg/ha war eine Verminderung zu beobachten. Die maximale Hemmung der O₂-Aufnahme trat für *Azotobacter agilis* und *A. chroococcum in vitro* bei 2000 ppm, für *A. vinelandii* bei 1500–2000 ppm ein (182). — Die Nitrifikation wurde ab 250 kg/ha gehemmt (216).

Toleranzgrenzen: Die Entwicklung einer Bodensuspension wurde in 2,4,5-T-Agar bei 125 und 500 ppm gehemmt, desgleichen die Testpilze *Cunninghamella* sp., *Trichoderma* sp., *Asp. niger* (216), das Wachstum von *Rhizobium trifolii* wurde ab 50 ppm leicht, ab 100 ppm deutlich beeinflusst (84). 1000 ppm hatten kaum eine Wirkung auf *Fusarium vasinfectum* (35). In Flüssigkeitskultur wurde *Verticillium albo-atrum* von 125 ppm zu etwa 50 % nach 14–18 Tagen gehemmt (176). Kein Wachstum zeigte *Aspergillus candidus* bei 1500 ppm (240).

Abbauanalysen: Im Perforationsversuch betrug die Anreicherungszeit etwa 270 Tage. Mit 2,4,5-T-abbauenden Mikroorganismen angereicherte Böden vermochten auch 2,4-D und MCPA abzubauen (14). Nach 205 Tagen lagen noch keine Anzeichen für einen Abbau unter Ringspaltung vor (80 ppm in Lösung, mit Bodensuspensionen beimpft) (6)¹⁴. Geringere Konzentrationen wurden in kürzeren Zeiten inaktiviert (5 ppm nach < 6 Wochen, 2,5 ppm nach < 3 Wochen). In sterilem Boden findet kein Abbau statt (64).

DNOC

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 2,4-Dinitro-o-kresol, 2-Methyl-4,6-dinitro-phenol; 2,4-Dinitro-6-methylphenol; DNC. Dampfdruck 105×10^{-6} mm Hg bei 25° C. Wasserlöslichkeit 130 ppm. Aufwandmengen: 4–8 kg/ha. Formulierungen: Na- oder Amin-Salz, meist 90–100 % akt. Wst.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei Anwendung von normalen Aufwandmengen sowie bei Steigerung auf 50 und 200 kg/ha wurde kein Einfluß auf Bakterien festgestellt (75, 302). — *Azotobacter* wurde von Feldkon-

¹⁴) Auch der Abbau von 4-(2,4,5-Trichlorphenoxy)buttersäure, 2-(2,4,5-Trichlorphenoxy)propionsäure erfolgte nur äußerst zögernd (325).

zentrationen nicht geschädigt (302). — Ammonifikanten waren relativ widerstandsfähig, so daß im behandelten Boden durch NH_3 -Bildung die Bodenreaktion (bis zum Einsetzen der DNOC-empfindlicheren Nitrifikation) zunächst ansteigt (278). — Streptomyceten und Pilze blieben bis zu 50 l akt. Wst./ha unbeeinflusst (75, 299). — Bei 375 kg/ha kann es zunächst zu einer Verminderung der Pilzzahl kommen, die aber nach etwa 10 Monaten wieder ausgeglichen wurde. Durch die gleiche Aufwandmenge konnte *Synchytrium endobioticum* wirkungsvoll bekämpft werden (279).

Aktivitätsprüfungen: Bei Feldaufwandmengen war kein wesentlicher Einfluß auf die CO_2 -Produktion zu beobachten (57). Die Nitrit-Bildung konnte *in vitro* durch Perkolation des Bodens mit 0,0005 M Na-DNOC gehemmt werden (144).

Toleranzgrenzen: *Azotobacter chroococcum*, *Micrococcus* sp., *Bac. cereus* var. *mycoides* wurden bei 200 ppm zu etwa 50 % gehemmt, bei 40 ppm erfolgte normale Entwicklung. — *Streptomyces parvus*, *Str. flavovirens*, *Str. albus* wurden bei 200 ppm schwach gehemmt. Nach anderen Angaben sollen Streptomyceten 40 000 ppm in Agar tolerieren. — Eine ähnliche Kontroverse ist für die Toleranz von Pilzen (*Mucor* sp., *Penicillium notatum*, *Aspergillus niger*, *Stemphylium* sp.) zu verzeichnen (75, 312).

Abbauanalysen: *Arthrobacter simplex* (= *Corynebacterium simplex*) war zum Abbau befähigt. Eine Anreicherung dieses Organismus war in neutralen und alkalischen Böden möglich, nicht in sauren (114). In Lösungen von 0,01 % DNOC verlief der Abbau intensiv, er verlangsamte sich mit steigender Konzentration. Der Gehalt an organischem Material beeinflusste die Abbaugeschwindigkeit (278).

DNBP

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 2,4-Dinitro-o-sec-butylphenol; 2-(1-methyl-n-propyl)-4,6-dinitrophenol. Dinoseb, DNSBP, DNBP. Wasserlöslichkeit 1000 ppm. Aufwandmengen: 0,75-1,25 kg akt. Wst. (NH_4 -Salz)/ha; 1,0-2,5 kg akt. Wst. (Amin-Salz)/ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Durch 3 kg/ha wurde die Gesamtzahl von heterotrophen Bodenorganismen nach 1 Monat deutlich reduziert, nach 3 Monaten war noch kein Ausgleich erfolgt (98). — *Azotobacter* wurde von 2-6 kg/ha nicht beeinflusst. Eine Hemmung trat erst ab 150 kg/ha ein. Cellulosezersetzer, Buttersäurebakterien, aerobe N-Binder und Pilze wurden durch normale Aufwandmengen nicht beeinflusst (265). — *Sclerotium rolsii* wurde bei Applikation von 9 kg/ha reduziert (48).

Aktivitätsprüfungen: Der O_2 -Verbrauch von Böden, die mit Nitrifikanten angereichert waren, konnte durch 3 kg/ha stark gehemmt werden (98, 117). Die maximale Hemmung des O_2 -Verbrauchs von *Azotobacter agilis* u. *A. vinelandii* lag bei 1500 ppm, für *A. chroococcum* bei 700 ppm (182). Die allgemeine Stoffwechselaktivität des Bodens (gemessen an der Gasproduktion) wurde bei < 100 ppm unterdrückt (54).

Toleranzgrenzen: Auf Agarplatten war eine vollständige Hemmung von *Sclerotium rolsii*, *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, *Helminthosporium victoriae*, *H. sativum*, *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* und *F. oxysp. f. conglutinans* bei < 10 ppm zu beobachten (48, 242, 243). Die Hemmwirkung nahm mit steigendem pH des Mediums ab, woraus sich möglicherweise abwei-

chende Befunde (höhere Toleranzwerte) erklären lassen (19). Auf Bodenplatten (nach Winogradsky) wurden Pilze bei 10–50 ppm gehemmt, ab 70–100 ppm vollständig unterdrückt (54, 301).

Abbauanalysen: Durch *Pseudomonas aeruginosa* wurden in belüfteter Kultur 90 % des Wirkstoffes in 20 Tagen abgebaut, von *Ps. putida* unter gleichen Bedingungen nur 50 %. Ein Gemisch beider ergab 100 % Abbau. Beide Organismen vermochten DNBP als einzige C-Quelle zu verwerten (73, 237).

Pentachlorphenol

Wirkstoffdaten: Andere Bezeichnung: PCP. Dampfdruck 0,12 mm Hg bei 100° C. Wasserlöslichkeit 20–25 ppm bei 20° C, Na-Salz zu 33 % wasserlöslich bei 25° C. Übliche Aufwandmenge: 40 l/ha. Formulierung als Herbizid häufig mit 5 % Wirkstoffgehalt.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Durch 333 l/ha wurde die Bakterienflora nicht beeinflusst. 1700 l akt. Wst./ha hemmten zunächst, später erfolgte ein Ausgleich oder sogar Anstieg der Bakterienzahlen (166, 233). — *Azotobacter* sp. wurde bei 333 l/ha stark gehemmt. — Nitrifikanten sollen bei der gleichen Aufwandmenge gefördert werden (233).

Aktivitätsprüfungen: Gehemmt wurde die O₂-Aufnahme von Böden, die mit Nitrifikanten angereichert und dann mit PCP behandelt worden waren (117). Wurde der Druckanstieg in einem geschlossenen, mit Boden gefülltem Gefäß als Aktivitätskriterium verwendet, so hatten 4–16 kg/ha bereits beträchtlich hemmenden Einfluß (168, 169). — Die Nitrifikation wurde bei Applikation von 350–1700 l akt. Wst./ha anfangs gehemmt; im Laufe von 8–16 Wochen trat jedoch wieder eine normale Aktivität ein (133, 166). — Die Cellulosezersetzung wurde von 333 l/ha nicht beeinflusst (233).

Toleranzgrenzen: Auf Agar zeigten bei etwa 10 ppm *Sclerotium rolfsii*, *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*, *Helminthosporium victoriae*, *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici*, *F. oxysporum* f. *conglutinans* vermindertes Wachstum. Auch bei 10fach geringerer Konzentration blieben noch viele Testpilze gehemmt (48). Eine Steigerung auf 18 000 ppm unterband das Wachstum von *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* und *Scl. bataticola* vollständig (19), *Verticillium albo-atrum* wurde nach 14–18 Tagen in Flüssigkeitskultur (0,5 ppm) zu etwa 50 % gehemmt. Die Konidienkeimung von *Cochliobolus miyabeanus* wurde von 20 ppm auf 60 % vermindert und von 100 ppm vollständig unterbunden (202).

Abbauanalysen: In einer Bodensuspension trat innerhalb von 72 Tagen bei 50 ppm keine Ringspaltung ein (6). Hoher Gehalt an organischer Substanz beschleunigte den Abbau, der bei 15 kg/ha nach 50 Tagen fast vollständig war. 7,5 kg/ha waren nach 22 Tagen zu etwa 50 % abgebaut (340).

Natriumchlorat

Wirkstoffdaten: Wasserlöslichkeit 79 g/100 ccm Wasser bei 0° C. Aufwandmengen: 100–250 kg/ha. Formulierungen zwischen 50 und 100 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei Aufwandmengen unter 400 kg/ha wohl keine Verminderung der Bakterienflora (134, 215, 220), ab 500 kg/ha mehr oder minder heftige Beeinflussung, die auch nach 298 Tagen noch nicht zurückgegangen war (128, 271). — Nitrifikanten wurden durch 100 kg/ha deutlich (120), bei 500 und 1000 kg/ha stark geschädigt (271). — Streptomyceten

und Pilze blieben selbst bei 2500 kg/ha unbeeinflusst (128, 215, 271). — *Agaricus campestris* wurde durch 675 kg/ha nach 9 Wochen deutlich gefördert (263). — Algen wurden von 250 kg/ha nicht negativ beeinflusst (215). — An Protozoen konnte zwischen 100 und 4000 kg/ha keine Schädigung beobachtet werden (341).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion wurde in Feld- und Laborversuchen bis etwa 10 000 kg/ha wenig oder nicht beeinflusst, bei höheren Aufwandmengen trat eine Hemmung ein (281, 341). Die gesonderte Untersuchung der Atmung von *Azotobacter agilis* und *A. vinelandii* ergab starke Hemmung bei 5000 bzw. 4000 kg/ha (182). — Für die Nitrifikation ist bis zu 300 kg/ha bei Herbstapplikation allenfalls mit kurzfristigen Schäden zu rechnen, die sich nicht bis in das Frühjahr erstrecken (341). Dagegen kommt es offenbar unmittelbar nach der Anwendung von 250 kg/ha zu einer deutlichen Hemmung (172). In stallmistgedüngtem Boden ergab sich kein negativer Einfluß auf die Nitrifikation (134). Vom Gesamtprozeß ist offenbar nur die Oxydation von Nitrit zu Nitrat betroffen (173, 220). Waren Nitrit-Oxydanten in Überzahl vorhanden, so unterblieb der genannte negative Einfluß. Auch wirkt Nitrat der Chlorat-Hemmung entgegen (173). — Auf die Ammonifikation blieben bis 4000 kg/ha ohne Wirkung (341). Die Denitrifikation wurde (bei gleichzeitiger Stallmistdüngung) etwas vermindert (134). Bei 100 und 400 kg/ha wurde der gleiche Prozeß in leichtem und schwerem Boden 8 Wochen nach Applikation stark gehemmt. Die Hemmung klang später ab (220).

Toleranzgrenzen: Die Zellzahl von *Azotobacter chroococcum* wurde bei < 25 ppm bereits stark vermindert, die N-Bindung jedoch relativ wenig beeinflusst. Nach einer lag-Phase von einem Tag erfolgte ein steiler Anstieg der N-Bindung (220). Zu den unter praktischen Aufwandmengen empfindlichen Organismen zählen (*in vitro*) außerdem: *Bacillus amylobacter*, nitrifizierende Bakterien, Cellulosezerersetzer. Als hochresistent erwiesen sich sporenbildende Bodenbakterien, die noch bei 10 % Chlorat auf Agar Vermehrung zeigten (281). — *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. tolerierten 10–15 000 ppm (301, 341). *Aspergillus niger* fruktifizierte noch auf 30 % iger Lösung (215).

Abbauanalysen: Chlorat wird unter anaeroben Bedingungen alsbald reduziert (120, 134). Ein mit stark überhöhten Aufwandmengen (bis 1300 kg/ha) behandelter Boden zeigte allerdings noch nach 2 Jahren toxische Rückstände (36). Mikroorganismen sind am Prozeß direkt oder indirekt beteiligt (215). — Das K- und NH₄-Salz kann von einer *Penicillium*-Art abgebaut werden (9).

Anorganische Thiocyanate

Die Aufwandmengen liegen bei 250 kg/ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bakterienflora war bei 500 kg/ha am 20. Tage nach der Applikation zu etwa 40 %, bei 1000 kg/ha zu etwa 80 % vermindert. — Nitrifikanten wurden durch beide Aufwandmengen stark geschädigt (90 %), Streptomyceten wurden bei 1000 kg/ha deutlich vermindert, während der Pilzgehalt eine Förderung erfuhr. — Protozoen blieben bei 500 und 1000 kg/ha wohl unbeeinflusst (271).

Aktivitätsprüfungen: Die Nitrifikation wurde durch 650 kg NH₄CNS/ha gehemmt, während 325 und 160 kg/ha ohne Einfluß blieben (219). Die Nitrit-Bildung (durch *Nitrosomonas europaea*) sowie die Nitritoxydation wurden durch 760 ppm NH₄-Thiocyanat *in vitro* gehemmt (102, 144). — Auf die Ammonifikation hatten 100–300 kg/ha keinen meßbaren Einfluß (341).

Abbauanalysen: 250 kg/ha können noch 5 Wochen nach der Applikation aktiv vorliegen (341). Es wurden für NH_4CNS aber auch wesentlich kürzere Abbauzeiten (160 kg/ha in 2 Wochen, 320 kg/ha in 4 Wochen) beobachtet (219). Abbau-Spezialisten reichern sich an (102). Thiocyanat wird (durch *Thiobacillus thiooxydans*) zunächst zu Cyanat und Sulfid hydrolysiert. Cyanat wird weiter abgebaut zu CO_2 und NH_3 . Das Sulfid wird zu Sulfat oxydiert (339).

Kalkstickstoff

Wirkstoffdaten: Wirksamer Bestandteil ist Calciumcyanamid (ca. 60 %). Aufwandmengen: 200–400 kg/ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Geringe Dosierungen (160 kg/ha) steigerten den Bakteriengehalt ohne vorherige Hemmung, die kennzeichnend für Aufwandmengen ab 1000 kg/ha auf leichten Böden ist (7, 116, 170, 202, 203, 214, 238, 294, 333). Der erhöhte Bakteriengehalt bleibt offenbar lange (≥ 9 Monate) erhalten (28). In sauren Böden stieg die Bakterien- und Actinomycetenzahl mit steigenden Aufwandmengen (80–400–2000–10 000 kg/ha), während die Pilzzahl ab 2000 kg (Kalkstickstoff)/ha abnahm (116). — *Azotobacter chroococcum* sowie Ammonifikanten wurden ab 600 kg/ha auf leichtem, nicht jedoch auf schwerem Boden gehemmt (238). — Nitrifikanten wurden bei ~ 160 kg N/ha fast völlig ausgeschaltet. Die gleiche (oder gesteigerte) Aufwandmenge war für Actinomyceten und Pilze relativ wenig wirksam (28, 294). Eine Förderung von Penicillien konnte beobachtet werden (203). Über die Wirkung gegen pathogene Bodenpilze liegen darüber hinaus zahlreiche Angaben vor.

Aktivitätsprüfungen: Die CO_2 -Produktion wurde durch 1000 kg/ha in 4 verschiedenen Böden im Laufe von etwa 6 Wochen deutlich gefördert (258).

Toleranzgrenzen: Saprophytische Pilze sind möglicherweise weniger empfindlich als Parasiten (203). Reinkulturen von Bakterien wuchsen in 300 ppm-Lösungen von Cyanamid (158). *Pseudomonas aeruginosa* (= *Ps. pyocyanea*), *Aspergillus niger* und *A. fumigatus* waren relativ toleranter als *Ps. fluorescens*, *Bac. megatherium* und *Bac. cereus* var. *mycoides* (259). 400 ppm-Lösungen (mit Glucose- und Phosphatzusatz) wurden von *Cladosporium* sp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *Verticillium lateritium*, *Cephalotrichum stemonitis* abgebaut (159).

Abbauanalysen: Der Wirkstoff wird relativ rasch (12 Monate bei 100 mg N [als Ca-Cyanamid]/kg trockener Boden) ammonifiziert, jedoch nur langsam (> 18 Monate bei Applikation von 100 und 400 mg N/kg trockener Boden) nitrifiziert (28, 171, 258, 294). Erstes Hydrolyseprodukt ist Harnstoff. Es schließt aber die Fähigkeit zur Harnstoffspaltung nicht unbedingt auch die zum Kalkstickstoffabbau ein (180). Der Abbau nimmt mit steigender Organismenzahl und mit dem Gehalt an verwertbarem Substrat zu (259). Für den Abbau dürften Organismen aus der *Pseudomonas*-Gruppe sowie Actinomyceten verantwortlich sein (203).

CMU

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: 3-(p-Chlorphenyl)-1,1-dimethylharnstoff. — Monuron. Relativ wenig flüchtig, Wasserlöslichkeit 230 ppm bei 25° C. Aufwandmengen: 1–8 kg akt. Wst./ha; bei nicht-selektiver Anwendung 20–80 kg/ha. Formulierung: 80 % aktiver Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die allgemeine Bakterienflora, Pilze, Cellulosezerersetzer, Buttersäurebakterien und aerobe N-Binder wurden durch normale Aufwandmengen nicht beeinflusst (265). Nach 2jähriger Anwendung

kam es zu einer Stimulation der Mikroflora. Zu beachten ist, daß durch Ausschaltung des Pflanzenwachses eine Verschiebung des C/N-Verhältnisses eintreten kann, womit sich die Lebensbedingungen für Mikroorganismen erheblich ändern können (23).

Aktivitätsprüfungen: Die O₂-Aufnahme von Böden, die mit Nitrifikanten angereichert waren, wurde durch 2 kg/ha gehemmt (98, 117). Die CO₂-Produktion ließ sich durch Feldaufwandmengen nicht beeinflussen (57)¹⁵.

Toleranzgrenzen: *Azotobacter chroococcum*, *Bac. cereus* var. *mycoides*, *Streptomyces parvus*, *Str. flavovirens*, *Str. albus* sowie *Penicillium notatum*, *Aspergillus niger* u. a. wurden von 40 und 200 ppm nicht beeinflusst (312). Gleiches gilt für das Wachstum von *Helminthosporium sativum* zwischen 1,25 und 10 ppm (242). Auf Bodenplatten (nach Winogradsky) entwickelten sich bei 20 000 ppm noch einige Kolonien, unter ihnen *Aspergillus terreus* (301).

Abbauanalysen¹⁶). Als verantwortlich werden u. a. angesehen: *Pseudomonas chlororaphis*, *Ps. desmolytica* (Verwertung von CMU als einziger C-Quelle) (73, 237).

IPC

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnungen: Isopropyl-N-phenylcarbammat, Isopropylcarbanilat. — Protham, INPC, PPC. — Wasserlöslichkeit 32 ppm bei 20–25° C. Aufwandmengen 3–6 kg akt. Wst./ha. Formulierung als Spritzpulver mit 50 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei 20 kg/ha war die Gesamtzahl heterotropher Bodenorganismen mindestens 1–3 Monate nach der Applikation vermindert (98). — Auch soll die Aktivität von Ammonifikanten, Nitrifikanten, die Anzahl von *Azotobacter* sp. und *Clostridium pasteurianum* bei 8 kg/ha vermindert sein (101)¹⁷.

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion wurde von 50 und 250 kg/ha nicht beeinflusst, von 1000 kg/ha deutlich gehemmt. — Bei 250 kg/ha setzte eine Minderung der Nitrifikation ein (216)¹⁸. Die O₂-Aufnahme eines Bodens, der mit Nitrifikanten angereichert war, wurde durch 20 kg/ha nicht vermindert (98). — Der Cellulose-Abbau wurde in geringem Maße herabgesetzt (101).

Toleranzgrenzen: Eine Bodensuspension zeigte in Agar mit IPC-Zusatz bei 12,5 und 500 ppm gehemmte Kolonieentwicklung (216). — *Azotobacter chroococcum*, *Micrococcus* sp., *Bac. cereus* var. *mycoides* sowie *Streptomyces parvus*, *Str. flavovirens* und *Str. albus* wurden bei 40 ppm schwach, bei 400 ppm mehr als 50 % gehemmt. — *Penicillium notatum*, *Aspergillus niger*, *Cunninghamella* sp. und *Trichoderma* sp. wurden durch beide Konzentrationen (sowie durch höhere) stark gehemmt (216, 312). Unbeeinflusst blieb *Helminthosporium sativum* bei 1,25 und 10 ppm (242)¹⁹. Ungewöhnlich hohe Toleranzwerte wurden für *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* und *Sclerotinia bataticola* angegeben (19).

¹⁵ Bei der entsprechenden 3,4-Dichlorphenyl-Verbindung (= Diuron) ließ sich eine Hemmung der CO₂-Produktion bei 10 und 200 kg/ha beobachten, die nach etwa 4 Wochen ihr Maximum erreichte, nach 8 Wochen aber deutlich abgeklungen war (46). Geringe Aufwandmengen haben keine Wirkung (57).

¹⁶ Diuron (s. o.) wird langsamer als CMU abgebaut (264).

¹⁷ Der Einfluß von Chlor-IPC (= CIPC) auf die allgemeine Bodenmikroflora, Cellulosezerstörer, Buttersäurebakterien und aerobe N-Binder wurde gering befunden (265).

¹⁸ Über beide Kriterien liegen auch für CIPC (s. o.) Untersuchungen vor (117, 290, 295), die jedoch nach ihrer Anlage zum Vergleich nicht geeignet sind.

¹⁹ Für Pilzhemmungen durch CIPC vgl. (48).

Simazin

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 2-Chlor-4,6-bis(äthylamino)-1,3,5-triazin. Wasserlöslichkeit 3,5 ppm. Übliche Aufwandmengen: 0,5–2 kg akt. Wst./ha; bei nicht-selektiver Anwendung 10 kg/ha. Formulierung als Spritzmittel mit 50 %, als Granulat mit 10 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Im geprüften Bereich von 1,5–250 kg/ha ließen sich an der Bakterienflora des Bodens keine hemmenden Einflüsse erkennen (112, 191, 234, 265, 288). — Zu gleichen Ergebnissen führte die Untersuchung von freien N-Bindern, Ammonifikanten und Nitrifikanten, bei denen im mittleren Konzentrationsbereich eine gewisse Förderung nicht ausgeschlossen ist. — Eiweißzersetzer und Streptomyceten werden möglicherweise von 1,5 und 3 kg/ha anfangs leicht gehemmt, später gefördert (288). — Cellulosezersetzer blieben durch normale Aufwandmengen unbeeinflusst (191, 265). — Pilze wurden bis zu einer geprüften Aufwandmenge von 300 kg/ha nicht dezimiert. Jedoch gilt dieser Befund nicht für Böden, die arm an organischer Substanz sind. Hier kann es zu vorübergehenden Hemmungen kommen (111, 112, 265, 288). *Aspergillus fumigatus* dürfte für höhere Dosierungen relativ empfindlich sein.

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion wurde bei 200 kg/ha mit fortschreitender Einwirkungszeit zunehmend gehemmt (Maximum etwa nach 4 Wochen, vorher geringe Einflüsse). Höhere Aufwandmengen hemmten proportional stärker (41, 46, 112, 234); normale Feldaufwandmengen waren ohne Einfluß (57). — Die Ammonifikation, Denitrifikation und Stärkehydrolyse blieben bei 150 und 300 kg/ha unbeeinflusst. — Die Nitrifikation erschien bei 150 kg/ha eher gefördert als gehemmt (112); auch wesentlich höhere Aufwandmengen haben offenbar noch keinen negativen Einfluß (41). 3 Wochen nach der Applikation von 12 kg/ha war eine insignifikante Hemmung von *Cytophaga* und *Cellvibrio* zu beobachten (234).

Toleranzgrenzen: Eine in Agar aufgenommene Bodensuspension zeigte bei 65 ppm Stimulation der Bakterienflora; ab 130 bzw. 320 ppm begann eine (nährbodenabhängige) Hemmwirkung deutlich zu werden. *Azotobacter chroococcum*, *Bac. cereus* var. *mycoides* und *Micrococcus* sp. blieben bei 100 und 400 ppm unbeeinflusst. — Für die Streptomyceten einer Bodensuspension kann eine Hemmung bei 200 ppm einsetzen, jedoch blieben *Strept. parvus*, *Str. flavovirens*, *Str. albus* bei 100 und 400 ppm unbeeinflusst. Auf Selektivagar mit Simazin (und Bodensuspension) wurden Nitrifikanten und freie N-Binder ab 200 ppm gehemmt. Eiweißzersetzer tolerierten höhere Konzentrationen. — Für Pilze ist eine hemmende Wirkung ab 130 ppm zu erwarten. Die Grenzkonzentrationen sind in ihrer Höhe vom Nährstoffgehalt des Substrates abhängig (288, 312).

Abbauanalysen: In mehreren untersuchten Böden wurde Simazin innerhalb von 3 Wochen nach der Applikation abgebaut. Von 4 bzw. 5 kg akt. Wst./ha wurden nach 10 bzw. 11 Monaten 10 bzw. < 5 % wiedergefunden (1, 41). In Laborversuchen mit C¹⁴-markiertem Simazin war bei erheblich höheren Aufwandmengen nach 1 Woche der Abbau (unter Ringspaltung) vollständig (236). Der Wirkstoff wird als C-Quelle von Pilzen kaum genutzt, ist jedoch als N-Quelle gut geeignet. Die Verwertung hängt von den sonstigen Energiequellen des Substrates ab. Besonders aktiv in der Verwertung waren *Fusarium oxysporum*, *Pericillium cyclopium*, *Fusarium avenaceum*, *Penicillium lanoso-coeruleum*, *Cylindrocarpon radicolica*, *Stachybotrys* sp. (111, 112). Pilze aus der *Penicillium*

purpurogenum-Serie, der *Aspergillus ustus*-Gruppe und Streptomycceten vermochten auf Simazin-haltigen Nährlösungen zu wachsen, jedoch trat innerhalb von 30 Tagen keine Verminderung der Wirkstoffaktivität ein (41).

Trichloracetat

Wirkstoffdaten: Abgekürzte Bezeichnung TCA, meist als Na-Salz verwendet. Wasserlöslichkeit 120 g/100 ccm Wasser bei 25° C. Aufwandmengen 10–50 kg akt. Wst./ha, gegen Gräser bis zu 200 kg/ha. Formulierung: 90 % aktiver Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Aerobe Bakterien wurden von $\geq 20\ 000$ kg/ha noch nicht gehemmt. Auch die übrige Bakterienflora sowie Streptomycceten und Pilze blieben bei zweimaligen Gaben von 300 kg/ha unbeeinflusst. 4–12 kg/ha verminderten den Anteil von *Azotobacter* sp. nicht. Erst ab 2000 kg/ha sind für diesen Organismus Schäden zu erwarten (53, 54). Abweichende Ergebnisse sprechen von einer verminderten Aktivität von Ammonifikanten, Nitrifikanten sowie verminderter Organismenzahl von *Azotobacter* und *Clostridium pasteurianum* bei > 8 kg/ha (101).

Toleranzgrenzen: Zwischen 1,25 und 10 ppm kein Einfluß auf *Helminthosporium sativum* (242).

Aktivitätsprüfungen: Die maximale Hemmung der O₂-Aufnahme durch *Azotobacter chroococcum* erfolgte bei 6000 kg/ha. *A. agilis* und *A. vine-landii* erwiesen sich als weniger empfindlich. In geschlossenen Gefäßen wurde der Druckanstieg teils durch 10–150 kg/ha stark vermindert, teils bei 2000 kg/ha nicht beeinflusst (54, 168, 169). In weniger globalen Analysen erwies sich TCA als indifferent, während Monochloracetat bei 500–2000 kg/ha zu einer Steigerung der CO₂-Produktion führte (139). — Der Cellulose-Abbau soll bei Aufwandmengen von > 8 kg/ha in geringem Maße gehemmt werden (101).

Abbauanalysen: Bei tiefen Temperaturen und in saurem Boden ist der Wirkstoff relativ beständig. Der Abbau wird bei p 5.0 praktisch eingestellt. Die Latenzzeit für den Abbau ist sehr lang. Monochloracetat wurde im Gegensatz dazu sehr leicht und vom pH unbeeinflusst im Boden zersetzt, wozu u. a. *Pseudomonas* sp., *Penicillium roqueforti* und *Trichoderma viride* teils sofort, teils nach 7-tägiger lag-Phase befähigt sind (137, 139). Trichloracetat wurde nur von Spezialisten abgebaut, wozu wohl *Arthrobacter* sp. und *Pseudomonas* sp., nicht aber *Nocardia* sp. zu rechnen sind (125, 126, 136, 140). Von 62 getesteten Pilzstämmen vermochte keiner Cl⁻ aus TCA abzuspalten (137). Die Fähigkeit zum Abbau eines Mono-, Di- oder Trichloracetats ist in der Regel auf eine Verbindung beschränkt und nur begrenzt übertragbar (140).

Dalapon

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Na- α , α -dichlorpropionat. Wasserlöslichkeit 90 g/100 ccm Wasser bei 25° C, hydrolysiert in wäßriger Lösung. Übliche Aufwandmengen: 4,5–25 kg akt. Wst./ha. Formulierung: 74 % aktiver Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die allgemeine Mikroflora erschien im untersuchten Bereich von 20–240 kg/ha 3–6 Wochen nach der Applikation nicht vermindert (127, 334). Gleiches gilt für symbiontische N-Binder. — Pilze vermehren möglicherweise ihren relativen Anteil.

Aktivitätsprüfungen: Böden, die mit Nitrifikanten angereichert waren, zeigten gesteigerte O₂-Aufnahme zwischen 100 und 300 kg/ha, bei 1200 kg/ha trat leichte Hemmung auf (117). Das Maximum der Hemmung (O₂-Aufnahme) wurde für *Azotobacter agilis* und *A. chroococcum* bei 15 000 kg/ha, für *A. vinelandii* bei 10–20 000 kg/ha erreicht (182). Die CO₂-Produktion wurde wenig beeinflusst (139). — Die Nitrifikation erfuhr bei 70 kg/ha eventuell eine leichte Anfangshemmung, doch war nach 3 Wochen ein Ausgleich erfolgt (334).

Toleranzgrenzen: *Azotobacter chroococcum*, *Micrococcus* sp., *Bac. cereus* var. *mycoides*, *Streptomyces parvus*, *Str. flavovirens*, *Str. albus*, *Penicillium notatum*, *Aspergillus niger* und *Stemphylium* sp. blieben bei 400 und 2000 ppm unbeeinflusst (312). — Auf Bodenplatten (nach Winogradsky) dominierten bei 10 000 ppm *Cunninghamella* sp., bei 25–35 000 ppm *Aspergillus niger*, während *Cunninghamella* bei 30 000 ppm unterdrückt wurde (301).

Abbauanalysen: In sterilem Boden und bei tiefer Temperatur (2° C) erfolgte kein Abbau (127, 297). Bei 16° C wurden die bis zu 80 kg/ha untersuchten Aufwandmengen nach 10 Wochen abgebaut (24). In Nährlösung wurden 100 % des theoretischen Cl⁻ in 3 Wochen freigesetzt (124, 125), jedoch sind Pilze an diesem Prozeß offenbar nicht beteiligt (137). Der Kohlenstoff des Moleküls wird als C-Quelle von verschiedenen Mikroorganismen verwertet. Als Abbau-Spezialisten wurden Arten der folgenden Gattungen genannt: *Agrobacterium* (nicht befähigt zum Mono- und Trichloracetatabbau) und *Nocardia* (Wachstum, aber keine Cl-Abspaltung), sowie *Pseudomonas dehalogenans* (bei Abbau Zellvermehrung, Cl-abspaltend). Die Beteiligung von Actinomyceten ist Nährstoffabhängig (124, 125, 126, 136, 137, 139, 184).

V. Entseuchungsmittel

Methylbromid

Wirksstoffdaten: Andere Bezeichnung: Monobrommethan. Dampfdruck 1824 mm Hg bei 25° C. Wasserlöslichkeit 1,34 g/100 ccm bei 25° C. Aufwandmengen: 1,5–10 l akt. Wst./100 m². Formulierungen häufig 98 % mit 2 % Chlorpikrinzusatz.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bakterienflora wurde nach 48 h durch 4 l/100 m² zu 95 % vermindert. Sporenbildner überlebten 5 l/100 m². — Für *Rhizobium trifolii* war 1 l/100 m² schädigend, bei höherer Dosierung wurde die Knöllchenbildung merklich reduziert. — Nitrifikanten wurden durch 4 l/100 m² nach 4 Tagen fast vollständig eliminiert, Ammonifikanten zu etwa 86 %, Denitrifikanten zu 47 %. Bei steigenden Gaben wurde die gleiche Verminderung in kürzeren Zeiten erreicht. — Für Streptomyceten und Pilze liegt die kritische Aufwandmenge wohl ebenfalls bei 4–5 l/100 m². Als besonders widerstandsfähig erschienen: *Penicillium vermiculatum*, *P. brefeldianum*, *Chaetomium* sp., *Chaetomidium* sp., *Thielaviopsis basicola*, *Trichoderma viride*. *Aspergillus*-Arten vermochten noch 20 l/100 m² zu überleben (194, 224, 324).

Aktivitätsprüfungen: Die Ammonifikation zeigte bei Gaben von 9 l/100 m² nach 10 Tagen eine starke Steigerung, die nach 50 Tagen abgeklungen war (275). — Die Nitrifikation wurde ab 4,5 l/100 m² stark gehemmt und begann sich nach 3 Wochen langsam zu erholen. In lehmigem Boden dauerte die lag-Phase etwa 5 Wochen. Auch bei 3 l/100 m² (48 h Begasung) war die Nitrifikation nach 2 Wochen noch stark gehemmt (205, 244, 275, 296). — Die Aktivität Celluloseabbauender Bakterien wurde durch 4 l/100 m² nach 96 h nahezu vollständig unterbunden (324).

Chlorpikrin

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Trichlornitromethan, Nitrochloroform. Dampfdruck 23,8 mm Hg bei 25° C. Wasserlöslichkeit 2,27 g/1000 ccm bei 0° C. Aufwandmengen: 3–5 l/100 m². Formulierung: annähernd 100 % aktiver Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Für Bakterien (einschließlich Nitrifikanten) ist bei 0,75 kg/100 m² mit einer Schädigung zu rechnen (3, 270), die aber (auch bei höheren Aufwandmengen) nach dem Austritt des Präparates aus dem Boden und nach teilweise sehr langen Aufbauzeiten in eine Förderung umschlägt (3, 116, 187, 192). An der Wiederbesiedlung waren Sporenbildner besonders beteiligt. Rhizosphärenorganismen sind offenbar besonders empfindlich (116). — Streptomyceten wurden von praxisüblichen Aufwandmengen wenig beeinflusst, in der Rhizosphäre kam es zu einer vorübergehenden Steigerung dieser Organismengruppe (116). — Eine sehr stark hemmende Anfangswirkung übten 0,75 kg/100 m² (und stärkere Dosierungen) auf Pilze aus. Die Erholung, an der Rhizosphärenpilze wohl nicht beteiligt sind, erfolgte teilweise schneller als bei Bakterien (3, 116, 186, 188, 270, 322, 323). — Unter den relativ toleranteren Wiederbesiedlern fanden sich: *Trichoderma* sp., *Chaetomium* sp., *Sclerotium* sp., *Penicillium* sp., *Gliocladium* sp., *Melanospora* sp., *Cephalotrichum* sp., *Ceratostoma* sp., *Graphium* sp. — *Verticillium albo-atrum* war im Vergleich zu diesen Pilzen weniger tolerant (186, 188, 270, 327). Für die Vertreter der 3 erstgenannten Gattungen bedürfen abweichende Angaben (322, 323) erneuter Überprüfung. — Protozoen wurden ab 0,75 kg/100 m² stark dezimiert. Flagellaten sind möglicherweise etwas widerstandsfähiger (192, 270).

Aktivitätsprüfungen: Die Ammonifikation wurde bei geringer Dosierung von 0,025 kg/100 m² 10 Tage nach der Applikation deutlich gesteigert. Bei 0,7–6 l/100 m² soll keine Hemmung zu erwarten sein (3, 163, 275, 284, 331), während die Nitrifikation im ungünstigen Falle (275) bereits bei 0,025 kg/100 m², mit Sicherheit ab 0,7 l/100 m² (und höheren Konzentrationen) gehemmt wird (162, 163, 205, 269, 284, 293, 331). Die Hemmung blieb bei 4,3 l/100 m² etwa 50 Tage und bei 6 l/100 m² mindestens 120 Tage voll erhalten (3, 284, 293, 331). Schwächere Einflüsse wurden bei relativ hoher Bodenfeuchtigkeit beobachtet. — Die Krümelbildung wurde von 1,8–18 l/100 m² nicht deutlich beeinflusst (187). Sie kann nach Chlorpikrin-Behandlung durch *Stachybotrys atra* schneller und intensiver in Gang kommen als nach Dämpfung (193).

Athylendibromid

Wirkstoffdaten: Weitere Bezeichnung: 1,2-Dibromäthan. Dampfdruck: 11,0 mm Hg bei 25° C. Wasserlöslichkeit 0,43 g/100 g bei 30° C. Aufwandmengen: 50–100 kg akt. Wst./ha. Formulierungen enthalten 10–20 Vol. % aktiven Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Im geprüften Bereich von 120–400 l/ha trat deutlich hervor: nach der Applikation bis zu 7 Tagen Hemmung von Bakterien, anschließend (10.–20. Tag) Förderung, später (70. bis 250. Tag) Gleichgewicht wiederhergestellt (3, 67, 119, 187, 324); Verbesserung der Knöllchenbildung an Soja in *Heterodera glycines*-verseuchtem Boden bei 45 l/ha (81); Nitrifikanten über weiten Konzentrationsbereich teils gefördert (155), teils unterschiedlich lange (50 und 250 Tage) gehemmt (3); Denitrifikanten durch 300 l/ha anfangs (17. Tag) vermehrt, später (72. Tag) wieder Ausgleich

(119); Ammonifikanten im Prüfbereich bis 1200 l/ha gefördert (3, 155). — Für Streptomyceten gilt in gleicher Weise das an Bakterien beobachtete Sterilisationsphänomen: durch 300 bzw. 400 l/ha anfangs kurzfristige Hemmung, nachfolgende Förderung, später Ausgleich (119, 324). — Gleiche Beobachtungen wurden auch für die Bodenpilzflora gemacht (3, 138, 186, 275, 324). — Als relativ tolerant erwiesen sich: *Aspergillus sydowi*, *Fusarium solani*, *Gliocladium penicilloides*, *P. restrictum*, *P. vinaceum*, *P. vermiculatum*, *P. brefeldianum*, *Pyrenochaeta* sp., *Stemphylium consortiale*, *Torula* sp., *Chaetomium* sp., *Chaetomidium* sp., *Thielaviopsis basicola*, *Trichoderma viride* (186, 188, 324, 326).

Aktivitätsprüfungen: Für die CO₂-Produktion scheint erst bei sehr hohen Aufwandmengen (20 000 l/ha) eine Hemmung angezeigt zu sein, die aber spätestens nach 3 Wochen von einer Förderung abgelöst wird (67, 244, 290, 299). — Die Ammonifikation wurde im Testbereich von 90–460 l/ha stark gefördert bei gleichzeitiger Unterdrückung der Nitrifikation (NH₄-Anreicherung) (244, 275, 296, 299). — Für den Celluloseabbau waren 20 000 l/ha stark toxisch. — Die Bildung von Bodenaggregaten wurde bei 300 l/ha ungünstig beeinflusst (67), nach anderen Angaben (187) soll zwischen 120 und 1200 l/ha keine deutliche Wirkung zu beobachten sein.

Äthylenoxyd

Wirkstoffdaten: Weitere Bezeichnungen: 1,2-Epoxyäthan, Oxiran. Dampfdruck 1095 mm Hg bei 20° C, mischbar mit Wasser. Formulierungen enthalten meist 90 % Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Nach 12 Stunden Exposition in einem geschlossenen System waren 12 von 15 Böden steril (8). Die Bakterien- und Actinomycetenflora wurde durch 2 und 20 l/100 m² stark vermindert. Später kam es aber zu einer Förderung (3). Die Wirkung ist temperaturabhängig (247).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion überstieg nach Wiederbesiedlung des behandelten Bodens die des Kontrollbodens, wofür jedoch neben dem „Sterilisationsphänomen“ auch die Veratmung des zu Äthylenglycol hydrolysierten Wirkstoffes verantwortlich gemacht werden kann (8, 50). — Die normale Nitrifikationsrate wurde nach anfänglicher Hemmung bei 2 und 20 l/100 m² erst 50 Tage nach der Applikation wieder erreicht. Die Ammonifikation blieb unbeeinflusst (3).

D-D

Wirkstoffdaten: Besteht zur Hauptsache aus 1,3-Dichlorpropan (50 %) und 1,2-Dichlorpropan (25 %). Praktisch wasserunlöslich. Dampfdruck 31,3 mm Hg bei 20° C. Aufwandmengen: 200–600 l/ha.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Die Bodenmikroflora wurde bei 350–400 l/ha (und höheren Aufwandmengen) bereits gehemmt, jedoch trat nach spätestens 17 Tagen (bei 300 l/ha) der für Entseuchungsmittel typische Förderungseffekt auf, der nach 70 Tagen wieder gelöscht sein kann (3, 33, 67, 119, 186, 187, 198, 233, 324). — 1,2-Dichlorpropan war bedeutend weniger wirksam als 1,3-Dichlorpropan. Von letzterem hat die cis-Form einen stärkeren Einfluß auf die Mikroflora als die trans-Form (198). — Bei 400 l/ha war die Knöllchenbildung an Soja in einem mit *Heterodera glycines* verseuchten Boden stark ge-

fördert (81)²⁰). *Azotobacter* sp. überlebte 800 kg/ha nicht (233); Nitrifikanten wurden bei gleicher Aufwandmenge geschädigt. Von 3500 l/ha erholten sich Nitrifikanten erst nach langer Zeit (≥ 250 Tage) (3, 133, 233); Denitrifikanten überlebten 300 l/ha und zeigten am 17. Tag nach Applikation Förderung (119). — Streptomyceten wurden von 5000 l/ha drastisch reduziert. Von geringen Applikationsraten erholen sie sich offenbar bald (32, 119, 324). — Für Pilze wurde bei 450 l/ha eine Verminderung nachgewiesen, die durch gleichzeitige NH_3 -Gaben ausgeglichen werden konnte (32, 33). Höhere Aufwandmengen (1000–20 000 l/ha) können die Pilzpopulation so einschneidend beeinflussen (3, 186, 324), daß noch 3 Jahre nach der Applikation das Pilzspektrum dem während der Anfangshemmung entspricht (188). — Als besonders widerstandsfähig erwiesen sich *Aspergillus sydowi*, *Gliocladium penicilloides*, *Trichoderma viride*, *Penicillium vermiculatum*, *Pen. brefeldianum*, *Chaetomium* sp., *Chaetomidium* sp., *Thielaviopsis basicola* (186, 188, 324).

Aktivitätsprüfungen: Ein Absinken der CO_2 -Produktion um 80 % wurde bei Applikation von 20 000 l/ha nach 28 Tagen beobachtet. Keinen negativen Einfluß auf die Bodenatmung haben offenbar 250 und 500 l/ha (67, 133, 299). — Die Ammonifikation war bei 250 und 500 l/ha kaum vermindert (163, 299), bei 20 000 l/ha wurde die N-Mineralisation nach 28 Tagen zu etwa 50 % reduziert (67). — Deutliche Hemmung der Nitrifikation ist bei 200 kg/ha 8 Wochen lang zu erwarten. Höhere Aufwandmengen hemmen entsprechend stärker (119, 163, 269, 293, 299)²¹. — Der Celluloseabbau wurde bei 500 kg/ha und höheren Raten stark reduziert (67, 233)²². — Die Ureaseaktivität wurde durch hohe D-D-Gaben unterdrückt (133). — Ein Einfluß auf die Bildung von Bodenkrümeln wurde bei 350 und 3500 l/ha nicht deutlich (187).

Vapam

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: Natrium-N-methyldithiocarbamat. Wasserlöslichkeit 72,2 g/100 ccm bei 20° C. Aufwandmengen: 0,5 bis 5,0 kg akt. Wst./100 m². Formulierung: wäßrige Lösung mit 31 % aktivem Wirkstoff.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bakterien wurden bei Applikation von 1,2 l akt. Wst./100 m² nach 3 Tagen zu > 50 % vermindert, bei 20 l/100 m² nach 7 Tagen zu 95–100 %. Für geringere Dosierungen waren Bakterien nicht empfindlich (56). — Streptomyceten wurden bei $\leq 1,2$ l/100 m² gefördert, bei 20 l/100 m² stark dezimiert (56, 70, 198). — Durch 1,2 l/100 m² (und geringere Aufwandmengen) wurden Pilze sehr stark vermindert (56, 70, 212). Bei 1,5 l akt. Wst./100 m² trat bei 20° C eine totale Pilzabtötung ein, für die bei 10° C etwa 3 l benötigt werden (323). Als relativ widerstandsfähig können Vertreter der Gattung *Penicillium* sowie *Sphaeropsidales* (*Pyrenochaeta*, *Coniothyrium*, *Phoma*) angesehen werden, während *Phycomyceten* (*Mucor*, *Rhizopus*, *Mortierella*) zu den Vapam-empfindlichen Organismen zählen (55, 56, 71, 188, 323).

Aktivitätsprüfungen: Die CO_2 -Produktion wurde von normalen Aufwandmengen unterbunden (244). — Die Nitrifikation wurde bei 1 kg/100 m² nicht beeinflusst, bei 2 kg etwa um 50 % vermindert, bei 4 und 8 kg völlig unter-

²⁰) Gleiches gilt bei 10 l/ha für das höher halogenierte 1,2-Dibrom-3-chlorpropan (= Nemagon) (81).

²¹) Gleiche Ergebnisse liegen für das reine Dichlorpropan (= Telone) vor (332).

²²) Durch Nemagon (s. o.) wurden bei 1000 l/ha CO_2 -Produktion und N-Mineralisation stark gehemmt, höhere Dosierungen waren auch für den Cellulose-Abbau stark toxisch (67).

bunden (205). — Die Ammonifizierung von Pepton wurde im Boden durch normale Aufwandmengen zeitweilig total gehemmt (244). — Pilzliche Cellulolyten und Antibioten sind wohl tolerant für 1,2 l/100 m² (71).

Toleranzgrenzen: 50–100 % Hemmung von *Bacillus cereus* var. *mycoïdes*, *Bac. subtilis* und *Mycobacterium smegmatis* trat bei 6–30 ppm, von *Bac. sphaericus* bei 15–60 ppm, von *Chromobacterium violaceum* bei 15–30 ppm auf. — Streptomyceten erwiesen sich teils als deutlich empfindlicher (*Streptomyces ruber*, *Str. purpureus*), teils als relativ widerstandsfähig (*Nocardia rubra*, *Str. albidoflavus*) (72).

Abbauanalysen: Als Hauptabbauprodukt ist unmittelbar nach der Applikation Methylisothiocyanat²³⁾ nachweisbar (131, 204), welches gleichfalls im Boden durch Mikroorganismen-tätigkeit oder chemisch schnell oxydiert wird (167).

My lone

Wirkstoffdaten: Chemische Bezeichnung: 3,5-Dimethyltetrahydro-1,3,5-thiadiazin-2-thion. Wasserlöslichkeit 0,12 g/100 ccm bei 25° C. Übliche Aufwandmengen: 0,5–5,0 kg akt. Wst./100 m². Häufig als 85 %iges Spritzmittel formuliert.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bakterien und Actinomyceten sollen durch 3 kg/100 m² nicht wesentlich beeinflusst, durch 5 kg/100 m² jedoch zu 95–100 % vermindert werden (45, 56, 198). — Die Pilzflora wurde ab 1 kg/100 m² signifikant reduziert. Nach 4–8 Wochen kam es zu einem Wiederanstieg der Population. Für eine Wiederbesiedlung von außerhalb kann der Boden schon wenige Tage nach der Applikation frei sein (45, 55, 56, 225). — *Trichoderma viride* wurde durch 0,4 l (85 % akt. Wst.)/100 m² leicht vermindert. Dieser Zustand kann bis mindestens 9 Wochen nach der Applikation anhalten (226).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion zeigte bei 3 kg/100 m² nach anfänglicher Hemmung eine nachfolgende (4. Woche) Steigerung. Bei Anwendung von 20 kg/100 m² war in der Gesamt-CO₂-Produktion nach 21 Wochen der Wert des unbehandelten Bodens noch nicht erreicht (45, 290). — Bei 1–2 kg/100 m² scheint die Nitrifikation nicht beeinflusst zu werden, jedoch traten bei 3 kg/100 m² Hemmungen auf, die noch nach 60 Tagen die Nitrifikationsrate auf etwa 50 % des unbehandelten Bodens drückten. Dieser Befund wurde an 4 verschiedenen Böden bestätigt (45, 225).

Schwefelkohlenstoff

Wirkstoffdaten: Dampfdruck 357,1 mm Hg bei 25° C. Wasserlöslichkeit 0,22 g/100 ccm bei 32° C. Aufwandmengen: 30–50 kg/100 m².

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei Aufwandmengen von 15 kg/100 m² blieb der Bakteriengehalt unverändert. Nach anfänglicher Verminderung kam es je nach Höhe der Aufwandmenge zu einer starken Bakterienvermehrung, die bei 20–30 kg/100 m² nach 1–4 Tagen, bei 100–400 kg/100 m² nach 2–4 Wochen einsetzte (3, 92, 95, 123, 186, 187, 192, 249). Die gesteigerte Organismenzahl blieb in Laborversuchen über längere Zeit erhalten. Im Freiland

²³⁾ Die Verminderung der Pilzzahl im Boden durch Methylisothiocyanat setzte bei 1 kg/100 m² ein und nahm innerhalb von 9 Tagen zu. 3 kg/100 m² wurden nur von *Penicillium* spp. überlebt (321).

kommt es wahrscheinlich sehr viel schneller zu einer Einregulierung auf den ursprünglichen Zustand (95). Verschiedene Böden wichen hinsichtlich der Förderungseffekte voneinander ab. — Insbesondere an Injektionsstellen wurde verstärkte Bakterienentwicklung (auf Kosten der Pilzzahl) beobachtet (82). — Nitrifikanten wurden in 3 von 4 Böden bei 50 kg/100 m² gehemmt. Im ungünstigen Falle kam es erst nach 250 Tagen zu einem Anstieg des NO₃-Gehaltes (3, 257). — Ammonifikanten und Gelatineverflüssiger wurden von gleichen Aufwandmengen nicht beeinflusst (3, 92, 123, 250, 257). — Denitrifikanten hatten sich nach 2 Jahren noch nicht erholt, wenn 400 und 500 kg/100 m² appliziert worden waren (123). — Die Pilzpopulation wurde ab 50 kg/100 m² mit Sicherheit vermindert (3, 186, 192); später traten Förderungseffekte auf. Das häufig beobachtete Überleben von *Trichoderma viride* (29, 30) ist wohl weniger auf hohe CS₂-Toleranz als auf schnelles Wachstum beim Prozeß der Wiederbesiedlung zurückzuführen (251). Weitaus CS₂-toleranter als *Trichoderma* erwiesen sich z. B. *Penicillium citrinum*, *P. luteum*, *Aspergillus fischeri* und *A. fumigatus* (82, 251). — Bei etwa 45 kg/100 m² wurden Protozoen nicht beeinflusst (95), durch 60 kg/100 m² wurden anfangs Ciliaten, später besonders Amöben vermindert. Nach 74 Tagen war das Gleichgewicht wiederhergestellt (250). Amöbenzysten wurden selbst bei hohen CS₂-Konzentrationen nicht abgetötet (261).

Aktivitätsprüfungen: Der O₂-Verbrauch von Böden stieg stark an, wenn CS₂ nach 3tägiger Einwirkungszeit ausgetrieben worden war (62). Die CO₂-Produktion wurde durch ca. 300 kg/100 m² in den ersten 9 Tagen nach der Applikation gehemmt, dann erfolgte eine erhebliche Steigerung (122). — Die Krümelbildung wurde durch etwa 5–50 kg/100 m² nicht beeinträchtigt (187). — Die Nitrifikation wurde von 4 und 10 kg/100 m² anfangs gehemmt. Nach 5 Monaten konnte eine Förderung beobachtet werden (44).

Toleranzgrenzen: In CS₂-haltigem Wasser (~ 1700 ppm CS₂) wurden abgetötet: *Rhizobium* sp. (Erbsen-Isolat), *Ps. stutzeri*, *Vibrio berolinensis*, *Vibrio phosphorescens* (181). Von Protozoen überlebten auf Agar mit 10 000 ppm CS₂ Cysten von *Hartmannella hyalina* und *Cercomonas crassicauda* nach 9 Tagen; aber in Heuinfusion waren diese Organismen bei gleicher CS₂-Konzentration empfindlicher (65).

Formaldehyd

Wirkstoffdaten: Wasserlöslich. Übliche Aufwandmenge 40 l (40 %ige)/100 m². Bereitet als 40 %ige Lösung mit Methanolzusatz zur Verhinderung der Polymerisation.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Bei Anwendung von 6 kg/100 m² kam es unmittelbar nach der Applikation zu einer starken Hemmung der Bakterienflora, bei 60 kg/100 m² vorübergehend zu einer Ausschaltung von Bakterien. Im Laufe von 3 Wochen erfolgte ein Anstieg, der nach etwa 6 Monaten abzuklingen begann. In der Rhizosphäre wurde dieses Phänomen in ähnlicher Weise beobachtet (40, 82, 116, 192). — Streptomyceten traten in der Rhizosphäre 3 Monate nach der Applikation gesteigert auf (116). — Die Pilzpopulation blieb ab etwa 6 l (4 %ige Lösung)/100 m² für mindestens 30 Tage stark vermindert. Eine 10fach höhere Dosierung führte zu fast vollständiger Unterdrückung bereits nach 3 Tagen (322, 323). Die unmittelbare Verminderung der Pilzzahl trifft wahrscheinlich zunächst eine sehr große Zahl von Pilzgattungen, jedoch kommt es zu einer mehr oder minder schnellen Wiederbesiedlung, an der *Penicillium* spp.,

Trichoderma sp., *Phoma* sp., *Cladosporium herbarum* u. a. besonderen Anteil haben (63, 116, 199, 316, 323). Die Dominanz von *Trichoderma* kann sich über mindestens 3 Monate erstrecken (82). — Protozoen erwiesen sich allgemein als empfindlich. Bei 12 kg/100 m² wurden Amöben und Ciliaten nicht eliminiert, bei längerer Exposition in einem geschlossenen Behälter jedoch bei dieser und geringerer Dosierung abgetötet (40, 192, 267).

Aktivitätsprüfungen: Die CO₂-Produktion wurde durch etwa 80 l (4 %ige Lösung)/100 m² gehemmt (231). — Die Nitrifikation wird von 12 kg/100 m² in den ersten 30 Tagen wahrscheinlich gehemmt, später erfolgt Anstieg (192).

Toleranzgrenzen: Auf Agar wurden von *Trichoderma viride* 2000 ppm toleriert, von *Rhizopus* sp. und *Gliocladium roseum* 500 ppm, von *Penicillium citrinum* und *Zygorhynchus moelleri* 200 ppm. In Erde lagen die Toleranzgrenzen erheblich höher (82).

Allylkohol

Wirksstoffdaten: Weitere Bezeichnungen: 2-Propen-1-ol; 1-Propenol-3, Vinylcarbinol. Dampfdruck 17,3 mm Hg bei 20° C. Mit Wasser mischbar. Übliche Aufwandmengen: 1,5–2,0 l/100 m². Formulierung meist mit 98 % reiner Substanz.

Mikrobiologische Bodenanalysen: Sehr starke Verminderung von Bakterien wurde durch ca. 20 l/100 m² nach 7 Tagen (198, 337) hervorgerufen. Bei geringeren Aufwandmengen kommt es wohl je nach Belüftungsbedingungen zu einer Hemmung (5 l/100 m²) oder Förderung (4 l/100 m²) (70). *Pseudomonas fluorescens* vermehrte sich schnell nach der Applikation in neutralem Boden (68). — Streptomyceten waren bei 2,5 und 4 l/100 m² nicht vermindert (70, 224), jedoch differierten die Ergebnisse je nach Einwirkungsdauer (337). — Die allgemeine Pilzflora wurde 3 Tage nach Applikation von 4 l/100 m² zu 70–80 % vermindert (70). Besonders empfindlich sind offenbar *Mortierella exigua*, *M. alpina*, *Rhizopus nigricans*, *Mucor hiemalis*; weiterhin *Fusarium dimerum*, *Coniothyrium* sp., *Aspergillus fumigatus*, *A. nidulans*, *Phoma* sp. Angaben über Förderung durch 4 l akt. Wst./100 m² liegen vor für *Pyrenochaeta* sp., *Scopulariopsis brevicaulis*, *Chaetomium* sp., *Graphium* sp., *Penicillium wortmanni*, *Fusarium oxysporum* var. *aurantiacum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Aspergillus versicolor* und *Volutella ciliata* (71), sowie für *Trichoderma viride* im Prüfbereich zwischen 0,3 und 4 l/100 m² (71, 141, 223, 224, 226, 337). Der erhöhte Anteil von *T. viride* an der Gesamtpopulation kann mindestens 8 Wochen nach der Applikation noch erhalten bleiben. 5 l/100 m² führten zu einer unterentwickelten Mykorrhiza-Bildung an Kiefern Sämlingen (326). — Algen wurden bei 4 l/100 m² merklich vermindert (70).

Aktivitätsprüfungen: Bei 5 l/100 m² wurde die CO₂-Produktion nach 2 Tagen stark gehemmt (231). Die Hemmung konnte durch Zugabe von Allylkohol-abbauenden Organismen (*Nocardia corallina*, *Pseudomonas fluorescens*) gelöscht werden (141). — Die Nitrifikation wurde schon bei 12,5 cm akt. Wst./100 m² in den ersten 3 Wochen gehemmt (224). — Cellulose-abbauende und Stärke-verwertende Pilze sind wohl tolerant für 4 l akt. Wst./100 m² (71).

Toleranzgrenzen: 50–100 % Hemmung zeigten *Bac. cereus* var. *mycoides* bei 10–50 ppm, *Bac. subtilis* (20–100 ppm), *Bac. sphaericus* (20 bis 100 ppm), *Mycobacterium smegmatis* (200–> 200 ppm), *Chromobact. violaceum*

(> 200 ppm), *Azotobacter chroococcum* (20–200 ppm) (72). Auf 5000 ppm vermochten nur 2 von 22 geprüften Bakterien-Stämmen zu wachsen. Unter 40 Stämmen von *Azotobacter* und *Beijerinckia* verwerteten nur 2 von *A. vinelandii* Allylalkohol als Energiequelle zur N-Bindung (138). — 50–100 % Hemmung zeigten *Nocardia citrea* bei 10–20 ppm, *Nocardia rubra* (20–100 ppm), Hemmung erst über 1000 ppm bei *Strept. ruber*, *Str. purpurescens*, *Str. coelicolor*, *Str. griseolus*, *Str. limosus*, *Str. chrysomallus* und *Str. albidoflavus* (72). — Boden, der mit 5 l/100 m² behandelt worden war, reduzierte als Zusatz zur Nährlösung das Wachstum von *Aspergillus niger* (231).

A b b a u : Bei Mengen von 2–4 l akt. Wst./100 m² erfolgte bei gutem Luftzutritt zum Boden und nicht zu tiefen Temperaturen der Abbau in 4–8 Tagen, in sterilem Boden war der Wirkstoff noch nach 3–4 Wochen aktiv. — Als Abbauprodukt tritt wahrscheinlich Acrolein auf, das als starker Inhibitor von SH-Gruppen fungiert (174). — Zum Abbau befähigt sind *Pseudomonas fluorescens*, *Ps. putida*, *Nocardia corallina*-Stämme, *Trichoderma viride*, einige *Azotobacter*-Arten (138, 141).

VI. Literatur

1. AELBERS, E., and HOMBURG, K.: De inactivering en penetratie van simazin in de grond. — Meded. Landbouwhoges. Gent 24. 1958, 893–898.
2. AHMED, M. K., and CASIDA, J. E.: Metabolism of some organophosphorus insecticides by microorganisms. — J. econ. Ent. 51. 1958, 59–63.
3. ALDRICH, D. G., and MARTIN, J. P.: Effect of fumigation on some chemical properties of soils. — Soil Sci. 73. 1951, 149–159.
4. ALDRICH, R. J.: Residues in soil. — J. agr. Food Chem. 1. 1953, 257–260.
5. ALENCAR, J.: Efeito do 2,4-D sobre microorganismos do solo. — Bol. Agric. Minas Gerais (Brasil), Dept. Prod. Veg. 4. 1955, 65–71.
6. ALEXANDER, M., and ALEEM, M. I. H.: Effect of chemical structure on microbial decomposition of aromatic herbicides. — J. agr. Food Chem. 9. 1961, 44–47.
7. ALLISON, F. E.: The effect of cyanamid and related compounds on the number of microorganisms in soil. — J. agric. Res. 28. 1924, 1159–1166.
8. ALLISON, L. E.: Vapor-phase sterilization of soil with ethylene oxide. — Soil Sci. 72. 1951, 341–352.
9. ALVISI, U., ed ORABONA, M.: Sul comportamento di perclorati e clorati, nitrati e nitriti in alcuni esperimenti di chimica biologica e sul potere riducente de tubercoli radicali delle leguminose (es. *Vicia faba*). — Gaz. Chim. Ital. 42. 1912, 565–575.
10. ANDERSON, G. R., and BAKER, G. O.: Some effects of 2,4-D in representative Idaho soils. — Agron. J. 42. 1950, 456–458.
11. APPLEMAN, M. D., and SEARS, O. H.: Effects of DDT upon nodulation of legumes. — J. amer. Soc. Agron. 38. 1946, 545–550.
12. AUDUS, L. J.: The biological detoxication of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil. — Plant and Soil 2. 1949, 31–36.
13. —: Biological detoxication of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soils: isolation of an effective organism. — Nature, London, 166. 1950, 356.
14. —: The biological detoxication of hormone herbicides in soil. — Plant and Soil 3. 1951, 170–192.
15. —: The decomposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid in the soil. — J. Sci. Food, Agric. 3. 1952, 268–274.
16. —: Microbiological breakdown of herbicides in soils. In: WOODFORD, E. K., and SAGAR, G. R.: Herbicides and the soil. — Oxford 1960, 1–19.
17. — and SYMONDS, K. V.: Further studies on the breakdown of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by a soil bacterium. — Ann. appl. Biol. 42. 1955, 174–182.

18. AYERS, W. A., and ALLEN, O. N.: The ability of micro-organisms to break down soil insecticides such as aldrin and dieldrin, and the effect of such insecticides on the soil flora. — Shell Agr. Bull. ADB 359/Ga 9. 1953.
19. BAIN, D. C.: Effect of various herbicides on some soil fungi in culture. — Plant Dis. Repr. 45. 1961, 814—817.
20. BALDACCI, E.: Toxicity of 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MCPA) and 2,4-D for actinomycetes. — Nuovi Ann. Igiene e Microbiol. 6. 1955, 281—284. — (zit. nach FLETCHER [85]).
21. —: ed AMICI, A.: Ricerche sulla tossicità del MCPA (acido 2-meta-4-chlorofenossiacetico) e del 2,4-D (acido 2,4-dichlorofenossiacetico) per gli attinomiceti. — Nuovi Ann. Igiene e Microbiol. 5. 1954, 281—284. — (zit. nach FLETCHER [85]).
22. —: ed AMICI, A.: Sul comportamento di funghi, attinomiceti e semi di fanerogame di fronte a MCPA. — Nuovo Giorn. bot. ital. 62. 1956, 362—364.
23. BARJAC, H. de, TYSSET, C., ROCHE, A., et VACHER, B.: Action d'un herbicide à base d'urée substituée sur le sol et sa microflore. — Ann. Inst. Pasteur 95. 1958, 88—97.
24. BEINHAEUER, H.: Untersuchungen über die Inaktivierung der Dichlorpropionsäure (Dalapon) und Trichloressigsäure (TCA). — 6. Int. Pfl.schutzkongr. Hamburg 1. 1957, 527—530.
25. BELL, G. R.: Some morphological and biochemical characteristics of a soil bacterium which decomposes 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — Canad. J. Microbiol. 3. 1957, 821—840.
26. —: Studies on a soil *Achromobacter* which degrades 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — Canad. J. Microbiol. 6. 1960, 325—337.
27. BEVER, W. M., and SLIFE, F. W.: Effect of 2,4-D in culture medium on the growth of three pathogenic fungi. — Phytopathology 38. 1948, 1038.
28. BJÄLFVE, G.: The nitrification of calcium cyanamide and its effect on the soil microflora. — Kgl. Lantbrukshögskolans Ann. 23. 1957, 423—456.
29. BLISS, D. E.: Soil disinfestation in citrus orchards against *Armillaria* root rot. — Phytopathology 38. 1948, 913. (Abstr.)
30. —: The destruction of *Armillaria mellea* in citrus soil. — Phytopathology 41. 1951, 665—683.
31. BOLLEN, W. B.: Interactions between pesticides and soil micro-organisms. — Ann. Rev. Microbiol. 15. 1961, 69—92.
32. —, MORRISON, H. E., and CROWELL, H. H.: Effect of field treatments of insecticides on numbers of bacteria, *Streptomyces* and molds in the soil. — J. econ. Ent. 47. 1954, 302—306.
33. —, MORRISON, H. E., and CROWELL, H. H.: Effect of field and laboratory treatments with BHC and DDT on nitrogen transformations and soil respiration. — J. econ. Ent. 47. 1954, 307—312.
34. BOLLEN, W. B., ROBERTS, J. E., and MORRISON, H. E.: Soil properties and factors influencing aldrin-dieldrin recovery and transformation. — J. econ. Ent. 51. 1958, 214—219.
35. BOUILLENNE, R., et BOUILLENNE-WALRAND, M.: De l'influence des hormones végétales de synthèse sur la croissance de *Fusarium vasinfectum*. — Bull. Acad. R. Belg. Classes Sci. 37. 1951, 557—566.
36. BOWSER, W. E., and NEWTON, J. D.: Decomposition and movement of herbicides in soils, and effects on soil microbiological activity and subsequent crop growth. — Canad. J. Res. 8. 1933, 73—100.
37. BRAITHWAITE, B. M., JANE, A., and SWAIN, F. G.: Effect of insecticides on sod sown sub clovers. — J. austr. agric. Sci. 24. 1958, 155—157.
38. BROWN, A. L.: Effect of several insecticides on ammonification and nitrification in two neutral alluvial soils. — Proc. Soil Soc. Amer. 18. 1954, 417—420.

39. BROWNBIDGE, N.: Studies on the breakdown of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and some related compounds by soil micro-organisms. — Ph. D. Thesis, Univ. London, 1956 (zit. nach AUDUS [16]).
40. BUDDIN, W.: Partial sterilisation of soil by volatile and non-volatile antiseptics. — J. agr. Sci. 6. 1914, 417–451.
41. BURNSIDE, O. C., SCHMIDT, E. L., and BEHRENS, R.: Dissipation of simazine from the soil. — Weeds 9. 1961, 477–484.
42. CALLAO, V., et MONTOYA, E.: Action de certains insecticides sur la croissance d'*Azotobacter* dans le sol. — Rept. 6th Int. Congr. Soil Sci. C. 1956, 327 bis 335–349.
43. CARLYLE, R. E., and THORPE, J. D.: Some effects of ammonium and sodium 2,4-dichlorophenoxyacetates on legumes and the *Rhizobium* bacteria. — J. amer. Soc. Agron. 39. 1947, 929–936.
44. CHANDON de BRIAILLES, R.: De l'influence du sulfure de carbone sur la nitrification. — Rev. Vitic. 4. 1895, 320–322.
45. CHANDRA, P., and BOLLEN, W.: Effects of nabam and mylone on nitrification, soil respiration, and microbial numbers in four Oregon soils. — Soil Sci. 92. 1961, 387–393.
46. —, FURTICK, W. R., and BOLLEN, W. B.: The effects of four herbicides on micro-organisms in nine Oregon soils. — Weeds 8. 1960, 589–598.
47. CHANNON, A. G., and KEYWORTH, W. G.: Field trials of the effect of aldrin on clubroot of summer cabbage. — Ann. appl. Biol. 48. 1960, 1–7.
48. CHAPPELL, W. E., and MILLER, L. I.: The effects of certain herbicides on plant pathogens. — Plant Dis. Repr. 40. 1956, 52–56.
49. CHASE, F. E., and GRAY, P. H. H.: Application of the Warburg respirometer in studying respiratory activity in soil. — Canad. J. Microbiol. 3. 1957, 335–349.
50. CLARK, F. E.: The use of ethylene oxide for soil sterilization. — Trans. 4th int. Congr. Soil Sci. 1. 1950, 204–205.
51. COLMER, A. R.: The action of 2,4-D upon the *Azotobacter* of some sugarcane soils. — Proc. south. Weed Conf. 6. 1953, 62. (Abstr.).
52. —: The action of 2,4-D upon the *Azotobacter* of some sugarcane soils. — Appl. Microbiol. 1. 1953, 184–187.
53. —: Effect of herbicides upon soil microflora as determined by soil plaques. — Bact. Proc. amer. Bacteriologists 53. 1953, 16.
54. —: The use of plaques to gauge the effect of some herbicides upon the microflora of soil. — Proc. south. Weed Conf. 7. 1954, 237.
55. CORDEN, M. E., and YOUNG, R. A.: Changes in soil mycoflora following treatment with fungicides. — Phytopathology 51. 1961, 64. (Abstr.).
56. —, and YOUNG, R. A.: Unveröffentlichte Ergebnisse. — (zit. nach BOLLEN [31]).
57. CORKE, C. T., and ROBINSON, J. B.: Herbicides and the soil population. — Proc. 7th ann. Meet. agric. Pest. Tech. Soc. Canada 1960. 1960, 69–72. — Ref.: Soils and Fert. 24. 1961.
58. CRAM, W. H., and VAARTAJA, O.: Rate and timing of fungicidal soil treatments. — Phytopathology 47. 1957, 169–173.
59. CULLER, D., WEISER, H., and WITMAN, E. D.: Effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid upon the morphological and physiological characteristics of certain micro-organisms associated with food spoilage. — Food Res. 13. 1948, 482–490.
60. CZERWINSKA, E., and KOWALIK, R.: The influence of ethylenebisdithiocarbamates ("Zineb" and "Nabam") on some *Fungi imperfecti* and on nitrogen-fixing bacteria. (Orig. poln.) — Acta microbiol. polon. 4. 1955, 141–151.
61. DA CRUZ-PAIXAO, J., und DÖBEREINER, J.: Die Wirkung von 2,4-D (Amin) auf die Mikroorganismen verschiedener Bodentypen (Orig. portug.). — Portug. Acta biol., Lisboa, 4. 1955, 243–248.

62. DARBISHIRE, F. V., and RUSSELL, E. J.: Oxidation in soils, and its relation to productivity. Part II. The influence of partial sterilisation. — J. agr. Sci. 2. 1907, 305–326.
63. DAVEY, A. E. and LEACH, L. D.: Experiments with fungicides for use against *Sclerotium rolfsii* in soils. — Hilgardia 13. 1941, 523–547.
64. DE ROSE, H. R., and NEWMAN, A. S.: The comparison of the persistence of certain plant growth-regulators when applied to soil. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 12. 1948, 222–226.
65. DIXON, A.: The effect of phenol, carbon bisulfide and heat on soil protozoa. — Ann. appl. Biol. 15. 1928, 110–119.
66. DÖBEREINER, J., und DA CRUZ-PAIXÃO, J.: Wirkung der selektiven Herbicide Agroxone, Ervaxone und Diphenox A auf die Bodenmikroflora. (Orig. portug.). — Portug. Acta biol., Lisboa, 4. 1955, 264–271.
67. DOMMERMUES, Y.: Influence des nématicides sur l'activité biologique du sol. — Fruits 14. 1959, 177–181.
68. DOMSCH, K. H.: Untersuchungen zur Wirkung einiger Bodenfungicide. — Mitt. Biol. Bundesanst. H. 97. 1958, 100–106.
69. —: Die Wirkung von Bodenfungiciden II. Wirkungsdauer. — Ztschr. Pfl.krankh. 65. 1958, 651–656.
70. —: Die Wirkung von Bodenfungiciden III. Quantitative Veränderungen der Bodenflora. — Ztschr. Pfl.krankh. 66. 1959, 17–26.
71. —: Die Wirkung von Bodenfungiciden. IV. Veränderungen im Spektrum der Bodenpilze. — Ztschr. Pfl.krankh. 67. 1960, 129–150.
72. —: Die Wirkung von Bodenfungiciden V. Empfindlichkeit von Bodenorganismen *in vitro*. — Ztschr. Pfl.krankh. 67. 1960, 213–216.
73. DOUROS, J. D., and REID, J. J.: Decomposition of certain herbicides by soil microflora. — Bact. Proc., Baltimore, 1956, 23–24.
74. DUDA, J.: Effect of insecticides HCH and chlordan on soil microflora (Orig. poln., engl. Zus.fass.). — Acta biol. pol. 7. 1958, 237–244. — Ref.: Soils and Fert. 22. 1959, 471.
75. —, and PELZIWILK, F.: The effect of 2,4-D and of dinitroresol on soil microorganisms. (Orig. poln., engl. Zus.fass.). — Acta Microbiol. polon. 1. 1952, 193–204. — Ref.: Soils and Fert. 16. 1953, 113.
76. ELKAN, G. H., and MOORE, W. E. C.: The effect of partial sterilization of field soils by chemicals upon differential microbial counts, CO₂ activity, and rates of organic matter decomposition. — Canad. J. Microbiol. 6. 1960, 339–347.
77. ENO, C. F.: Field accumulation of insecticide residues in soils. Effect of soil applications of carbamate fungicides on the soil microflora. — Florida agric. Exp. Stat. Rept. 142, 1957.
78. —: What pesticides do to soils. 2. Insecticides and the soil. — J. agr. Food Chem. 6. 1958, 348–351.
79. —, and EVERETT, P. H.: Effects of soil applications of 10 chlorinated hydrocarbon insecticides on soil microorganisms and the growth of stringless Black Valentine beans. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 22. 1958, 235–238.
80. —, THORNTON, G. D., and SMITH, F. B.: Effect of certain insecticides on microbiological action in soils. — Florida agric. Exp. Stat. ann. Rept. 1956, 1956, 132.
81. EPPS, J. M., and CHAMBERS, A. Y.: Effects of seed inoculation, soil fumigation, and cropping sequences on nodulation of soybeans grown in soybean-cyst-nematode-infested soil. — Phytopathology 52. 1962, 9. (Abstr.).
82. EVANS, E.: Survival and recolonization by fungi in soil treated with formalin or carbon disulphide. — Trans. brit. mycol. Soc. 38. 1955, 335–346.
83. FLETCHER, D. W., and BOLLEN, W. B.: The effects of aldrin on soil microorganisms and some of their activities related to soil fertility. — Appl. Microbiol. 2. 1954, 349–354.

84. FLETCHER, W. W.: Effect of hormone herbicides on the growth of *Rhizobium trifolii*. — Nature, London, 177. 1956, 1244.
85. —: The effect of herbicides on soil micro-organisms. In: WOODFORD, E. K., and SAGAR, G. R.: Herbicides and the soil. — Oxford 1960, 60–62.
86. —, and ALCOORN, J. W. S.: The effect of translocated herbicides on rhizobia and the nodulation of legumes. — In: Nutrition of the legumes. — London 1958, 284–288.
87. —, DICKENSON, P. B., FORREST, J. D., and RAYMOND, J. C.: The effect of soil-applications of certain substituted phenoxyacetic and phenoxybutyric acids on the growth and nodulation of *Trifolium repens sylvestre*. — Phytion 9. 1957, 41–47.
88. —, DICKENSON, P. B., and RAYMOND, J. C.: The effect of certain hormone herbicides on the growth and nodulation of *Trifolium repens sylvestre* in aseptic culture. — Phytion 7. 1956, 121–130.
89. —, and RAYMOND, J. C.: Toxicity and breakdown of 'hormone' herbicides. — Nature, London, 178. 1956, 151–152.
90. FLIEG, O.: Über das Verhalten von 2,4-D im Boden hinsichtlich mikrobieller Wirkungen, Beweglichkeit und Abbau. — Mitt. Biol. Zentralanst. H. 74. 1952, 133–135.
91. —, und PFAFF, C.: Über Wanderung und Abbau der 2,4-D im Boden sowie ihren Einfluß auf mikrobiologische Umsetzungen. — Landw. Forsch., Darmstadt, 3. 1951, 113–123.
92. FRED, E. B.: Relation of carbon bisulphid to soil organisms and plant growth. — J. agr. Res. 6. 1916, 1–19.
93. FROBERGER, P. E.: Untersuchungen über das Verhalten des Insektizids Diäthyl-p-nitrophenyl-thiophosphat (E 605) auf und in der Pflanze. — Höfchen-Briefe 2. 1949, 10–91.
94. FULTS, J. L., and PAYNE, M. G.: Some effects of 2,4-D, DDT, and Colorado 9 on the bacteria *Rhizobium leguminosarum* Frank in the root nodules of the common bean. — Amer. J. Bot. 34. 1947, 245–248.
95. GAINNEY, P. L.: The effect of toluol and CS₂ upon the micro-flora and fauna of the soil. — Missouri bot. Gard. Rept. 23. 1912, 147–169.
96. —: Effect of aldrin and dieldrin on soil micro-organisms. — Shell Agric. Bull. ADB 295/Ga 8. 1952.
97. GALLOWAY, R. A., and KRAUSS, R. W.: The differential action of chemical agents, especially polymyxin-B, on certain algae, bacteria and fungi. — Amer. J. Botany 46. 1959, 40–49.
98. GAMBLE, S. J. R., MEYHEW, C. J., and CHAPPEL, W. E.: Respiration rates and plate counts for determining effect of herbicides on heterotrophic soil microorganisms. — Soil Sci. 74. 1952, 347–350.
99. GANNON, N., and BIGGER, J. H.: The conversion of aldrin and heptachlor to their epoxides in soil. — J. econ. Ent. 51. 1958, 1–2.
100. GAR, K. A., EVTEEVA, N. V., and ANDREEVA, E. I.: On the fungicidal activity of delta isomer and mixed delta and gamma isomers of hexachlorocyclohexane. — Dokl. Akad. Nauk UdSSR. 127. 1959, 1290–1293.
101. GELLER, I. A., and KHARITON, E. G.: Effect of herbicides on soil microflora. — Mikrobiologija 30. 1961, 494–499. — Ref.: Soils and Fert. 24. 1961, 360.
102. GLEEN, H.: Microbiological oxidation of ammonium and thiocyanate ions in soil. — Nature, London, 168. 1951, 117–118.
103. GOARIN, P., et DIDIER DE SAINT ARMAND, R.: Influence des herbicides sur la vie microbienne d'un sol de rizière. — Agron. trop. Nogent-sur-Marne 12. 1957, 508–519. — Ref.: Soils and Fert. 21. 1958, 58.
104. GRAY, P. H. H.: Effects of benzenehexachloride on soil microorganisms. I. Experiments with autotrophic bacteria. — Canad. J. Bot. 32. 1954, 1–9.
105. —: Effects of benzenehexachloride on soil microorganisms. II. Experiments with urea-hydrolysing bacteria. — Canad. J. Bot. 32. 1954, 10–15.

106. GRAY, P. H. H.: Effects of benzenehexachloride on soil microorganisms. III. Experiments with heterotrophic bacteria. — Appl. Microbiol. 2. 1954, 37—40.
107. —: Effects of hexachlorocyclohexane on certain soil bacteria. — Rept. 6th Intern. Congr. Soil Sci., Paris, C. 1956, 15—17.
108. —, and ROGERS, C. G.: Effects of benzenehexachloride on soil microorganisms. IV. Benzenehexachloride-resistant bacteria from virgin soils. — Canad. J. Microbiol. 1. 1955, 312—318.
109. GREULACH, V. A., and MILLER, C. E.: The effect of maleic hydrazide on the growth of twenty-two species of fungi. — J. Elisha Mitchell sci. Soc. 72. 1956, 138—142.
110. GROSSMANN, F., and STECKHAN, D.: Nebenwirkungen einiger Insektizide auf pathogene Bodenpilze. — Ztschr. Pfl.krankh. 67. 1960, 7—19.
111. GUILLEMAT, J.: Interactions entre la simazine et la mycoflore du sol. — Compt. rend. Acad. Sci. 250. 1960, 1343—1344.
112. —, CHARPENTIER, M., TARDIEUX, P., et POCHON, J.: Interactions entre une chloroaminotriazine herbicide et la microflore fongique et bactérienne du sol. — Ann. Epiphyties 11. 1960, 261—296.
113. GUISSAFRÉ-ARRILLAGA, J.: Sensitivity of *Penicillium digitatum* to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — Plant Dis. Repr. 32. 1948, 248—250.
114. GUNDERSEN, K., and JENSEN, H. L.: A soil bacterium decomposing organic nitrocompounds. — Acta agric. Scand. 6. 1956, 100—114.
115. GUSTAFSSON, M.: Bekämpingsmedelsrester i gröda och jord. (Orig. schwed., engl. Zus.fass.). — Kgl. Lantbr. Akad. Tidskr., Sonderh. 4. 1960, 1—107.
116. HAENSELER, C. M., and MOYER, T. R.: Effect of calcium cyanamide on the soil microflora with special reference to certain plant parasites. — Soil Sci. 43. 1937, 133—149.
117. HALE, M. G., HULCHER, F. H., and CHAPPELL, W. E.: The effects of several herbicides on nitrification in a field soil under laboratory conditions. — Weeds 5. 1957, 331—341.
118. HALL, I. M., and DUNN, P. H.: The effect of certain insecticides and fungicides on fungi pathogenic to the spotted alfalfa aphid. — J. econ. Ent. 52. 1959, 28—29.
119. HANSEN, E. W., and McCALLA, T. M.: Effects of fumigation in a stubble mulch system on the biological and related properties of the soil. — Bact. Proc. 58. 1958, 7.
120. HARPER H. J.: The use of sodium chlorate in the control of Johnson grass. — J. amer. Soc. Agron. 22. 1930, 417—422.
121. HAUKE-PACEWICZOWA, TH.: Influence of the insecticide BHC on soil microflora. — Roczn. Nauk. rol. Ser. A (Roślinna) 76. 1957, 641—657.
122. HESSELINK VAN SUCHTELEN, F. H. H.: Über die Messung der Lebenstätigkeit der aerobiotischen Bakterien im Boden durch die Kohlensäureproduktion. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 28. 1910, 45—89.
123. HILTNER, L., and STÖRMER, K.: Studien über die Bakterienflora des Ackerbodens, mit besonderer Berücksichtigung ihres Verhaltens nach einer Behandlung mit Schwefelkohlenstoff und nach Brache. — Arb. Biol. Reichsanst. 3. 1903, 445—545.
124. HIRSCH, P.: Die Entgiftung von Unkrautbekämpfungsmitteln (Herbiciden) durch Bodenmikroorganismen. — Kali-Briefe 5, Fachgeb. 1, 5. Folge, 1—6, 1960.
125. —, and ALEXANDER, M.: Microbial decomposition of halogenated propionic and acetic acids. — Canad. J. Microbiol. 6. 1960, 241—249.
126. —, und STELLMACH-HELVIG, R.: Zur Frage des Abbaus von α -Dichlorpropionsäure und Trichloressigsäure (TES) durch propionsäureverwertende Pansen- und Bodenbakterien. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 114. 1961, 683—686.
127. HOLSTUN, J. T., and LOOMIS, W. E.: Leaching and decomposition of 2,2-dichloropropionic acid in several Iowa soils. — Weeds 4. 1956, 205—217.

128. HOOVER, M. E., and COLMER, A. R.: The action of some herbicides on the microflora of a sugarcane soil. — Proc. Louisiana Acad. Sci. 16. 1953, 21—27.
129. HORN, G. C.: The effect of certain insecticides on the flora of Arredondo fine sand. — Proc. Soil Sci. Soc. Florida 12. 1952, 62—67.
130. HSAI, Y., and CHRISTENSEN, J. J.: Effect of 2,4-D on seedling blight of wheat caused by *Helminthosporium sativum*. — Phytopathology 41. 1951, 1011—1020.
131. HUGHES, J. T.: Preliminary observations on the conversion of sodium N-methyl-dithiocarbamate (metham sodium) to methyl isothiocyanate in soil. — Glassh. Crops Res. Inst. Rept. 1959. 1960, 108—111. — Ref.: Soils and Fert. 24. 1961, 231.
132. ILIN, A. M.: The question of the effect of the herbicide 2,4-D on soil microorganisms. — Mikrobiologija 30. 1961, 1050—1051. — Ref.: Soils and Fert. 25. 1962, 213 (Orig. russ.).
133. ISHIZAWA, S., TANABE, I., and MATSUGUCHI, T.: Effects of DD, EDB and PCP upon microorganisms and their activities in soil. Part II: Effects on microbial activity. — Soil, Plant Food 6. 1961, 156—163.
134. JANSSON, S. L., and TORSTENSSON, G.: Om natriumkloraters reduction och inverkan på omsättningen i stallgödsel och halm. — Kgl. Skogs. Lantbr. Akad. Tidskr. 96. 1956, 365—383. — Ref.: Soils and Fert. 21. 1958, 195.
135. JAUQUES, R. P., ROBINSON, J. B., and CHASE, F. E.: Effects of thiourea, ethylmethane and some dithiocarbamate fungicides on nitrification in Fox sandy loam. — Canad. J. Soil Sci. 39. 1959, 235—243.
136. JENSEN, H. L.: Decomposition of chloro-substituted aliphatic acids by soil bacteria. — Canad. J. Microbiol. 3. 1957, 151—164.
137. —: Decomposition of chloro-organic acids by fungi. — Nature, London, 180. 1957, 1416.
138. —: Allyl alcohol as a nutrient for micro-organisms. — Nature, London, 183. 1959, 903.
139. —: Biologisk sønderdeling af ukrudtsmidler i jordbunden. I. Monochloracetat, trichloracetat og dichlorpropionat. (Engl. Zus.fass.). — Tidsskr. Planteavl 63. 1959, 470—499.
140. —: Decomposition of chloroacetates and chloropropionates by bacteria. — Acta agr. Scand. 10. 1960, 83—103.
141. —: Biologisk sønderdeling af ukrudtsmidler i jordbunden II. Allylalkohol. — Tidsskr. Planteavl 65. 1961, 185—198.
142. —, and PETERSEN, H. I.: Detoxication of hormone herbicides by soil bacteria. — Nature, London, 170. 1952, 39—40.
143. —, and PETERSEN, H. I.: Decomposition of hormone herbicides by bacteria. — Acta agric. Scand. 2. 1952, 215—231.
144. —, and SÖRENSEN, H.: The influence of some organic sulphur compounds and enzyme inhibitors on *Nitrosomonas europaea*. — Acta agric. Scand. 2. 1952, 295—304.
145. JOHNSON, E. J., and COLMER, A. R.: The effect of herbicides on soil microorganisms. I. The effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on some phases of the nitrogen metabolism of *Bacillus cereus*. — Appl. Microbiol. 3. 1955, 123—126.
146. —, and COLMER, A. R.: The effect of herbicides on soil micro-organisms. II. The effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on some phases of the nitrogen metabolisms of *Pseudomonas fluorescens* and the microorganisms of a soil suspension. — Appl. Microbiol. 3. 1955, 126—128.
147. —, and COLMER, A. R.: Relation of structure of 2,4-dichlorophenoxyacetate to its mode of action as an auxin. — Nature, London, 180. 1957, 1365—1366.
148. —, and COLMER, A. R.: Relationship between magnesium and the physiological effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on *Azotobacter vinelandii* and *Rhizobium meliloti*. — J. Bact. 73. 1957, 139—143.

149. JOHNSON, E. J., and COLMER, A. R.: The relation of magnesium ion to the inhibition of the respiration of *Azotobacter vinelandii* by chlortetracycline, tetracycline and 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — *Antibiotics and Chemotherapy* 7. 1957, 521—526.
150. —, and COLMER, A. R.: Further studies on the mode of action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on *Azotobacter vinelandii* as related to magnesium and phosphate. — *J. Bact.* 73. 1957, 666—669.
151. —, and COLMER, A. R.: The relationship of magnesium ion and molecular structure of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and some related compounds to the inhibition of the respiration of *Azotobacter vinelandii*. — *Plant Physiol.* 33. 1958, 99—101.
152. JOHNSON, M. K., MAGEE, L. A., and COLMER, A. R.: Some factors affecting the respiratory response of *Azotobacter* to 2,4-D and related compounds. — *Appl. Microbiol.* 4. 1956, 109—113.
153. JONES, H. E.: The influence of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nitrate formation in a prairie soil. — *Agron. J.* 40. 1948, 522—526.
154. JONES, L. W.: Stability of DDT and its effect on microbial activities of soil. — *Soil Sci.* 73. 1952, 237—241.
155. —: Effects of some pesticides on microbial activities of the soil. — *Utah agr. Exp. Sta. Bull.* 390. 1956, 17 pp.
156. —: Stability of chlordane and its effect on microbial activities of soil. — *Proc. Utah Acad. Sci. Arts, Let.* 32. 1955, 201—202 (Abstr.).
157. JÖNSSON, A., and FÄHRAEUS, G.: On the effect of aldrin on soil bacteria. — *Kgl. Lantbrukshögsk. Ann.* 26. 1960, 323—332.
158. KAPPEN, H.: Versuche zur Züchtung cyanamidzersetzender Bakterien. — *Zentralbl. Bakt. II. Abt.* 24. 1909, 382—404.
159. —: Über die Zersetzung des Cyanamids durch Pilze. — *Zentralbl. Bakt. II. Abt.* 26. 1910, 633—643.
160. KASTING, R., and WOODWARD, J. C.: Persistence and toxicity of parathion when added to the soil. (Toxicity to orchards cover crops and soil microorganisms). — *Sci. Agric., Ottawa*, 31. 1951, 133—138.
161. KATZNELSON, H., and RICHARDSON, L. T.: The microflora of the rhizosphere of tomato plants in relation to soil sterilization. — *Canad. J. Res. C* 21. 1943, 249—255.
162. KIDSON, E. B.: The effect of steam and chloropicrin treatment on the ammonia and nitrate nitrogen content of a Nelson tomato soil. — *New Zealand J. Sci., Technol. Sect. A* 30. 1948, 193—199.
163. —, and STANTON, D. J.: The ammonia and nitrate content of glasshouse tomato soil under different treatments. — *New Zealand J. Sci., Technol. Sect. A* 30. 1948, 187—192.
164. KIIGEMAGI, U., MORRISON, H. E., ROBERTS, J. E., and BOLLEN, W. B.: Biological and chemical studies on the decline of soil insecticides. — *J. econ. Ent.* 51. 1958, 198—204.
165. KLYNCHNIKOV, L. YU., and PETROVA, A. N.: The effect of frequent use of herbicides on the soil microflora. — *Mikrobiologija* 29. 1960, 238—241. — *Ref.: Soils and Fert.* 23. 1960, 268.
166. KOIKE, H., and GAINES, P. L.: Effects of 2,4-D and CADE, singly and in combination, upon nitrate and bacterial content of soils. — *Soil Sci.* 74. 1952, 165—172.
167. KÖTTER, C., WILLENBRINCK, J., und JUNKMANN, K.: Der Abbau von ³⁵S-markiertem Methylsenföhl in verschiedenen Böden. — *Ztschr. Pfl.krankh.* 68. 1961, 407—411.
168. KRATOCHVIL, D. E.: Effect of several herbicides on soil microorganisms. — *Proc. ann. Meetg. north. centr. Weed Control Conf.* 7. 1950, 102—103.
169. —: Determinations of the effect of several herbicides on soil microorganisms. — *Weeds* 1. 1951, 25—31.

170. KUHN, J., und DRECHSEL, O.: Der Einfluß des Kalkstickstoffs auf das Bakterienleben im Boden. — Ztschr. Pfl.ernähr., Düngg. Bodenkunde B 7. 1928, 105—118.
171. LAMAIRE, Y., et BRUNEL, A.: Un nouvel enzyme d'adaptation: la cyanamidase. — Compt. rend. Acad. Sci. 232. 1951, 872—873.
172. LATSHAW, W. L., and ZAHNLEY, J. W.: Experiments with sodium chlorate and other chemicals as herbicides for field bindweed. — J. agr. Res. 35. 1927, 757—767.
173. LEES, H., and QUASTEL, J. H.: Bacteriostatic effects of potassium chlorate on soil nitrification. — Nature, London, 155. 1945, 276—278.
174. LEGATOR, M., and RACUSEN, D.: Mechanism of allyl alcohol toxicity. — J. Bact. 77. 1959, 120—121.
175. LENHARD, G.: The effect of 2,4-D on certain physiological aspects of soil microorganisms. — South afr. J. agric. Sci. 2. 1959, 487—497. — Ref.: Soils and Fert. 23. 1960. 291.
176. LE TOURNEAU, D., and BUER, L.: The toxicity of some chlorinated phenols and aryloxyalkanecarboxylic acids to *Verticillium albo-atrum*. — Phytopathology 51. 1961, 128—129.
177. LEWIS, R. W., and HAMMER, CH. L.: The effect of 2,4-D on some microorganisms. — Michigan agric. Exp. Sta. Quart. Bull. 29. 1946, 112—114.
178. LICHTENSTEIN, E. P., and SCHULZ, K. R.: Epoxidation of aldrin and heptachlor in soils as influenced by autoclaving, moisture, and soil types. — J. econ. Ent. 53. 1960, 192—197.
179. LLOYD, D.: Uncoordinated growth in *Paramecium* induced by Gammexane". — Nature, London, 159. 1947, 135.
180. LÖHNIS, F.: Über die Zersetzung des Kalkstickstoffs. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 14. 1905, 87—101, 389—400.
181. MAASSEN, A., und BEHN: Die Widerstandsfähigkeit der Bakterien, insbesondere der Bodenbakterien, dem Schwefelkohlenstoff gegenüber. — Mitt. Biol. Reichsanst. H. 4. 1907, 40—42.
182. MAGEE, L. A., and COLMER, A. R.: The effect of herbicides on soil microorganisms. III. The effect of some herbicides on the respiration of *Azotobacter*. — Appl. Microbiol. 3. 1955, 288—292.
183. —, and COLMER, A. R.: Some effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid upon *Azotobacter* as measured by respiration inhibition. — Weeds 4. 1956, 124—130.
184. —, and COLMER, A. R.: Decomposition of 2,2-dichloropropionic acid by soil bacteria. — Canad. J. Microbiol. 5. 1959, 255—260.
185. MARTIN, H.: Guide to the chemicals used in crop protection. — Pesticide Res. Inst., London/Ontario 1961.
186. MARTIN, J. P.: Effects of fumigation and other soil treatments in the greenhouse on the fungus population of old citrus soil. — Soil Sci. 69. 1950, 107—122.
187. —, and ALDRICH, D. G.: Effect of fumigation on soil aggregation. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 16. 1952, 201—203.
188. —, BAINES, R. C., and ERVIN, J. O.: Influence of soil fumigation for citrus replants on the fungus population of the soil. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 21. 1957, 163—166.
189. —, HARDLING, R. B., CANNELL, G. H., and ANDERSON, L. D.: Influence of five annual field applications of organic insecticides on soil biological and physical properties. — Soil Sci. 87. 1959, 334—338.
190. —, and PRATT, P. F.: Fumigants, fungicides and the soil. — J. Agr. Food Chem. 6. 1958, 345—348.
191. MASHTAKOV, S. M., GURINOVICH, E. S., ZIMENKO, T. G. et al.: Effect of herbicides on soil microflora. — Mikrobiologiya 31. 1962, 85—89 (Orig. russ.). — Ref.: Soils and Fert. 25. 1962, 322.

192. MATTHEWS, A.: Partial sterilization of soil by antiseptics. — J. agr. Sci. 14. 1924, 1—57.
193. McCALLA, T. M., HASKINS, F. A., and CURLEY, R. D.: Soil aggregation by microorganisms following soil fumigation. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 22. 1958, 311—314.
194. McKEEN, C. D.: Methylbromide as a soil fumigant for controlling soilborne pathogens and certain other organisms in vegetable seedbeds. — Canad. J. Bot. 32. 1954, 101—115.
195. MENN, J. J., PATCHETT, G. G., and BATCHELDER, G. H.: The persistence of trithion, an organophosphorus insecticide, in soil. — J. econ. Ent. 53. 1960, 1080—1082.
196. MICHAELSON, M. E., SCHAAL, L. A., and FULTS, J. L.: Some effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, its salts, and esters on several physiologic strains of the potato scab organism *Actinomyces scabies* (Thaxt.) Guss. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 13. 1948, 267—270.
197. MITZKOVSKI, M.: L'influence des herbicides 2,4-D et MCPA sur la microflore du sol. — Godišen Zbornik Skopje, Zemjodelstvo, 6/7. 1953/54, 1955, 197—216.
198. MOJE, W., MARTIN, J. P., and BAINES, R. C.: Structural effect of some organic compounds on soil organisms and citrus seedlings grown in an old citrus soil. — J. Agr. Food Chem. 5. 1957, 32—36.
199. MOLLISON, J. E.: Effect of partial sterilization and acidification of soil on the fungal population. — Trans. brit. mycol. Soc. 36. 1953, 215—228.
200. MORITA, S., and AOKI, A.: The effect of 2,4-D on the microbial action in orchard soils. — Saikyo Univ. Fac. agric. Sci. Rept. 2. 1952, 1—4.
201. MORRISON, F. O.: The toxicity of hexachlorocyclohexane to certain microorganisms, earthworms and arthropods. — Ontario ent. Soc. ann. Rept. 80. 1950, 50—57.
202. MÜLLER, H.: Über die Wirkung des Cyanamids im Kalkstickstoff auf die verschiedenen Mikroorganismengruppen, insbesondere auf Schadpilze im Boden. — Mitt. Biol. Zentralanst. H. 74. 1952, 23—27.
203. —: Untersuchungen über die Wirkung des Cyanamids im Kalkstickstoff auf pathogene und nicht pathogene Mikroorganismen des Bodens. — Arch. Mikrobiol. 22. 1955, 285—306.
204. MUNNECKE, D. E., DOMSCH, K. H., and ECKERT, J. W.: Fungicidal activity of air passed through columns of soil treated with fungicides. — Phytopathology 52. 1962, 1298—1306.
205. —, and FERGUSON, J.: Effect of soil fungicides upon soil-borne plant pathogenic bacteria and soil nitrogen. — Plant Dis. Repr. 44. 1960, 552—555.
206. —, and SOLBERG, R. A.: Inactivation of Semesan in soil by fungi. — Phytopathology 48. 1958, 396.
207. NAITO, N.: Production of fungitoxic substance by fungi grown on media containing either 2,4-D or related phenoxy compounds. — Jap. J. Bot. 16. 1958, 153—162.
208. —, ISHII, K., and OKAZAKI, T.: Studies on the relation between the frequency of 2,4-D spray and the outbreak of *Helminthosporium* blight in rice plants. — Tech. Bull. Fac. Agric. Kagawa Univ. 8. 1956, 110—114.
209. —, and TAKAI, S.: Effect of 2,4-D spray on the development of *Helminthosporium* blight in rice plants. — Tech. Bull. Kagawa Agric. Coll. 6. 1954, 66—79.
210. —, and TANI, T.: The effect of 2,4-D in culture media on the mycelial growth, sporulation, and sclerotial formation of various pathogenic fungi I. — Tech. Bull. Kagawa Agric. Coll. 3. 1951/52, 119—125. — Ref.: Rev. appl. Mycol. 32. 1953, 325.
211. —, and TANI, T.: The effect of 2,4-D in culture media on the mycelial growth, sporulation, and sclerotial formation of various pathogenic fungi II. — Techn.

- Bull. Kagawa Agric. Coll. 4. 1952/53, 50-55. — Ref.: Rev. appl. Mycol. 32. 1953, 325.
212. NATH, J.: Studies of soil fumigation with vapam for controlling soil borne diseases of peas. — J. aust. Inst. agr. Sci. 26. 1960, 289-290.
213. NAUMANN, K.: Die Beeinflussung der Bodenmikroflora durch hochprozentige Parathionzusätze bei verschiedener Bodenfeuchtigkeit. — Naturwissenschaften 45. 1958, 395-396.
214. —: Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora. — Mitt. biol. Bundesanst. H. 97. 1959, 109-117.
215. NELSON, R. T.: Studies of microbial activity, chlorate reduction and chlorate toxicity in soils treated with sodium chlorate. — J. agric. Res. 68. 1944, 221-237.
216. NEWMAN, A. S.: The effect of certain plant growth-regulators on soil microorganisms and microbial processes. — Proc. Soil. Sci. Soc. Amer. 12. 1948, 217-221.
217. —, and DOWNING, C. R.: What pesticides do to soils. 3. Herbicides and the soil. — J. Agr. Food Chem. 6. 1958, 352-353.
218. —, and THOMAS, J. R.: Decomposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in soil and liquid media. — Proc. Soil Sci. 14. 1949, 160-164.
219. NEWTON, J. D., and PAUL, A. D.: Decomposition and movement of herbicides in soils, and the effects on soil microbiological activity and subsequent crop growth. Part II. — Canad. J. Res. C 13. 1935, 101-114.
220. NILSSON, P. E.: The action of chlorate on some microbial phenomena in the soil — Kgl. Lantbrukshögsk. Ann. 18. 1951, 60-73.
221. —, The influence of antibiotics and antagonists on symbiotic nitrogen fixation in legume cultures. — Kgl. Lantbrukshögsk. Ann. 23. 1957, 219-253.
222. OKU, H.: The effect of pentachlorophenol compounds upon the growth of *Cochliobolus miyabeanus*. — Skokubutsu-Byogai-Kenkyu 5. 1955, 77-83.
223. OVERMAN, A. J., and BURGIS, D. S.: Allyl alcohol as a soil fungicide. — Phytopathology 46. 1956, 22 (Abstr.).
224. —, and BURGIS, D. S.: Allyl alcohol as a soil fungicide. — Phytopathology 46. 1956, 532-535.
225. —, and BURGIS, D. S.: Microbiological response in soil fumigated with Crag Mylone as affected by rates, application methods and planting dates. — Proc. Soil, Crop Sci. Soc. Florida 16. 1956, 130-133.
226. —, and BURGIS, D. S.: Chemicals which act as combination herbicides, nematocides and soil fungicides. II. Effect on soil microorganisms. — Proc. Florida State hort. Soc. 70. 1957, 139-143.
227. —, SPENCER, E. L., and KELSHEIMER, E. G.: Will recommended insecticidal practices result in toxic residues in the soil? — Proc. Florida State hort. Soc. 67. 1954, 121-122.
228. PATHAK, A. N., SHANKAR, H., and AWASTHI, K. S.: Effect of some pesticides on available nutrients and soil microflora. — J. Indian Soc. Soil. Sci. 9. 1961, 197-200. — Ref.: Soils and Fert. 25. 1962, 151.
229. PAYNE, M. G., and FULTS, J. L.: Some effects of 2,4-D and Colorado 9 on root nodulation in the common bean. — J. amer. Soc. Agron. 39. 1947, 52-55.
230. PERI, G.: Insecticide action on soil microflora. — Ann. Fitopat. I. 1952, 47-57. — Ref.: Soils and Fert. 16. 1953, 307.
231. PERSIDSKY, D. J., and WILDE, S. A.: Effect of eradicans on the microbiological properties of nursery soils. — Trans. Wisconsin Acad. Sci. 44. 1956, 65-73.
232. PICCI, G.: Azione dell' SR-406 (N-trichlorometiltiotetraidroftalimide) sui microrganismi del terreno. — Agricoltura ital. 56 (n. ser. II) 1956, 376-382. — Ref.: Rev. appl. Mycol. 36. 1957, 498.
233. POCHON, J., LAJUDIE, J., et COPPIER, O.: Remarques sur les recherches relatives à l'action de certaines substances antiparasitaires sur la microflore du sol. — Ann. Inst. Pasteur 80. 1951, 517-519.

234. POCHON, J., TARDIEUX, P., et CHARPENTIER, M.: Recherches sur les interactions entre les aminotriazines herbicides et la microflore bactérienne tellurique. — Compt. rend. Acad. Sci. 250. 1960, 1555—1556.
235. PROTASOV, P. V. and YAROVENKO, G. I.: The role of disinfectants in increasing the effectiveness of nitrogen fertilizers on irrigated cotton fields. — Udobr. Urozh. nr. 2. 1958, 31—34. — Ref.: Soils and Fert. 21. 1958, 257.
236. RAGAB, M. T. H., and McCOLLUM, J. P.: Degradation of C¹⁴-labeled simazine by plants and soil microorganisms. — Weeds 9. 1961, 72—84.
237. REID, J. J., and DOUROS, J. D.: Roles of *Corynebacterium* and *Pseudomonas* in the destruction of herbicides in the soil. — Bact. Proc. 57. 11 (A 10), 1957.
238. REMY, T.: Untersuchungen über die Wirkung des Kalkstickstoffs auf verschiedene Bodenarten. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 18. 1907, 315—324.
239. REPP, G.: Zur Wirkung von 2,4-D-Unkrautmitteln auf die Gareorganismen des Ackerbodens. — Pflanzenschutzberichte, Wien, 11. 1953, 33—39.
240. RICHARDS, R. R.: Responses of representative fungi to certain growth-regulating substances. — Bot. Gaz. 110. 1949, 523—550.
241. RICHARDSON, L. T.: The persistence of thiram in soil and its relationship to the microbiological balance and damping-off control. — Canad. J. Bot. 32. 1954, 335—346.
242. —: Effect of insecticides and herbicides applied to soil on the development of plant diseases. I. The seedling disease of barley caused by *Helminthosporium sativum* P. K. and B. — Canad. J. Plant Sci. 37. 1957, 196—204.
243. —: Effect of insecticides and herbicides applied to soil on the development of plant diseases. II. Early blight and *Fusarium* wilt of tomato. — Canad. J. Plant Sci. 39. 1959, 30—38.
244. ROA, D. P.: Effect of certain fumigants on nitrification and other soil microbial activities. — Master's thesis, Oregon State Univ., Corvallis, 1959.
245. ROBERTS, J. E., and BOLLEN, W. B.: A microplating method for soil moulds and its use to detect some effects of certain insecticides and herbicides. — Appl. Microbiol. 3. 1955, 190—194.
246. ROGOFF, M., and REID, J. J.: Persistence of weed control agents and effect on nitrification in field and garden soil. — Bact. Proc. Soc. amer. Bacteriologists 52. 1952, 13.
247. ROSE, R. E., and BAILEY, R. W.: Ethylene oxide for soil sterilization. — Nature, London, 169. 1952, 716.
248. ROSS, H. F.: Effects of DDT, chlordane and aldrin on nitrification and ammonification in Arredondo fine sand. — Soil Sci. Soc. Florida 12. 1952, 58—61.
249. RUSSELL, E. J., and GOLDING, J.: Investigations on "sickness" in soil. I. Sewage sickness. — J. agric. Sci. 5. 1912, 27—47.
250. —, and HUTCHINSON, H. B.: The effect of partial sterilisation of soil on the production of plant food. — Part II. The limitation of bacterial numbers in normal soils and its consequences. — J. agric. Sci. 5. 1913, 152—221.
251. SAKSENA, S. B.: Effect of carbon disulphide fumigation on *Trichoderma viride* and other soil fungi. — Trans. brit. mycol. Soc. 43. 1960, 111—116.
252. SALDARRIAGA VÉLEZ, A.: Influencia de tres insecticidas sobre la población de microorganismos del suelo. (Hexachlorcyclohexan, Chlordan and Toxaphen) (engl. Zus.fass.). — Acta agron., Palmira, 4. 1954, 45—67.
253. SANCHEZ, O.: Efectos de tres insecticidas sobre los procesos de amonificación y nitrificación en el suelo y sobre la nodulación de dos leguminosas. — Acta agron., Palmira, 4. 1954, 219—238. — Ref.: Soils and Fert. 18. 1955, 417.
254. SANGER, A. M. H.: Aldrin, dieldrin and endrin: Effects on soil micro-organisms. — Shell Public Health and agric. News 3. 1960, 37—39.
255. SAZONOV, P. V., und FEDOROVA, I. N.: Wirkung von DDT und Hexachlorcyclohexan auf Bodenbakterien (Orig. russ.) — Dokl. Vsesoiuzn. Acad. Sel'skhoz. Nauk

- im V. I. Lenina (Proc. Lenin Acad. agric. Sci.) 17. 1952, 39–41. — Ref.: Soils and Fert. 15. 1952, 346.
256. SCHEFFER, F., WELTE, E. und KLOKE, A.: Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf Boden und Pflanze. — Ztschr. Pfl.ernährg., Düngg., Bodenkunde 56. 1952, 151–171.
257. SCHERPE, R.: Über den Einfluß des Schwefelkohlenstoffs auf die Stickstoffumsetzungsvorgänge im Boden. — Arb. Biol. Reichsanst. 7. 1910, 353–428.
258. SCHMALFUSS, K.: Über die Wirkung des Kalkstickstoffs und anderer Stickstoffdünger auf die biologische Tätigkeit des Bodens. — Bodenkunde und Pfl. ernährg. 2. 1937, 110–120.
259. —: Der Abbau des Zyanamids. — Ztschr. Bodenkunde Pfl.ernährg. 9/10. 1938, 273–305.
260. SCHÖNBECK, H.: Untersuchungen über den Einfluß von Pflanzenschutzmitteln auf die Bodenmikroflora. — Diss. Bonn 1956.
261. SEWERTZOFF, L. B.: The effect of some antiseptics on soil amoebae in partially sterilized soil. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 65. 1925, 278–291.
262. SHAW, W. M., and ROBINSON, B.: Pesticide effects in soils on nitrification and plant growth. — Soil Sci. 90. 1960, 320–323.
263. SHEAR, G. M.: The growth of *Agaricus campestris* on plots treated with sodium chlorate. — Phytopathology 25. 1935, 440–442.
264. SHEETS, T. J.: The comparative toxicities of four phenylurea herbicides in several soil types. — Weeds 6. 1958, 413–424.
265. SHKLYAR, M. Z., VOEVODIN, A. V., and BESHANOV, A. V.: Effect on the soil microflora of herbicides applied before the emergence of crop seedlings. — Agrobiologija nr. 2. 1961, 222–225. — Ref.: Soils and Fert. 24. 1961, 386.
266. SIMKOVER, H. G., and SHENEFELT, R. D.: Effect of benzene hexachloride and chlordane on certain soil organisms. — J. econ. Ent. 44. 1951, 426–427.
267. SINGH, B. N., and CRUMP, L. M.: The effect of partial sterilization by steam and formalin on the numbers of Amoebae in field soil. — J. gen. Microbiol. 8. 1953, 421–426.
268. SLEPECKY, R. A., and BECK, J. V.: The effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nitrification in soil. — Bact. Proc. Soc. amer. Bacteriologists 50. 1950, 17–18.
269. SMITH, F. B., and BELL, C. E.: Interrelationship of microbiological action in soils and cropping systems in Florida. — Florida agr. Expt. Sta. Rept. nr. 97, 1947. — Ref.: Soils and Fert. 12. 1949, 268.
270. SMITH, N. R.: The partial sterilization of soil by chloropicrin. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 3. 1938, 188.
271. —, DAWSON, V. T., and WENZEL, M. E.: The effect of certain herbicides on soil microorganisms. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 10. 1946, 197–201.
272. —, and WENZEL, M. E.: Soil microorganisms are affected by some of the new insecticides. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 12. 1948, 227–233.
273. SPANIS, W. C., and MUNNECKE, D. E.: Bacterial inactivation of organic fungicides. — Phytopathology 52. 1962, 365.
274. —, MUNNECKE, D. E., and SOLBERG, R. A.: Biological breakdown of two organic mercurial fungicides. — Phytopathology 52. 1962, 455–462.
275. SPENCER, E. L., and OVERMAN, A. J.: Nitrogen transformation on seedbeds as affected by nematocidal treatment. — Florida State hort. Soc. 1950, 125–128.
276. SPICHER, G.: Beiträge zur Kenntnis der Wirksamkeit des 2,4-D-Zersetzers *Flavobacterium peregrinum* St. et Sp. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 108. 1954, 225–231.
277. STANĚK, M.: Vliv hexachloranu na půdní mikrofloru. — Sbornik CSAZV 28. 1955, 310–313.
278. —, a ŘÍDKÝ, M.: Mikrobiologie půdy desinfikované přípravkem dinitroorthokresolu. — Sbornik CSAZV 28. 1955, 306–309.

279. STANĚK, M., a ZAKOPAL, J.: O současném použití desinfekce půdy přípravkem DNC a bakterisace brambor azotobakterem. — Sborník CSAZV 28. 1955, 309—310.
280. STAPP, C.: Über die Wirkung von E 605-Präparaten auf Bodenbakterien. — Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Braunschweig, 3. 1951, 27—29.
281. —, und BUCKSTEEG, W.: Untersuchungen über die Beeinflußbarkeit mikrobiologischer Vorgänge im Boden durch das Unkrautbekämpfungsmittel Natriumchlorat. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 97. 1937, 9—33.
282. —, und FRETHER, R.: Untersuchungen über die Wirkung von 2,4-D im Boden. II. Mitt.: Die Reaktion von Bodenbakterien auf den Wuchsstoff. — Phytopath. Ztschr. 19. 1952, 20—33.
283. —, und SPICHER, G.: Untersuchungen über die Wirkung von 2,4-D im Boden. IV. *Flavobacterium peregrinum* n. sp. und seine Fähigkeit zum Abbau des Hormones. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 108. 1954, 113—126.
284. STARK, F. L., SMITH, J. B., and HOWARD, F. L.: Effect of chloropicrin fumigation on nitrification and ammonification in soil. — Soil Sci. 48. 1939, 433—442.
285. STEENSON, T. I., and WALKER, N.: Observations on the bacterial oxidation of chlorophenoxyacetic acids. — Plant and Soil 8. 1956, 17—32.
286. —, and WALKER, N.: The pathway of breakdown of 2,4-dichloro- and 4-chloro-2-methyl-phenoxyacetic acid by bacteria (in soils). — J. gen. Microbiol. 16. 1957, 146—155.
287. —, and WALKER, N.: Adaptive patterns in the bacterial oxidation of 2,4-dichloro- and 4-chloro-2-methyl-phenoxyacetic acid. — J. gen. Microbiol. 18. 1958, 692—697.
288. STEINBRENNER, K., NAGLITSCH, F., und SCHLICHT, I.: Der Einfluß der Herbizide Simazin und W 6658 auf die Bodenmikroorganismen und die Bodenfauna. — Albrecht-Thaer-Arch. 4. 1960, 611—631.
289. STEVENSON, E. C., and MITCHELL, J. W.: Bacteriostatic and bactericidal properties of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — Science 101. 1945, 642—644.
290. STOTZKY, G., MARTIN, W. P., and MORTENSEN, J. L.: Certain effects of crop residue and fumigant applications on the decomposition of an Ohio muck soil. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 20. 1956, 392—396.
291. SUSKI, Z. W., and DAWYDKO, B.: The results of investigations on the influence of BHC insecticide on the growth of fruit trees in the nursery and on nitrogen changes in the soil. — Prace Inst. Sadown. Skierniewice 5. 1961, 255—269. — Ref.: Soils and Fert. 25. 1962, 234. (Orig. poln.).
292. SWART-FÜCHTBAUER, H.: Über den Einfluß von „Systox“ auf Mikroorganismen. — Höfchen-Briefe 8. 1955, 28—34.
293. TAM, R. K.: The comparative effects of a 50-50 mixture of 1 : 3 dichloropropene and 1 : 2 dichloropropane (D-D mixture) and of chloropicrin on nitrification in soil and on the growth of the pineapple plant. — Soil Sci. 59. 1945, 191—205.
294. —, and CLARK, H. E.: The action of calcium cyanide as a soil disinfectant. — Soil Sci. 57. 1944, 359—365.
295. TEATER, R. W., MORTENSEN, J. L., and PRATT, P. F.: Effect of certain herbicides on rate of nitrification and carbon dioxide evolution in soil. — J. Agr. Food Chem. 6. 1958, 214—216.
296. THIEGS, B. J.: Effect of soil fumigation on nitrification. — Down to Earth 11. 1955, 14—15.
297. —: The stability of dalapon in soils. — Down to Earth 11. 1955, 2—4.
298. THOMAS, F. J. D.: The residual effects of crop-protection chemicals in the soil. — Plant Protection Conference, London, 1956. 1957, 215—222.
299. THORNTON, G. D.: Some effects of D-D, EDB and chloropicrin on microbiological action in several Florida soils. — Soil and Crop Sci. Soc. Florida Proc. 12. 1952, 68—71.

300. VAARTAJA, O.: Microflora on the surface of seedlings as affected by thiram. — Bi-monthly Progr. Rep., Canada Dept. Agric., Sci. Serv., Forest Biol. Div. 10. 1954, nr. 4, p. 3.
301. VEDROS, N. A., and Colmer, A. R.: The use of soil plaques to gauge the effect of some herbicides on the fungal flora of Mhoon soil. — Proc. Louisiana Acad. Sci. 22. 1959, 82–89.
302. VERONA, O.: Effetti di alcuni erbicidi selettivi sulla microflora, in particolare, del terreno. — Ann. Fac. agrar. Univ. Pisa 9. 1948, 189–199. — Ref.: Soils and Fert. 13. 1950, 53.
303. —: Über die Wirkung des Hexachlorcyclohexans auf die Bodenmikroflora (Orig. ital.). — Osserv. Region. fitopat. Mem. 255. 1951, 9 p. — Ref.: Soils and Fert. 15. 1952, 57.
304. —: Erbicidi e fertilità biologica del terreno. — Agric. Ital. 58. 1958, 55–61.
305. —: e PICCI, G.: Intorno all'azione esercitata dagli insetticidi sistemici sulla microflora del terreno. — Agric. Ital. 52. 1952, 61–70.
306. —: PICCI, G., e GAMBogi, P.: Comportamento di alcuni funghi terricoli di fronte agli insetticidi sistemici (O. M. P. A.). — Ann. Fac. agrar. Univ. Pisa 16. 1955, 75–79.
307. —: PICCI, G., e GAMBogi, P.: Insecticides systémiques et champignons du sol. — Rept. 6th Int. Congr. Soil Sci. C. 1956, 337–339.
308. VINDARD, G.: Influence de l'acide 2-méthyl-4-chloro-phénoxyacétique sur le développement de l'*Azotobacter* dans le sol. — Compt. rend. Acad. Agric. France 39. 1952, 417–418.
309. —, et DASTE, P.: Influence de l'acide 2,4-dichlorophénoxyacétique sur le développement de l'*Azotobacter* dans le sol. — Compt. rend. Acad. Sci. 233. 1951, 1310–1312.
310. —, DASTE, P., et LONGCHAMP, R.: Action comparée du 2-méthyl 4-chlorophénoxyacétate de sodium (MCPA) sur le développement de l'*Azotobacter* dans divers sols. — Compt. rend. Acad. Sci. 235. 1952, 1048–1049.
311. VIRAG, A.: Die Wirkung der Unkrautbekämpfung mit chemischen Mitteln auf die Mikroorganismen des Bodens. — Agrártudomány 10. 1958, H. 1, p. 25–27. — Ref.: Landw. Zentralbl., Abt. II, Nr. 9. 1958, 1993 (Orig. ungarisch).
312. VODERBERG, K.: Abhängigkeit der Herbizid-Wirkung auf Bodenmikroorganismen vom Nährsubstrat. — Nachr.bl. dtsh. Pfl.schutzd., Berlin, N. F. 15. 1961, 21–23.
313. VOROB'EV, F. K., and ABUEVA, A. A.: Effect of 2,4-D on some agrochemical properties of sod podzolic soil. — Dokl. s.-kh. Akad. Timiryazewa nr. 39. 1958, 148–155. — Ref.: Soils and Fert. 24. 1961, 134.
314. WAGNER, F.: Untersuchungen über die Einwirkung von 2,4-D- und MCPA- Präparaten auf Wachstum und Conidienbildung phytopathogener Pilze. — Arch. Mikrobiol. 22. 1955, 313–323.
315. WALKER, R. L., and NEWMAN, A. S.: Microbial decomposition of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid. — Appl. Microbiol. 4. 1956, 201–206.
316. WARCUP, J. H.: Effect of partial sterilization by steam or formalin on the fungus flora of an old forest nursery soil. — Trans. brit. mycol. Soc. 34. 1951, 519–532.
317. —: Chemical and biological aspects of soil sterilization. — Soils and Fert. 20. 1957, 1–5.
318. WEEKS, O. B.: *Flavobacterium aquatile* (Frankland and Frankland) Bergey et al., type species of the genus *Flavobacterium*. — J. Bact. 69. 1955, 649.
319. WEGOREK, W.: The effect of HCH preparations and chlordan on plants and soil microflora. — Roczn. Nauk rol. 74 A. 1957, 373–392. — Ref.: Soils and Fert. 20. 1957, 228.
320. WEI, C. T., and LING, K. C.: The effect of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on the spore germination of fungi. — Bot. Bull. Acad. Sinica 2. 1948, 275–281.

321. WELVAERT, W.: Invloed van enkele fungiciden op de grondschemmelflora. — Meded. Landbouwhoges. Gent 25. 1960, 645—658.
322. —, en VELDEMAN, R.: Invloed van chemische grondontsmettingsmiddelen op de grondschemmelflora. — Meded. Landbouwhoges. Gent 22. 1957, 499—504. — Ref.: Rev. appl. Mycol. 37. 1958, 757.
323. —, en VELDEMAN, R.: Werking en invloed van chemische grondontsmetters op de grondschemmelflora. — Meded. Landbouwhoges. Gent 24. 1959, 718—750.
324. WENSLEY, R. N.: Microbiological studies of the action of some selected soil fumigants. — Canad. J. Bot. 31. 1953, 277—308.
325. WHITESIDE, J. S., and ALEXANDER, M.: Measurement of microbiological effects of herbicides. — Weeds 8. 1960, 204—213. — Ref.: Soils and Fert. 23. 1960, 291.
326. WILDE, S. A., and PERSIDSKY, D. J.: Effect of biocides on the development of ectotrophic mycorrhizae in Monterey pine seedlings. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 20. 1956, 107—110.
327. WILHELM, S., STORKAN, R. C., and SAGEN, J. E.: *Verticillium* wilt of strawberry controlled by fumigation of soil with chloropicrin and chloropicrin-methyl bromide mixtures. — Phytopathology 51. 1961, 744—748.
328. WILSON, H. A.: The effect of certain pesticides on nitrification in the soil. — West Virginia agric. Exp. Stat. Techn. Bull. 366. 1954, 14 p.
329. WILSON, J. K., and CHOUDRI, R. S.: Effects of DDT on certain microbiological processes in the soil. — J. econ. Ent. 39. 1946, 537—538.
330. —, and CHOUDRI, R. S.: The effect of benzene hexachloride on soil organisms. — J. agric. Res. 77. 1948, 25—32.
331. WINFREE, J. P., COX, R. S., and HARRISON, D. S.: Influence of bacterial soft rot, depth of water table, source of nitrogen, and soil fumigation on production of lettuce in the Everglades. — Phytopathology 48. 1958, 311—316.
332. WOLCOTT, A. R., MACIAK, F., SHEPHERD, L. N. and LUCAS, R. E.: Effects of telone on nitrogen transformations and on growth of celery in organic soil. — Down to Earth 16. 1960, 10—14.
333. WOLFF, A. and WOLFF, G.: Über den Einfluß des Kalkstickstoffs auf die Mikroflora des Bodens. — Zentralbl. Bakt. II. Abt. 81. 1930, 221—230.
334. WORSHAM, A. D., and GIDDENS, J.: Some effects of 2,2-dichloropropionic acid on soil microorganisms. — Weeds 5. 1957, 316—320.
335. WORTH, W. A., and McCABE, A. M.: Differential effects of 2,4-D on aerobic, anaerobic and facultative anaerobic microorganisms. — Science 108. 1948, 16—18.
336. WROBEL, T.: The influence of 2,4-D on *Rhizobium*. — Acta Mikrob. polon. 1. 1952, 39—41.
337. YATAZAWA, M., PERSIDSKY, D. J., and WILDE, S. A.: Effect of allyl alcohol on micropopulation of prairie soils and growth of tree seedlings. — Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 24. 1960, 313—316.
338. YODER, J. B., SINDEN, J. W., and HAUSER, E.: Mushroom Science I. Proc. 1st Int. Conf. Sci. Aspects Mushroom Growing. — Peterborough, England 1950, 1951, p. 100—108, — Ref. Rev. appl. Mycology 30. 1951, 555.
339. YOUATT, J. B.: Studies on the metabolism of *Thiobacillus thiooxydans*. — J. gen. Microbiol. 11. 1954, 139—149.
340. YOUNG, H. C., and CARROLL, J. C.: The decomposition of pentachlorophenol when applied as a residual pre-emergence herbicide. — Agron. J. 43. 1951, 504—507.
341. ASLANDER, A.: Experiments on the eradication of Canada Thistle, *Cirsium arvense*, with chlorates and other herbicides. — J. agric. Res. 36. 1928, 915—934.
342. ANONYM: Influence du DDT sur la microflore. — Rappt. Inst. Nat. Etud. agron. Congr. Belge 1949, 52, 1950. — Ref.: Soils and Fert. 15. 1952, 57.