EFEITO DE PERMETRINA, GLIFOSATO E MANCOZEB NA
ATIVIDADE RESPIRATORIA E AMILOLITICA DE DOIS SOLOS
DO ESTADO DE SÃO PAULO

SONIA DE BARROS OSTIZ
Bióloga

Orientadora: Dra. MARIA RAPHAELA MUSUMECI

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Agronomia, Área de con-
centração : Microbiologia Agrícola.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1971

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

085e Ostiz, Sonia de Barros
Efeito de permetrina, glifosato e mancozeb na atividade
de respiratória e amilolítica de dois solos do estado de
São Paulo. Piracicaba, 1991.
75p.

Diss.(Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Solo - Atividade microbiana - Efeito de pesticida
I. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 631.46

EFEITO DE PERMETRINA, GLIFOSATO E MANCOZEB NA
ATIVIDADE RESPIRATORIA E AMILOLITICA DE DOIS
SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

SONIA DE BARROS OSTIZ

Aprovada em: 16.09.1991

Comissão Julgadora:

Dra. Maria Raphaela Musumeci	Instituto Biológico/SP
Profa.Dra.Elke Jurandi Bran Nogueira Cardoso	ESALQ/USP
Prof.Dr. Avelino Rodrigues de Oliveira	UNICAMP

Dra. Maria Raphaela Musumeci
Orientadora

*As pessoas que eu amei, amo e
sempre amarei*

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais, Célia e Luiz, por todo carinho, amor e compreensão
- A minha orientadora, Maria Raphaela Musumeci, pela dedicação e ensinamentos
- Ao Centro de Radioisótopos do Instituto Biológico, São Paulo, na pessoa da Dra. Elza Flores Ruegg, pela utilização de seus laboratórios
- Aos funcionários do Centro de Radioisótopos, em especial à Denise Acciotli, Maria Cecília Dias da Silva, Teresinha Bonanho e Maria José Szott, pelo auxílio a mim despendido
- A divisão de Agroquímicos da ICI, na pessoa do Dr. Dirceu Fonseca Siqueira, pela cessão do inseticida permetrina
- A Cláudia M. C. B. Magalhães, pela ajuda prestada na concepção desta dissertação
- Ao Flávio Martins da Silva, pelo auxílio prestado
- A Katia e Eliane da Biblioteca Central da ESALQ pelo auxílio e amizade
- A Profa Maria Izalina Ferreira Alves do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ
- Ao meu irmão Heitor, ao meu sobrinho Thiago e aos meus amigos, Maria Emília, Mariângela, Selma e Ernesto, Marta e João Filipe
- Aos meus colegas da pós-graduação, em especial, o Edgar o Kim e o Marcelo
- A Coordenadoria de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior, pelo auxílio financeiro
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente tornaram possível a realização desta dissertação

S U M A R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	viii
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Solos	14
3.2. Agroquímicos	15
3.3. Substratos para radiorrespirometria	15
3.4. Testes Preliminares	16
3.4.1. Determinação da Capacidade de Campo	16
3.4.2. Determinação do tempo de Incubação com a fonte de Carbono	17
3.5. Avaliação do efeito da Adição de Agroquímicos na Atividade Microbiana de Solo	18
3.6. Análise Estatística dos resultados ..	21
4. RESULTADOS	
4.1. Testes Preliminares	22
4.1.1. Determinação da Capacidade de Campo	22

Página

4.1.2. Determinação do tempo de Incubação com a fonte de Carbono	22
4.2. Avaliação do efeito da Adição de Agroquímicos na Atividade Microbiana de Solo	24
4.2.1. Experimentos em Laboratório ..	24
4.2.1.1. Permetrina	24
4.2.1.2. Glifosato	29
4.2.1.3. Mancozeb	34
4.2.2. Experimentos em Campo	39
5. DISCUSSÃO	56
6. CONCLUSEES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Estrutura química da permetrina	7
2. Estrutura química do glifosato	9
3. Estrutura química do mancozeb	12
4. Metodologia utilizada para a avaliação do efeito da adição de agroquímicos na atividade microbiana de solo	19
5. Metabolismo das fontes de Carbono em solo Gley Húmico	22

LISTA DE TABELAS

Página

1. Atividade respiratória do solo Gley Húmico, após adição de permetrina , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	25
2. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de permetrina, (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	26
3. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico, após adição de permetrina , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	27
4. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de permetrina, (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	28
5. Atividade respiratória do solo Gley Húmico, após adição de glifosato , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	30
6. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de glifosato , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	31

7. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico, após adição de glifosato , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	32
8. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de glifosato , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	33
9. Atividade respiratória do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	35
10. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	36
11. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	37
12. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)	38

13. Atividade respiratória do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)	41
14. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb , (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)	42
15. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)	43
16. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb , (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)	44
17. Atividade respiratória (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório	46
18. Atividade respiratória (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório	47

Página

19. Atividade respiratória (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório	48
20. Atividade respiratória (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório	49
21. Atividade amilolítica (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório	51
22. Atividade amilolítica (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório	52
23. Atividade amilolítica (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório	53

24. Atividade amilolítica (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório	54
---	----

EFEITO DE PERMETRINA, GLIFOSATO E MANCOZEB NA
ATIVIDADE RESPIRATORIA E AMILOLITICA DE DOIS SOLOS
DO ESTADO DE SÃO PAULO

Autora : SONIA DE BARROS OSTIZ
Orientadora: DRª MARIA RAPHAELA MUSUMECI

RESUMO

Desenvolveu-se a presente pesquisa, em dois solos provenientes do Estado de São Paulo, com características físico-químicas distintas (Gley Húmico e Latossolo Vermelho Escuro), com o intuito de averiguar a influência do inseticida permetrina, do herbicida glifosato e do fungicida mancozeb sobre a microbiota natural destes solos, e, uma possível correlação entre os dados obtidos em experimentos de laboratório e os provenientes de experimentos em condições de campo.

A influência desses compostos na atividade respiratória e amilolítica dos solos foi medida através da técnica de radiorrespirometria, utilizando-se como substratos a glicose- ^{14}C e o amido- ^{14}C , respectivamente. Nos tempos de 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias após a adição do agroquímico, procedeu-se à análise,

retirando-se amostras dos solos tratados, as quais foram incubadas por 24 h com a fonte de carbono a 27°C. As doses aplicadas foram: permetrina 0,5 , 2,5 e 5ppm; glifosato 4, 20 e 40ppm; mancozeb 10, 50 e 100ppm. A atividade de amostras, originadas de solos que receberam adição dos agroquímicos, foi comparada com aquelas provenientes de solos não tratados (controle).

Em experimentos de laboratório, os vasos contendo solo tratado e não tratado, foram mantidos em estufa a 27°C. Em experimentos de campo, os vasos foram mantidos em condições climáticas naturais, sendo utilizado nestes experimentos somente o mancozeb.

O inseticida permetrina não apresentou efeito inibidor em ambos os solos estudados. No solo Latossolo Vermelho Escuro, com menor teor de matéria orgânica, observou-se aumento da atividade amilolítica.

O herbicida glifosato também não apresentou efeito inibidor. No solo Latossolo Vermelho Escuro, a adição do agroquímico resultou num aumento temporário das atividades respiratória e amilolítica.

A adição do fungicida mancozeb ao solo Gley Húmico ocasionou um efeito estimulador temporário da atividade respiratória e da atividade amilolítica. Em condições de campo, este efeito estimulador na atividade respiratória foi persistente. No solo Latossolo Vermelho Escuro, doses de 50 e 100ppm de mancozeb ativaram a respiração microbiana nos experimentos de laboratório e nas

condições de campo, sendo este efeito não persistente no campo. Uma inibição da atividade amilolítica inicial foi constatada nos experimentos de laboratório que não ocorreu em campo.

A análise estatística dos resultados não possibilitou a determinação de uma correlação entre os dados provenientes dos experimentos mantidos em laboratório e em condições de campo.

Concluiu-se que os agroquímicos utilizados nesta pesquisa, quando aplicados individualmente nestes solos, não provocam alterações drásticas na microbiota, e que, o efeito observado, depende do tipo de solo.

EFFECT OF PERMETHRIN, GLYPHOSATE AND MANCOZEB ON THE
RESPIRATORY AND AMILOLITIC ACTIVITY OF TWO SOILS
FROM SÃO PAULO STATE

Author : SONIA DE BARROS OSTIZ
Adviser : DRª MARIA RAPHAELA MUSUMECI

SUMMARY

This research was undertaken to verify in two soils from São Paulo state (the Humic Gley and the Dark Red Latosol), with different physico-chemical proprieties the influence of the insecticide permethrin, the herbicide glyphosate, and the fungicide mancozeb on the microbial activity of these soils and the possible correlation between laboratory and experimental field data. The methodology employed as substrates ^{14}C -glucose and ^{14}C -starch, for the studies of soil respiratory and amilolitic activities.

Analyse were realized at 0, 3, 7, 14, 21 and 28 days after pesticide addition to soil samples. Pesticides were used in the following doses: permethrin 0,5, 2,5 and 5ppm; glyphosate 4, 20 and 40ppm; mancozeb 10, 50 and 100ppm. The effect of pesticide addition on soil microbial activities was compared with the activity of non-treated soil samples (control).

For laboratory experiments, pots with treated soils were incubated at 27°C. For field experiments, conducted only with mancozeb, pots were kept under natural conditions.

Permethrin had no inhibitory effect on either soil. On Dark Red Latosol, with lower organic matter content, an increase of the respiratory activity was observed.

No inhibition of the respiratory activity was observed when glyphosate was applied to Humic Gley soil; a transient increase on respiratory and amilolitic activities was detected, due to the herbicide application, on Dark Red Latosol.

Treatement of Humic Gley soil with mancozeb resulted in a transient activation of the microbial respiratory and amilolitic activities. In field experiments, the activation of the respiratory activity had a persistent effect. When doses of 50 and 100ppm were applied to Dark Red Latosol, microbial respiration was increased in both experiments, laboratory and field, but without persistence in the field. An initial inhibition of the amilolitic activity was detected in the laboratory, but not in the field.

There was no correlation between the data from laboratory and field experiments.

Data showed that these pesticide had no deleterious influence on soil microorganisms; the effect observed was dependent on the soil type.

1. INTRODUÇÃO

A adição de compostos xenobióticos ao solo pode influenciar a atividade microbiana geral, assim como o próprio equilíbrio ecológico existente neste ecossistema. Entre os compostos xenobióticos contaminantes do solo encontram-se os agroquímicos. Utilizados para o controle de fungos fitopatogênicos, insetos, ervas daninhas e outras pragas, estes compostos alcançam o solo, tanto pelas aplicações foliares como pela incorporação direta.

Um dos elementos naturais de grande importância para os seres vivos é o carbono, constantemente fixado na forma orgânica por organismos autotróficos, e que necessita ser revertido à forma inorgânica, para sua reutilização em gerações subsequentes. A reversão, em sua maioria, processa-se através de microrganismos heterotróficos, que, nesta etapa, desempenham papel importante por atuarem na decomposição da matéria orgânica.

Esta matéria orgânica é continuamente adicionada ao solo sob várias formas, entre as quais, folhas, caules e exsudatos de raízes. Entre os

constituintes desta matéria encontram-se os mono (glicose) e os polissacarídeos (celulose, hemiceluloses, ligninas, amido, quitina, etc.), que, sofrendo decomposição, novamente liberam material para as reservas de carbono e nitrogênio, assim influenciando a fertilidade do solo (ALEXANDER, 1964).

A degradação destes compostos apresenta ainda grande importância na ligação das partículas do solo, ocasionando a formação de agregados estruturais estáveis em muitos solos (ALEXANDER, 1964).

A resposta microbiana ao contacto com os xenobióticos é diferenciada. O organismo pode ter seu crescimento inibido transitória ou definitivamente, ou então, ser estimulado devido à capacidade de utilização do agroquímico como fonte de carbono ou nitrogênio. Em ambos os casos, como consequência desta modificação no equilíbrio, podem ocorrer problemas de fertilidade no solo por alteração dos ciclos biogeoquímicos ou alteração na ligação das partículas do mesmo.

A reação à adição do composto ao solo é determinada em conjunto pelas características físico-químicas do solo, por microrganismos ali existentes e pelo agrotóxico utilizado (BARTHA & PRAMER, 1965; JOHNEN & DREW, 1977). A maioria dos trabalhos publicados refere-se a solos existentes sob clima temperado, sendo necessário um maior número de investigações para solos tropicais, em especial, os brasileiros.

Com este intuito desenvolveu-se a presente pesquisa, com a finalidade de verificar a influência do inseticida permetrina, do herbicida glifosato e do fungicida mancozeb, sobre a microbiota natural de solos, através da técnica de radiorrespirometria (MAYAUDON, 1971; FREITAS et alli, 1979; MUSUMECI e RUEGG, 1984), bem como averiguar a existência de correlação entre dados obtidos em experimentos de laboratório com aqueles provenientes de experimentos em condições de campo.

A seleção destes compostos foi realizada levando-se em consideração a alta degradabilidade da permetrina e do glifosato, e a constatação anterior de efeito inibidor na combinação do mancozeb com o fungicida metalaxil (OSTIZ & MUSUMECI, 1989).

2 - REVISÃO DE LITERATURA

O solo é um ecossistema complexo, composto basicamente de cinco fatores : água, ar, minerais, matéria orgânica e organismos, fatores que, entre si, encontram-se intimamente relacionados, podendo a variação de um deles ocasionar alteração em todos os outros (ALEXANDER, 1976).

Em cada tipo de solo, a comunidade de microrganismos apresenta divisão populacional diferenciada, mas constante, e, para que o equilíbrio seja mantido, a comunidade passa por contínuas mudanças, apresentando alto estado dinâmico. A interação é encontrada entre todos os indivíduos, para manter o equilíbrio ecológico (ALEXANDER, 1976). Estes microrganismos são responsáveis por 80-90% do metabolismo do solo e, alguns deles, estão associados à produção e manutenção de sua fertilidade, fator este de mais alta importância para a agricultura mundial (HILL e WRIGHT, 1978; BRADY, 1974).

Os agroquímicos podem ser aplicados diretamente ao solo, ou então, entrar neste ecossistema através das aplicações foliares ou de tecidos de plantas e animais tratados. Eles podem não apresentar efeito sobre os

microrganismos do solo, ou ainda apresentarem pequeno e não relevante efeito; podem ser quimicamente modificados ou degradados pelos microrganismos, ou então persistir e exercer influência desfavorável (inibição ou morte), interferindo assim, nos ciclos de elementos vitais da natureza (BARTHA e PRAMER, 1965).

Na tentativa de se determinar o relacionamento entre os agroquímicos e os microrganismos de solo, vários trabalhos têm sido desenvolvidos.

Um dos pontos abordados nestes trabalhos é a influência de agroquímicos na microbiota de um solo como um todo ou em segmentos específicos (MacRAE & ALEXANDER, 1965; GUNNER & ZUCKERMAN, 1968; BELLINCK & MAYAUDON, 1978; BELLINCK & MAYAUDON, 1979; RAMANUJAM et alli, 1979; ANDERSON et alli, 1981; ANDERSON, 1984). Outro ponto de interesse científico é a ação desempenhada pelos microrganismos na biodegradação destes compostos (MUNNECK & HSIEH, 1976; De ANDREA et alli, 1982; LORD et alli, 1982; MATSUMURA, 1982; SPAIN & VAN VELD, 1983).

Diferentes técnicas têm sido descritas na literatura para avaliação da atividade microbiana no solo, entre as quais se destaca a radiorrespirometria, que se utiliza de compostos contendo isótopos radioativos (MAYAUDON & SIMONART, 1958; MAYAUDON & SIMONART, 1959; CRAWFORD et alli, 1977). Nesta técnica são descritos vários métodos para avaliação da influência da aplicação de agroquímicos (SLATER et alli, 1964; BARTHA & PRAMER, 1965;

BELLINCK & MAYAUDON, 1978; LOSS et alli, 1980; MUSUMECI & RUEGG, 1984).

A utilização de isótopos como o ^{14}C , tem permitido o acompanhamento do efeito dos agroquímicos em diversos ecossistemas, apresentando como vantagem a alta sensibilidade desta técnica. Para estudos de atividade microbiana do solo, a utilização de substrato marcado para medida do metabolismo microbiano, propicia uma avaliação mais próxima da realidade por utilizar baixa concentração de substrato, sem provocar um estímulo pela introdução desse substrato (MAYAUDON, 1971; JOHNNEN & DREW, 1977; FREITAS et alli, 1979).

Assim sendo, a utilização da radiorrespirometria na avaliação da influência de xenobióticos vem sendo utilizada por sua precisão e sensibilidade. Todavia, muitas destas técnicas necessitam ser adaptadas às condições existentes em um determinado laboratório (MUSUMECI & RUEGG, 1984).

Outro ponto essencial a ser averiguado é a correlação entre dados levantados sob condições de campo e laboratório, pois nem sempre os dados obtidos em laboratório refletem os de campo (JOHNNEN & DREW, 1977; DIATLOFF, 1986), embora alguns autores considerem que, em experimentos efetuados sob condições de laboratório, o efeito de um determinado composto sobre a microbiota do solo seja mais acentuado (JOHNNEN & DREW, 1977).

O consumo de agroquímico vem aumentando a cada ano no Brasil. Em 1984 foram consumidas 57.233 toneladas, e, em 1988, 65.303 toneladas (ANUARIO ESTATISTICO DO BRASIL, 1989).

Entre os vários compostos utilizados encontram-se o inseticida permetrina, o herbicida glifosato e o fungicida mancozeb.

A permetrina (3-fenoxibenzil (+)- *cis*, *trans* 3-(2,2-diclorovinil) -2,2- dimetilciclopropanocarboxilato) é um inseticida de contacto, pertencente ao grupo dos piretróides (Figura 1).

Figura 1. Estrutura química da permetrina.

Este composto apresenta, em geral, meia-vida, de 3 a 6 semanas, de acordo com o tipo de solo e o teor de água existente (LORD et alli, 1982; MALONEY et alli, 1988), sendo o isômero *trans*, preferencialmente degradado ao invés do isômero *cis* (WILLIAMS & BROWN, 1979; MALLONEY et alli, 1988). A principal forma de degradação deste

composto é constituída pelo mecanismo biológico (WILLIAMS & BROWN, 1979; CHAPMAN et alli, 1981; LORD et alli, 1982).

TU (1978 e 1980) observou que a permetrina pode causar redução no número de microrganismos do solo durante a primeira semana após a aplicação, apresentando, entretanto, uma rápida recuperação.

Este mesmo autor (1980), medindo a atividade respiratória da microbiota de um solo através do consumo de oxigênio, observou que a taxa respiratória não se alterou durante os três dias subsequentes à aplicação.

DOYLE et alli (1981) relataram para o solo Matapeake, barro arenoso, com dois tipos diferentes de adubação, a maior recuperação de $^{14}\text{CO}_2$ proveniente da degradação de permetrina quando o solo foi adubado. Devido à baixa conversão do composto a $^{14}\text{CO}_2$ no solo não adubado, os autores concluíram que, para este solo, a quebra do composto era devida mais à ação química que a biológica. O solo com adição de adubo necessitou um período maior do que o de 28 dias para aparecimento de uma população capaz de metabolizar a permetrina.

STRATTON & CORKE (1982), estudando a toxicidade da permetrina e de dez produtos de degradação deste composto a fungos, observaram que o produto parental foi relativamente atóxico às culturas puras por eles utilizadas. Entretanto, os compostos de degradação apresentaram maior toxicidade que o composto pai, sendo que os produtos resultantes da hidrólise na posição ester

mostraram-se 100 vezes mais tóxicos que a permetrina, ainda que sem ação inseticida. A interação entre o composto parental e seus metabólitos foi complexa, não apresentando um padrão de comportamento interativo. Os autores ainda concluíram que, provavelmente, ações inibitórias constatadas em testes com este composto poderiam ser resultantes da ação de seus metabólitos, e não da permetrina.

Segundo INGLESFIELD (1989), baseado em trabalhos realizados por diversos autores, os inseticidas piretróides não ocasionam efeitos adversos à microbiota de solo em estudos de laboratório, mesmo quando utilizados em doses acima daquelas recomendadas para aplicação em campo.

O glifosato (N-(fosfonometil)glicina) é um herbicida pós-emergente, pertencente ao grupo das glicinas (Figura 2.). É um composto pouco persistente, sendo o mecanismo microbiano apontado como o modo predominante de sua degradação no solo. A degradação é dependente do tipo de solo (MOSHIER & PENNER, 1978), que pode influir na meia-vida do glifosato que, em geral, é de 3 a 25 dias (RUEPPEL et alli, 1977; NOMURA & HILTON, 1977).

Figura 2. Estrutura química do glifosato

Em geral, o glifosato não apresenta efeito inibidor na microbiota do solo (RUEPPEL et alli, 1977; GOMEZ & SAGARDOY, 1985, a,b), embora em altas concentrações possa causar redução do consumo de oxigênio (ROSLYCKY, 1982).

DAVIES & GREAVES (1981) estudando o efeito do glifosato na atividade enzimática do solo, sem e com suplementação de alfafa, constataram que só na dose mais alta (21,6kg/ha), houve pequeno aumento na atividade da enzima dehidrogenase na primeira semana após o tratamento.

HEINONEN-TANSKI et alli (1985) em experimentos realizados sobre o efeito da aplicação sequencial de agroquímicos, entre os quais o glifosato, em campos agrícolas de cevada, relataram a ausência de alteração no número de vários microrganismos de solo. HEINONEN-TANSKI et alli (1986) em experimento similar, conduzido em campos de cenoura, constataram aumento no número total de microrganismos e de bactérias aeróbicas formadoras de esporos, fato este que os autores acreditam possa ser atribuído às condições da rizosfera da cenoura.

CARLISLE e TREVORS (1986), utilizando várias concentrações de glifosato, puro e formulado, observaram estímulo na atividade respiratória após a adição do herbicida, podendo este ter sido usado como fonte de nutrientes pelos microrganismos.

MEKWATANAKARN & SIVASITHAMPARAM (1987) estudando o efeito de herbicidas na população microbiana de

um solo, observaram que a adição de glifosato não apresentava alteração no número de fungos e actinomicetos, mas ocasionava redução no número de bactérias deste solo após 4 semanas de incubação com o composto.

CHAKRAVARTY & CHATARPAUL (1990) verificaram, na dose mais baixa por eles utilizada, redução da população bacteriana e fúngica, durante os dois primeiros meses de experimento. A liberação de CO₂ não foi alterada.

SCHUSTER & SCHRODER (1990a), em experimentos conduzidos em campo, simulando a aplicação sucessiva de 7 pesticidas durante 2 anos, concluíram que a adição de glifosato não apresentava efeito na biomassa microbiana, na atividade da dehidrogenase, e na nitrificação. A taxa de amonificação foi estimulada no primeiro ano de experimento. No segundo ano, estatisticamente, a taxa de amonificação não se alterou, ainda que fosse constatada novamente uma tendência à estimulação. Concluíram, pois, que o composto apresentava-se atóxico, apesar deste efeito.

Estes mesmos autores (1990b), quando realizaram experimentos em laboratório, observaram que o glifosato aplicado individualmente não apresentava efeito. Quando aplicado simultânea ou sequencialmente com outros dois compostos, apresentava efeito tóxico, provavelmente devido à uma ação sinérgica entre os compostos.

WARDLE & PARKINSON (1990) estudando o efeito do glifosato em diferentes doses por um período de 27

dias, através do número total de bactérias, de actinomicetos e de propágulos de fungos, concluíram que a aplicação deste herbicida não apresentava efeito adverso, exceto em altas concentrações.

QUINN et alli (1988) estudaram a possibilidade de adaptação dos microrganismos ao glifosato, após repetidas aplicações. O isolamento de bactérias que se utilizam do herbicida como fonte de fósforo e/ou de nitrogênio vem sendo efetuado (MOORE et alli, 1983; PIPKE e AMRHEIN, 1988), muito embora SPLANKLE et alli, em 1975, tenham sugerido que o glifosato seria degradado por co-metabolismo, pela microbiota constitutiva do solo.

O fungicida mancozeb, pertencente ao grupo dos etilenobisditiocarbamatos, é composto por uma mistura de maneb (etilenobis(ditiocarbamato)manganês) e de zineb (etilenobis(ditiocarbamato)zinco) (Figura 3).

Figura 3. Estrutura química do mancozeb

MITTERER et alli (1981) constataram que a liberação de CO_2 do solo pela atividade microbiana foi aumentada, quando da aplicação de dose única de mancozeb.

DONECHE et alli (1983) observaram que o tratamento de solos de vinhedo com mancozeb reduzia o número total de microrganismos, e que a inibição decrescia com a degradação do composto, sendo, portanto, a recuperação da microbiota, variante, com o tipo de solo.

Estes mesmos autores constataram decréscimo da taxa respiratória, medida através da atividade da enzima dehidrogenase, até pelo menos um mês após a adição do composto.

CALUMPANG et alli (1989) observaram uma rápida degradação do mancozeb em solo não estéril. Segundo eles, este composto teve meia-vida de 2,9 dias para o solo estudado (solo areno-argilo-barroso). Após 15 dias da adição do mancozeb ao solo, este composto não foi mais detectado.

HELWEG (1986) realizou aplicações sucessivas de 7 agroquímicos, entre os quais a permetrina, glifosato e mancozeb, simulando a prática agrícola. A utilização em doses recomendadas causaram leve inibição das atividades microbianas medidas (respiração, amonificação, nitrificação e fixação do nitrogênio). A aplicação de doses 10 vezes maiores do que as recomendadas, aumentava este efeito.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solos

Foram utilizados dois solos com características físico-químicas diferentes:

- o Gley Húmico, solo agrícola muito rico em matéria orgânica, coletado no Campo Experimental do Instituto Biológico de São Paulo, em setembro de 1989;

- o Latossolo Vermelho Escuro, comumente encontrado em regiões de produção de grãos, principalmente soja, coletado no município de Aguas de Santa Bárbara, Estado de São Paulo, em junho de 1990.

Coletados, os solos foram secos ao ar livre, à temperatura ambiente, e passados por peneira de 2 mm de malha.

As amostras de solo foram analisadas pelo Departamento de Ciências do Solo da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, em relação às características físico-químicas, sendo:

- para o solo Gley Húmico : pH = 6,5; matéria orgânica = 8,8%; areia = 20,0%; silte = 33,0%; argila = 47,0%; K⁺ =

1,41meq/100cm³; Ca²⁺=22,45meq/100cm³; Mg²⁺= 6,70meq/100cm³; Al³⁺=0,22meq/100cm³; H⁺=5,20meq/100cm³; CTC=35,76 meq/100cm³.

- para o solo Latossolo Vermelho Amarelo : pH =4,8; matéria orgânica = 1,7%; areia = 76,0%; silte = 7,0%; argila = 16,0%; K⁺ = 0,18meq/100cm³; Ca²⁺ = 0,80meq/100cm³; Mg²⁺= 0,46meq/100cm³; Al³⁺=0,18meq/100cm³; H⁺=2,50meq/100cm³ ; CTC =3,94 meq/100cm³.

3. 2. Agroquímicos

Foram utilizados os seguintes agroquímicos em doses equivalentes a uma, cinco, e dez vezes à dosagem recomendada para campo:

- inseticida permetrina, formulado (50% i.a.), nas concentrações de 0,5, 2,5 e 5ppm (ug/g de solo);
- fungicida mancozeb, formulado (80% i.a.), nas concentrações de 10, 50 e 100ppm (ug/g de solo);
- herbicida glifosato, formulado (36% i.a.), nas concentrações de 4, 20 e 40ppm (ug/g de solo).

3.3. Substrato para radiorrespirometria

A D-glicose-¹⁴C, uniformemente marcada, adquirida da Amersham, Inglaterra, com atividade específica de 12,3MBq/mmol (333uCi/mmol), utilizada para os ensaios sobre a atividade respiratória da microbiota, foi

inicialmente diluída em água destilada estéril, obtendo-se uma solução com atividade de 0,185MBq/ml (5uCi/ml).

Para os testes, cada 0,25ml desta solução foi diluída em 100ml de água destilada estéril, obtendo-se uma solução final com atividade de 0,46kBq/ml (0,0125uCi/ml). A solução foi ajustada com glicose, não marcada, para se obter uma concentração de 5umol/ml.

O amido- ^{14}C , uniformemente marcado, adquirido da Amersham, Inglaterra, com atividade específica de 3,7MBq/mg (100uCi/mg), utilizado como o substrato de medida de atividade amilolítica dos solos, foi acrescido de 500mg de amido solúvel, obtendo-se uma atividade específica de 18,5kBq/mg (0,5uCi/mg).

Nos testes, cada porção de 20mg deste material foram diluídos em 100ml de água destilada estéril, obtendo-se uma solução final com atividade de 3,7kBq/ml (0,1uCi/ml).

3.4. Testes Preliminares

3.4.1. Determinação da capacidade máxima de retenção de água

Três amostras de 10g de cada um dos solos, dispostas em cadinhos de porcelana, foram mantidas em estufa a 110°C por 12 horas, e, a seguir, repesadas. Através

da diferença entre as pesagens obteve-se a quantidade de água natural nos solos.

Dispostas em funis, cada uma das amostras recebeu adição de 10ml de água, e o volume não retido foi medido em proveta. Repetiu-se a mesma operação, até o volume de água recuperado manter-se o mesmo, considerando-se a capacidade de retenção de água do solo igual ao volume de água retido nas amostras.

A capacidade máxima de retenção de água do solo foi obtida através da somatória entre a água natural e a capacidade de retenção.

3.4.2. Determinação do tempo de incubação com a fonte de carbono

O tempo necessário para se acompanhar o metabolismo da fonte de carbono nos solos foi estipulado em testes, utilizando-se dez jarros de 250ml de boca larga e tampa rosqueável, contendo 10g de solo Gley Húmico reativado com água equivalente a 2/3 da capacidade máxima de retenção.

Após uma semana de reativação, cinco das amostras receberam 1ml da solução de glicose- ^{14}C , e cinco outras, 1ml da solução de amido- ^{14}C . No interior de cada um dos jarros de solo colocou-se um frasco de 20ml de capacidade, contendo 5ml de uma solução de KOH 0,2M, para captura do $^{14}\text{CO}_2$ liberado pela atividade microbiana. O

conjunto fechado foi incubado em estufa à temperatura de 27°C, e o frasco de solução de KOH, trocado a cada 24h, durante 4 dias.

Três alíquotas de 1ml da solução de KOH de cada conjunto, nos tempos de 24, 48, 72 e 96h, foram distribuídas em frascos de cintilador e acrescidas do líquido cintilador: 4g de 2,5-difeniloxazole (PPO), 0,2g de 1,4-bis-(5-feniloxazolil)-benzeno (POPOP), 350ml de Renex, 700ml de tolueno e 450ml de metanol. O $^{14}\text{CO}_2$ liberado da fonte de carbono foi determinado pela contagem em cintilador de amostra líquida. O valor médio obtido pela contagem das três alíquotas foi ajustado para o volume total da solução de KOH (5ml).

3.5. Avaliação do efeito da adição de agroquímicos na atividade microbiana de solo

A avaliação do efeito da adição de agroquímicos na atividade microbiana dos solos seguiu o esquema da figura 4. Montou-se um sistema constituído de dois copos plásticos, de 500ml de capacidade, sobrepostos; o copo superior recebeu o solo e sua base foi retirada, permitindo assim, uma possível lixiviação do composto; a presença de um pedaço de gaze entre os dois copos impedia a queda do solo do copo superior.

Figura 4. Representação esquemática da metodologia utilizada para a avaliação do efeito da adição de agroquímicos na atividade microbiana de solo.

A cada sistema, num total de 24 vasos, distribuídos em 4 blocos de 6, adicionou-se 150g de um dos solos em estudo, reativado com água equivalente a 2/3 da capacidade máxima de retenção de água. Após uma semana de reativação, 1ml de solução aquosa de um dos agroquímicos foi adicionada a cada um dos vasos dos blocos, para obtenção das concentrações desejadas (item 3.2.); o bloco de vasos controle recebeu adição de igual volume de água.

Nos experimentos de laboratório. os vasos foram mantidos em estufa a 27°C, e a quantidade de água foi semanalmente reajustada.

Nos experimentos sob condições de campo, os vasos foram transferidos para uma área de 3 x 2,5m, mantidos sob condições climáticas naturais, sendo os dados de temperatura, precipitação, umidade relativa e insolação fornecidas pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo.

Em períodos posteriores à adição dos agroquímicos aos solos (tempos 0, 3, 7, 14, 21 e 28 dias), selecionou-se 1 vaso de cada tratamento. De cada vaso retiraram-se 10 amostras, equivalentes cada uma a 10g de solo seco, que foram dispostas em jarros de boca larga e tampa rosqueável (250ml de capacidade); cinco jarros continham 1ml da solução de glicose- ^{14}C , e cinco restantes, 1ml da solução de amido- ^{14}C . O $^{14}\text{CO}_2$ liberado pela atividade microbiana foi capturado nas armadilhas de KOH e medido por cintilometria líquida (item 3.4.2.).

3.6. Análise estatística dos resultados

Os dados obtidos pela captura do $^{14}\text{CO}_2$ liberado pela atividade microbiana foram convertidos em porcentagem, considerando-se a média do valor obtido no controle como 100%. A análise estatística desses dados foi efetuada utilizando-se análise de variância com delineamento fatorial (teste F). Utilizou-se o teste Dunnett bilateral para se constatar a existência de diferença entre as médias do tratamento; e o teste de Tukey para a comparação entre as médias dos experimentos realizados em laboratório e em campo.

4. RESULTADOS

4.1. Testes Preliminares

4.1.1. Determinação da capacidade máxima de retenção de água

Para o solo Gley Húmico, coletado no Campo Experimental do Instituto Biológico, a capacidade máxima de retenção foi de 6,8ml/10g de solo. O solo Latossolo Vermelho Escuro, do município de Aguas de Santa Bárbara, apresentou capacidade máxima de retenção de 4,3ml/10g de solo.

4.1.2. Determinação do tempo de incubação com a fonte de carbono

Os resultados são apresentados no gráfico da Figura 5. Um tempo de incubação de 24h das amostras de solo com a glicose- ^{14}C ou amido- ^{14}C , apresentou o pico máximo de liberação de $^{14}\text{CO}_2$, detectado durante as 96h. de observação, indicando um rápido metabolismo das fontes de carbono adicionadas ao solo Gley Húmico. Assumiu-se, em princípio, que o mesmo era válido para o solo Latossolo Vermelho Escuro.

Figura 5. Metabolismo das fontes de Carbono em solo Glav
Húmico

4.2. Avaliação do efeito da adição de agroquímicos na atividade microbiana dos solos estudados

4.2.1. Experimentos em Laboratório

4.2.1.1. Permetrina

A adição do inseticida permetrina não apresentou efeito inibidor na atividade respiratória da microbiota do solo Gley Húmico (Tabela 1). A concentração média de 2,5ppm, após a adição (3 dias), e de 0,5ppm, aos 21 dias da adição do composto, causaram um efeito estimulador.

No Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 2) observou-se também um efeito ativador, ocasionado pelas concentrações: 5ppm nos tempos 0, 3 e 14 dias; 2,5ppm aos 21 dias e 0,5ppm, logo após a aplicação do composto (tempo 0).

A permetrina exerceu efeito ativador no metabolismo amilolítico do solo Gley Húmico, na concentração de 5ppm após 21 dias da aplicação (Tabela 3).

No solo Latossolo Vermelho Escuro observou-se um efeito também ativador, ocasionado pela adição de 5ppm de permetrina, que se iniciou aos 7 dias de incubação, mantendo-se até os 28 dias. Observou-se ainda o mesmo tipo de efeito com a concentração mais baixa (0,5ppm), aos 28 dias de incubação (Tabela 4).

TABELA 1. Atividade respiratória do solo Gley Húmico após
adição de permetrina (ug de glicose mineralizada
a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	0,5	2,5	5
0	16,7	18,6	18,3	17,6
3	13,1	13,6	15,4*	14,4
7	19,4	21,3	20,7	19,4
14	14,8	15,1	15,1	15,2
21	13,0	15,9*	14,2	14,3
28	13,6	13,9	14,9	14,5

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância
do tratamento controle

TABELA 2. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de permetrina, (μg de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	0,5	2,5	5
0	24,6	29,2*	28,7	30,7*
3	19,3	20,8	19,3	23,5*
7	20,9	20,8	19,4	21,2
14	18,7	20,9	18,8	22,3*
21	16,7	18,6	20,7*	19,2
28	19,4	18,9	18,0	19,7

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle

TABELA 3. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico após
adição de permetrina, (μ g de amido mineralizado a
 $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	0,5	2,5	5
0	4,8	5,3	4,8	5,2
3	4,4	4,5	4,3	4,6
7	4,9	5,3	5,2	5,0
14	4,4	4,3	4,5	4,2
21	3,3	3,3	3,5	4,1*
28	3,8	3,9	3,5	4,2

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância
do tratamento controle

TABELA 4. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de permetrina (μg de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	0,5	2,5	5
0	4,6	4,6	4,4	4,7
3	5,3	5,4	5,6	5,9
7	4,8	4,8	4,4	6,0*
14	4,6	4,8	5,4	6,3*
21	4,1	4,6	4,4	5,1*
28	4,2	5,3*	4,3	5,0*

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle.

4.2.1.2. Glifosato

A adição do herbicida glifosato não influenciou a atividade respiratória do solo Gley Húmico (Tabela 5). Entretanto, o solo Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 6) aos 3 dias de incubação apresentou aumento significativo da atividade respiratória em todas as concentrações, efeito que desapareceu pelo resto do experimento. A concentração de 20 ppm apresentou efeito inibidor aos 28 dias de incubação.

A adição de glifosato também não ocasionou efeito na atividade amilolítica do solo Gley Húmico (Tabela 7). No solo Latossolo Vermelho Escuro (Tabela 8), em todas as concentrações adicionadas, observou-se um estímulo da atividade no tempo 0; este efeito não foi constatado nos tempos subsequentes.

TABELA 5. Atividade respiratória do solo Gley Húmico após
adição de glifosato, (μg de glicose mineralizada
a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle ^a	4	20	40
0	20,9	19,7	19,5	21,8
3	18,2	17,6	19,1	18,9
7	18,1	18,1	17,8	17,9
14	19,0	18,5	19,7	19,3
21	18,4	17,9	17,2	17,9
28	15,0	15,5	15,5	16,3

TABELA 6. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de glifosato, (μg de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	4	20	40
0	24,6	25,4	27,8	26,8
3	19,3	23,4*	24,8*	25,5*
7	20,9	19,9	19,8	21,7
14	18,7	16,8	19,7	18,9
21	16,7	17,3	17,7	17,4
28	19,4	18,0	15,5*	17,2

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle.

TABELA 7. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico após
adição de glifosato, (ug de amido mineralizado a
 $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	4	20	40
0	4,5	4,5	4,6	4,3
3	4,8	4,7	4,7	4,7
7	4,7	4,6	4,9	4,4
14	4,6	4,6	4,5	4,9
21	4,6	4,8	4,7	5,0
28	4,9	4,6	4,5	4,5

TABELA 8. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de glifosato (μg de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	4	20	40
0	4,0	4,9*	4,9*	5,0*
3	5,4	5,6	5,6	5,1
7	4,8	4,5	4,4	4,4
14	4,6	4,7	4,9	4,8
21	4,7	3,9	4,2	4,3
28	4,2	4,3	4,3	4,4

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle

4.2.1.3. Mancozeb

O fungicida mancozeb, quando adicionado nas doses de 50 e 100ppm ao solo Gley Húmico ocasionou ativação no tempo zero, a qual não persistiu. Aos 21 dias foi verificada existência de efeito inibidor, provocado pela dose de 50ppm, que não foi detectado na coleta seguinte (Tabela 9).

Entretanto, quando da adição deste composto ao solo Latossolo Vermelho Escuro, detectou-se ativação ocasionada pelas doses de 50 e 100ppm, efeito persistente até o tempo de 28 dias. A dose de 10ppm somente apresentou este efeito, quando da realização da última coleta (28 dias) (Tabela 10).

Quanto à atividade amilolítica, todas as concentrações de mancozeb aplicadas ao solo Gley Húmico, causaram efeito ativador no tempo 0. Para as doses de 50 e 100ppm o efeito persistiu até o tempo de 3 dias de incubação do mancozeb no solo, não sendo porém detectado posteriormente (Tabela 11).

No Latossolo Vermelho Escuro a dose de 50 e 100ppm determinaram inibição da atividade amilolítica, que não persistiu ao longo do período de incubação do fungicida no solo (Tabela 12).

TABELA 9. Atividade respiratória do solo Gley Húmico após
adição de mancozeb, (μg de glicose mineralizada
a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	19,2	20,2	22,3*	25,1*
3	17,9	18,4	19,2	18,3
7	16,0	17,0	17,2	18,1
14	17,0	16,5	17,6	16,4
21	18,2	17,5	15,5*	16,1
28	16,6	17,8	17,1	17,7

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância
do tratamento controle

TABELA 10. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb, (μg de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	22,3	25,4	25,9	22,1
3	23,1	23,4	27,6*	29,4*
7	21,1	23,5	27,1*	27,7*
14	18,8	21,7	23,4*	25,1*
21	18,8	20,6	23,9*	27,2*
28	17,0	21,0*	23,8*	23,4*

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle

TABELA 11. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico após
adição de mancozeb (ug de amido mineralizado a
 $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	4,7	5,4*	6,0*	5,2*
3	4,3	4,4	4,9*	5,1*
7	4,6	4,1	4,5	4,6
14	5,2	4,9	5,1	4,9
21	4,9	4,9	5,1	4,9
28	5,5	5,2	4,9	5,1

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância
do tratamento controle

TABELA 12. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb (ug de amido mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de laboratório)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	4,5	4,7	3,7*	3,1*
3	5,3	4,9	3,9*	3,8*
7	4,4	5,4	4,1	5,0
14	4,7	4,3	4,3	3,8*
21	4,8	4,8	5,0	4,8
28	4,7	4,7	4,4	4,5

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle

4.2.2. Experimentos em Campo

Para analisar a existência de correlação entre dados de laboratório e campo, procedeu-se a experimento em condições de campo com o fungicida mancozeb. Este agrotóxico foi escolhido por ser utilizado para atuar em segmento específico da microbiota do solo.

Quando os vasos, contendo solo Gley Húmico, acrescidos de fungicida mancozeb foram mantidos em condições climáticas naturais (período de julho/agosto de 1990, temperatura média $13,8^{\circ}\text{C} \pm 3,1$; precipitação $3,1\text{mm} \pm 5,5$; umidade relativa $80,2\% \pm 15,1$; insolação $4,8\text{h} \pm 3,4$), observou-se aumento na atividade respiratória de todas as doses, efeito que se iniciou após 3 dias da adição de mancozeb. Este efeito foi variável ao longo do período de análise, para, aos 28 dias, tornar-se novamente presente em todas as doses (Tabela 13).

A adição do mancozeb ao Latossolo Vermelho Escuro, em condições de campo (período de outubro/novembro de 1990; temperatura média $20,6^{\circ}\text{C} \pm 3,2$; precipitação $4,6\text{mm} \pm 8,1$; umidade relativa $80,8\% \pm 9,9$; insolação $5,0\text{h} \pm 3,7$), apresentou também flutuações na atividade respiratória, iniciando-se com um efeito inibidor, ocasionado pela adição de 10 ppm no tempo 0. Essa inibição não foi constatada nas observações seguintes. Ocorreu um aumento na atividade respiratória pelas concentrações de 10 , 50 e 100ppm nas amostras

incubadas com o mancozeb até o tempo de 14 dias de incubação (Tabela 14).

Em experimentos conduzidos em campo, o fungicida mancozeb não influenciou a atividade amilolítica do solo Gley Húmico (Tabela 15).

No solo Latossolo Vermelho Escuro, a presença do fungicida na dose de 10ppm provocou aumento da atividade amilolítica, aos 3 dias de incubação, efeito que não foi mais detectado posteriormente. A dose de 50ppm ocasionou inibição, logo após adição do composto (tempo 0), seguida de uma ativação (tempo 3), que desapareceu durante o resto do experimento. Quando da adição de 100ppm deste agrotóxico, uma inibição da atividade amilolítica foi observada aos 7 dias, não sendo mais observada nas análises subsequentes (Tabela 16).

TABELA 13. Atividade respiratória do solo Gley Húmico após
adição de mancozeb (ug de glicose mineralizada
a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - em experimentos de campo).

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	27,1	28,5	29,8	30,1
3	22,3	25,9*	31,3*	31,6*
7	23,7	26,5	25,9	27,0
14	23,4	27,0*	26,2	28,8*
21	21,2	21,2	24,1*	25,2*
28	19,0	22,8*	22,5*	24,7*

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância
do tratamento controle.

TABELA 14. Atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb (ug de glicose mineralizada a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - em experimentos de campo).

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	20,6	16,3*	18,8	19,3
3	19,6	20,8	23,7*	25,0*
7	22,0	26,6*	25,2*	25,3*
14	21,0	23,3*	22,6	23,3*
21	22,0	21,0	21,2	22,2
28	21,8	23,5	22,7	24,3*

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento controle.

TABELA 15. Atividade amilolítica do solo Gley Húmico após
adição de mancozeb (ug de amido mineralizado a
 $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	4,9	4,8	4,7	4,9
3	4,8	4,9	4,5	4,9
7	5,4	5,0	5,5	4,9
14	5,3	5,4	5,6	6,6
21	5,5	4,9	5,4	5,9
28	4,2	3,8	4,0	4,4

TABELA 16. Atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após adição de mancozeb (ug de amido mineralizado a $^{14}\text{CO}_2/\text{g}$ de solo - experimentos de campo)

Dias	Tratamento (ppm)			
	Controle	10	50	100
0	3,7	3,7	2,8*	3,0
3	3,4	4,3*	4,0*	3,5
7	3,4	3,3	3,3	2,4*
14	3,4	3,3	3,9	3,7
21	3,4	3,7	3,7	3,9
28	3,0	3,2	3,3	3,3

* = Tratamentos que diferem ao nível de 5% de significância do tratamento-controle.

Ao comparar-se os dados obtidos pela adição do fungicida mancozeb na atividade respiratória do solo Gley Múmico em laboratório e em campo, observou-se que não houve diferença significativa de comportamento ao nível de 5%, nas seguintes condições: a)- ausência de efeito em ambos os experimentos; b)- efeito ativador detectado com a dose de 50 ppm no tempo 0 em laboratório; c)- efeito ativador pela dose de 10 ppm aos 28 dias de incubação em campo (Tabela 17).

Para as demais situações a comparação de dados de laboratório e de campo mostrou resultados significativamente diferentes (Tabela 18).

No Latossolo Vermelho Escuro, não houve diferença entre os resultados da atividade respiratória nos experimentos de campo e de laboratório, quando não foi constatado efeito inibidor ou ativador. Isto também ocorreu em certas situações de ativação, como nas doses de 10ppm (tempo 7 e 14), na dose de 50 ppm (tempo 3) e na dose de 100ppm (tempo 3 e 7) (Tabela 19).

Neste solo não ocorreu analogia entre os efeitos detectados nos experimentos de campo e de laboratório, conforme demonstrado pela análise estatística destes dados (Tabela 20).

TABELA 17. Atividade respiratória (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	0	105,2	105,2
10	7	106,4	111,7
10	21	95,9	100,2
10	28	107,0	120,0 'A'
50	0	116,3 'A'	109,9
50	7	107,5	109,2
50	14	103,6	112,1
100	7	112,9	104,3

'A' = efeito ativador

'**' = controle igual a 100%

TABELA 18. Atividade respiratória (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	3	102,7	116,0 (A)
10	14	96,8	115,3 (A)
50	3	107,1	140,3 (A)
50	21	85,3 (I)	113,5 (A)
50	28	102,9	118,4 (A)
100	0	130,5 (A)	111,2
100	3	102,5	141,5 (A)
100	14	96,6	123,2 (A)
100	21	88,3	119,0 (A)
100	28	106,8	130,1 (A)

(A) = efeito ativador

(I) = efeito inibidor

(*) = controle igual a 100%

TABELA 19. Atividade respiratória (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	3	101,2	106,3
10	7	111,5	120,9 (a)
10	14	115,6	110,9 (a)
10	21	109,4	96,0
50	0	115,7	91,8
50	3	119,5 (a)	120,9 (a)
100	0	99,2	93,4
100	3	127,3 (a)	127,4 (a)
100	7	131,1 (a)	115,1 (a)

(a) = efeito ativador

(*) = controle igual a 100%

TABELA 20. Atividade respiratória (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	0	113,9	79,2 (I)
10	28	123,4 (A)	107,7
50	7	128,6 (A)	114,7 (A)
50	14	124,5 (A)	107,5
50	21	127,1 (A)	96,4
50	28	139,8 (A)	104,0
100	14	133,4 (A)	111,0 (A)
100	21	144,6 (A)	100,8
100	28	137,6 (A)	111,5 (A)

(A) = efeito ativador

(I) = efeito inibidor

(*) = controle igual a 100%

A comparação entre os dados da atividade amilolítica do solo Gley Húmico após adição de mancozeb em experimentos de laboratório e em campo, demonstrou a existência de diferença significativa, ao nível de 5%, nos casos em que ocorreu um efeito ativador, com exceção da dose de 100 ppm no tempo zero. Embora em certas doses e tempos de incubação não fosse observado efeito em relação a seus respectivos controles, quando os dados de campo e laboratório foram comparados, entre si, a análise desses resultados mostrou que eles diferiam significativamente (doses de 50 e 100 ppm no tempo 14) (Tabelas 21 e 22) .

A atividade amilolítica do solo Latossolo Vermelho Escuro após a adição de mancozeb em experimentos de laboratório e em campo, não apresentou diferenças significativas nos resultados correspondentes às concentrações de 10 ppm nos tempos de incubação de 0, 14, 21 e 28 dias, e nas doses de 50 e 100 ppm, nos tempos de incubação 21 e 0, respectivamente (Tabela 23). Por outro lado, houve diferenças nos resultados obtidos em experimentos de laboratório e em campo, para os demais tempos de incubação das doses de 10, 50 e 100 ppm (Tabela 24).

TABELA 21. Atividade amilolítica (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	3	103,3	102,5
10	7	89,1	92,3
10	14	95,0	102,4
10	21	100,0	88,5
10	28	95,3	91,5
50	7	97,3	101,6
50	21	104,6	98,3
50	28	88,4	92,7
100	0	110,8 (a)	100,0
100	7	100,8	90,9
100	21	100,0	107,3
100	28	93,5	105,2

(a) = efeito ativador

(*) = controle igual a 100%

TABELA 22. Atividade amilolítica (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Gley Húmico, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	0	115,4 (A)	97,4
50	0	127,4 (A)	96,9
50	3	114,5 (A)	94,3
50	14	91,0	106,3
100	3	118,8 (A)	103,1
100	14	99,8	124,9

(A) = efeito ativador

(*) = controle igual a 100%

TABELA 23. Atividade amilolítica (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que não diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	0	105,0	99,2
10	14	93,1	96,5
10	21	99,4	107,5
10	28	99,5	106,7
50	21	103,4	110,4
100	0	68,6 (*)	81,7

(*) = efeito inibidor

(**) = controle igual a 100%

TABELA 24. Atividade amilolítica (% $^{14}\text{CO}_2$) do solo Latossolo Vermelho Escuro, após adição de mancozeb, em dados que diferiram em experimentos de campo e de laboratório.

Tratamento (ppm)	Dias	Porcentagem*	
		laboratório	campo
10	3	92,7	127,9 (A)
10	7	111,5	98,5
50	0	82,0 (I)	74,8 (I)
50	3	74,2 (I)	119,0 (A)
50	7	84,8	97,9
50	14	92,2	115,5
50	28	93,5	110,0
100	3	72,4 (I)	103,6
100	7	104,9	71,0 (I)
100	14	80,6 (I)	108,8
100	21	100,6	113,3
100	28	96,2	110,5

(A) = efeito ativador

(I) = efeito inibidor

(*) = controle igual a 100%

A comparação entre os dados de laboratório e de condições de campo, ao final do tempo de incubação do mancozeb nos dois solos (28 dias), mostrou uma similaridade de resultados, pela ausência de efeito inibidor na atividade respiratória em consequência da adição do fungicida. O mesmo fenômeno foi observado quanto a atividade amilolítica: ausência de efeito inibidor nos dois solos na comparação de dados de experimentos de laboratório e em condições de campo.

5. DISCUSSÃO

A adição dos agroquímicos permetrina, glifosato e mancozeb aos solos aqui ensaiados não acarretou efeito relevante na microbiota, seja ele inibidor ou ativador.

Segundo vários autores (TU, 1978 e 1980; STRATTON e CORKE, 1982; INGLESFIELD, 1989) o inseticida permetrina não ocasiona efeito deletério nos microrganismos de solo. Os resultados aqui obtidos são coincidentes com os encontrados na literatura, pois nenhum efeito inibidor, e portanto deletério, foi constatado.

Entretanto, a adição deste composto provocou no solo Latossolo Vermelho Escuro aumento significativo da atividade amilolítica pela adição de 5ppm, dose esta 10 vezes acima da recomendada para campo. Segundo LORD et alli (1982) a adsorção da permetrina ao solo seria diretamente proporcional ao teor de matéria orgânica. No Latossolo Vermelho Escuro com menor teor de matéria orgânica, a permetrina seria menos adsorvida e, portanto, mais disponível. Assim, como consequência desta disponibilidade, a permetrina poderia influenciar determinadas secções da comunidade microbiana, ocasionando uma alteração na distribuição da comunidade microbiana do

solo, sendo os microrganismos amilolíticos favorecidos por esta alteração.

O herbicida glifosato também não apresentou efeito inibidor ou ativador quando aplicado ao solo Gley Húmico, provavelmente devido ao alto teor de argila e matéria orgânica e alto valor de CTC deste solo, ambos responsáveis por maior adsorção do composto (SPRANKLE et alli, 1975). Estes dois fatores resultariam numa menor disponibilidade do glifosato. Assim sendo, a interação entre composto e microbiota ocorreria de acordo com a dessorção gradual sofrida pelo agroquímico, de modo a não ocasionar variações detectáveis na comunidade microbiana.

Entretanto, no solo Latossolo Vermelho Escuro, que apresenta menor teor de argila, matéria orgânica e valor de CTC mais baixo, observou-se um aumento da atividade, tanto respiratória (tempo 3), quanto amilolítica (tempo 0), que não mais se repetiu no decorrer do experimento. A disponibilidade do composto poderia ter permitido a utilização deste como fonte de carbono, fósforo e/ou nitrogênio por determinados microrganismos do solo. E, a rapidez com que a ativação ocorreu e não persistiu, poderia ser uma consequência da meia-vida curta apresentada pelo composto (de 3 a 25 dias conforme o tipo de solo) (MOSHIER & PENNER, 1978).

CARLISLE & TREVORS (1986) observaram que a adição do glifosato, puro ou formulado a um solo barro-arenoso, ocasionava aumento da liberação de CO_2

somente nos três primeiros dias de incubação, dados estes concordantes com os obtidos aqui.

Segundo WAEDLE & PARKINSON, (1990), efeitos estimulatórios da aplicação do glifosato em solo "Chernozem" só foram observados em doses de 20ug/g e 200ug/g. No presente experimento todas as doses utilizadas ocasionaram efeito ativador, inclusive a dose superior (40ug/g), a qual seria 10 vezes maior que aquela recomendada para o campo. Ainda, segundo estes autores, a dissipação do herbicida no ambiente edáfico não é homogênea, formando pontos de alta densidade do composto, nos quais o agroquímico, em virtude deste acúmulo, poderia exercer algum efeito sobre os microrganismos. Contudo, para DAVIES & GREAVES (1981) e WAEDLE & PARKINSON (1990), estes efeitos poderiam ser desprezíveis, se comparados às variações ocasionadas por outros fatores do sistema edáfico, fatores estes responsáveis por flutuações das atividades microbianas.

O efeito da ação do fungicida mancozeb foi diferenciado nos dois solos estudados.

O solo contendo maior teor de matéria orgânica (Gley Húmico), em experimento conduzido em laboratório, em condições controladas, apresentou efeito ativador temporário da taxa respiratória após a adição do mancozeb (tempo 0), tempo este que reflete as primeiras 24h de incubação. MITTERER et alli (1981) observaram aumento na

liberação de CO_2 após uma única aplicação de mancozeb, atribuindo este efeito a um choque causado pelo composto.

Quando o mesmo experimento com o solo Gley Húmico foi montado em condições de campo, observou-se aumento da atividade respiratória em todas as doses, o que persistiu durante os 28 dias de experimento. Este efeito poderia ter sido ocasionado por uma degradação mais rápida do composto, provocada por fatores climáticos (umidade, luz, etc.), aos quais o solo esteve exposto. Nesta degradação, metabólitos com meia-vida curta, como a etilenotioréia, poderiam ter sido utilizados por microrganismos (KAUFMAN & FLETCHER, 1973; RHODES, 1977).

A atividade amilolítica no solo Gley Húmico, em experimentos de laboratório, foi similar à atividade respiratória, apresentando ativação somente no tempo 0.

No experimento de campo, a atividade amilolítica não foi alterada pela adição do fungicida. Este fato poderia ser consequência de ausência de toxicidade do composto neste segmento da microbiota, aliada à incapacidade de utilizá-lo como fonte energética.

O aumento observado na atividade respiratória do solo Latossolo Vermelho Escuro em condições de laboratório poderia ser explicado pelo fato de que, sendo o mancozeb um fungicida, a sua introdução neste sistema edáfico teria ocasionado redução da população fúngica,

favorecendo a população bacteriana, que aproveitaria o mancozeb como fonte de energia para o seu desenvolvimento.

Segundo DONECHE et alli (1983) a degradação do mancozeb seria influenciada pelo conteúdo de argila do solo. Maior teor de argila ocasionaria maior estabilidade do composto e, conseqüentemente, menor disponibilidade. A disponibilidade do mancozeb no solo Latossolo Vermelho Escuro, com menor concentração de argila, teria favorecido a degradação do agroquímico e, assim, os metabólitos formados estariam disponíveis mais cedo no solo Latossolo Vermelho Escuro, para serem utilizados como fonte energética por determinados microrganismos nele existentes.

Em relação ao efeito na atividade amilolítica, a inibição inicial provocada pela adição do mancozeb, em laboratório, não persistiu, provavelmente por uma recuperação da microbiota amilolítica existente. Em campo, a tendência inibitória da atividade amilolítica comprovada no experimento em laboratório não foi observada, com exceção da dose mais alta, que apresentou uma leve inibição aos 7 dias de incubação e, não persistiu.

Da mesma forma, quando o experimento foi montado em campo, a degradação do fungicida e de seus metabólitos pode ter sido acelerada pela presença de outros fatores climáticos. A estabilidade dos etilenobisditiocarbamatos é influenciada por fatores abióticos como luz, temperatura e umidade (RHODES, 1977). Embora as temperaturas médias em campo tenham sido menores (14°C quando foram

realizados os experimentos com solo Gley Húmico, e 20°C na realização dos experimentos com solo Latossolo Vermelho Escuro) comparadas com a temperatura dos experimentos realizados em laboratório (27°C), outros fatores como a umidade relativa e a presença de luz poderiam ter acelerado a degradação do mancozeb em campo. Assim sendo, a disponibilidade do composto e a sua degradação poderiam ter favorecido a microbiota de uma forma geral.

Segundo vários autores, (JOHNEN & DREW, 1977; DIATLOFF, 1986; SCHUSTER & SCHRODER, 1990a,b), os dados obtidos em laboratório, nem sempre refletem os de campo. Para JOHNEN & DREW (1977), contudo, os efeitos seriam mais acentuados em experimentos de campo. No entanto, segundo SCHUSTER & SCHRODER (1990a,b) uma perfeita transferência entre os dados de laboratório e os de campo não seria possível, pelo fato dos efeitos colaterais destes compostos serem diretamente influenciados pelos fatores ambientais.

A análise dos resultados, aqui obtidos, não possibilitou a determinação de uma correlação entre os experimentos de laboratório e os de campo, fato este mais concordante com SCHUSTER & SCHRODER (1990a,b). Deve se salientar entretanto que, nos resultados aqui relatados, procedeu-se apenas à transferência do experimento para as condições de campo.

Ocorre ainda que, no campo, estes produtos não são em geral aplicados individualmente, e a

combinação dos mesmos poderia ocasionar efeitos indesejáveis. Em experimentos realizados com dois tipos de solo (Podzólico Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho) a adição simultânea dos agroquímicos trifluralin, pentacloronitrobenzeno e metalaxil/mancozeb em doses elevadas de 1 e 10mg/g de solo, ocasionaram um alto efeito inibidor da atividade respiratória microbiana (OSTIZ & MUSUMECI, 1989).

Segundo HELWEG, (1986) a combinação destes três compostos (permetrina, glifosato e mancozeb) com outros agroquímicos, fato frequente em agricultura, poderia ocasionar uma ligeira inibição, quando os agroquímicos são aplicados em concentrações normais.

Nos experimentos aqui realizados, com aplicações individuais, nenhum efeito inibidor persistente foi observado, ainda que utilizadas doses dez vezes superiores às recomendadas para os produtos. Doses estas, que refletiriam os locais de concentrações dos compostos, pela ausência de distribuição homogênea dos agroquímicos nas aplicações agrícolas.

Entretanto, os dados obtidos indicam que, independentemente do tipo de efeito verificado em consequência da aplicação de permetrina, glifosato ou mancozeb, existiria rápida recuperação da microbiota dos dois solos.

6 - CONCLUSÃO

Os resultados indicaram que os agroquímicos PERMETRINA (inseticida), GLIFOSATO (herbicida) e MANCOZEB (fungicida) adicionados isoladamente aos solos Gley Húmico e Latossolo Vermelho Escuro (em laboratório e/ou no campo) não alteraram a microbiota dos solos, em relação a sua atividade respiratória e amilolítica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEXANDER, M. Biochemical ecology of soil microorganisms.
Annual Review of Microbiology, Palo Alto, 18:217-52, 1964.
- ALEXANDER, M. *Introduction to soil microbiology*. 2. ed.
New York, John Willy, 1976 ou 1977. 467p.
- ANDERSON, J.P.E. Herbicide degradation in soil: influence
of microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*,
Oxford, 16(5): 483-9, 1984.
- ANDERSON, J.P.E.; ARMSTRONG, R.A.; SMITH, S.N. Methods
to evaluate pesticide damage to the biomass of the soil
microflora. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford,
15:149-53, 1981.
- ANUARIO ESTATISTICO DO BRASIL - 1989, Rio de Janeiro, 49:
298, 1989.
- BARTHA, R. & PRAMER, D. Features of a flask and methods
for measuring the persistence and biological effects of

pesticides in soil. *Soil Science*, Baltimore, 100(1):
68-70, 1965.

BELLINCK, C. & MAYAUDON, J. Influence du phenmedipham et
dérivés sur l'activité biologique et le nombre de
microorganismes des sols frais. *Revue D'écologie et de
Biologie du Sol*, Paris, 15(4):435-44, 1978.

BELLINCK, C. & MAYAUDON, J. Minéralisation du phenmedipham
et dérivés par *Trichoderma viride*. Immobilisation des
résidus ^{14}C . Effets sur l'activité biologique et le
nombre de germes. *Revue D'écologie et de Biologie du Sol*,
Paris, 16(1): 11-7, 1979.

BRADY, N.C. *The nature and properties of soils*. 8. ed.
New York, MacMillan, 1974. 639p.

CALUMPANG, S.M.F.; BARREDO, M.J.V.; ROXAS, N.P.;
MAGALLONA, E.D. In: FINAL RESEARCH CO-ORDINATION
MEETING ORGANIZED BY THE JOINT FAO/IAEA DIVISION OF
NUCLEAR TECHNIQUES IN FOOD AND AGRICULTURE, Turquie,
1989. *Radiotracer studies of fungicide residues in food
plants proceeding*, Vienna, IAEA, 1989. P.105-6.

CARLISLE, S.M. & TREVORS, J.T. Effect of the herbicide
glyphosate on the respiration and hydrogen consumption in

soil. *Water, Air and Soil Pollution*, Dordrecht, 27(2/3): 391-401, 1986.

CHAKRAVARTY, P. & CHATARPAUL, L. Non-target effect of herbicides: effect of glyphosate and hexazinone on soil microbial activity, microbial population, and in-vitro growth of ectomycorrhizal fungi. *Pesticide Science*, London, 28(3): 233-41, 1990.

CHAPMAN, R.A.; TU, C.M.; HARRIS, C.R.; COLE, C. Persistence of five pyrethroid insecticides in sterile and natural, mineral and organic soil. *Bulletin of the Environmental and Contamination Toxicology*, London, 26: 513-9, 1981.

CRAWFORD, D.L.; CRAWFORD, R.L.; FOMETO III, A.L. Preparation of specifically labeled ^{14}C -(lignin)-and ^{14}C -(cellulose)-lignocelluloses and their decomposition by the microflora of soil. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 33(6): 1247-51, 1977.

DAVIES, H.A. & GREAVES, M. Effects of some herbicides on soil enzyme activities. *Weed Research*, Oxford, 21(5): 205-9, 1981.

De ANDREA, M.M.; LORD, K.A.; BROMILOW, R.H.; RUEGG, E.F. Degradation of parathion by soil kept moist with

and without repeated applications. *Environmental Pollution. Series A*, Essex, 27: 167-77, 1982.

DIATLOFF, A. Compatibility of systemic and non-systemic fungicides with *Rhizobium japonicum* applied to soybean seed. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 18: 121-2, 1986.

DONECHE, B.; SEGUIN, G.; RIBEREAU-GAYON, P. Mancozeb effect on soil microorganisms and its degradation in soils. *Soil Science*, Baltimore, 135(6): 361-6, 1983.

DOYLE, R.C.; KAUFMAN, D.D.; BURT, G.W.; DOUGLAS, L. Degradation of cis-permethrin in soil amended with sewage sludge or dairy manure. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 29(2): 412-4, 1981.

FREITAS, J.R.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; VOSE, P.B.; RUSCHEL, A.P. Estimativa da atividade da microflora heterotrófica em solo terra roxa estruturada usando respirometria com glicose- ^{14}C . *Energia Nuclear na Agricultura*, Piracicaba, 1(2): 123-30, 1979.

GOMEZ, M.A. & SAGARDOY, M.A. Influencia del herbicida glifosato sobre la microflora y mesoflora de un suelo arenoso de la región semiárida. *Revista Latino-Americana de Microbiología*, México, 27(4): 351-7, 1985b.

GOMEZ, M.A. & SAGARDOY, M.A. Efecto del glifosato sobre bacteria aerobicas que colonizan un suelo arenoso.

Anales de Edafologia y Agrobiologia, Madrid, 44(1/2): 119-30, 1985a.

GUNNER, H.B. & ZUCKERMAN, B.M. Degradation of diazinon by synergistic microbial action. *Nature*, London, 217: 1183-4, 1968.

HEINONEN-TANSKI, H.; ROSEMBERG, C.; SILTANEN, H.; KILPI, S.; SIMOJOKI, P. The effect of the annual use of some pesticides on soil microorganisms, pesticide residues in soil and barley yields. *Pesticide Science*, London, 16(4): 341-8, 1985.

HEINOMEN-TANSKI, H.; SILTANEN, H.; KILPI, S.; SIMOJOKI, P.; ROSEMBERG, C.; MAKINEN, S. The effect of the annual use of some pesticides on soil microorganisms, pesticide residues in soil and carrot yields. *Pesticide Science*, London, 17(2): 135-42, 1986.

HELWEG, A. Side-effects caused by pesticide combinations. In: FEMS SYMPOSIUM, 33, Copenhagen, 1985. *Microbial communities in soil*. Denmark, Elsevier Applied Science Publishers. London, 1986, p.385-93.

- HILL, I.R. & WRIGHT, S.J.H. The behavior and the fate of pesticides in microbial environmental. In: Hill, I.R., ed *Pesticide Microbiology: microbiological aspects of pesticide behaviour in the environment*, New York, Academic Press, 1978. p. 79-136.
- INGLESFIELD, C. Pyrethroids and terrestrial non-target organisms. *Pesticide Science*, London, 27: 387-428, 1989.
- JOHNEN, B.G. & DREW, E.A. Ecological effects of pesticides on soil microorganisms. *Soil Science*, Baltimore, 123(5): 319-24, 1977.
- KAUFMAN, D.D. & FLETCHER, C.L. Degradation of ethylenethiourea in soil. In: 165th NATIONAL MEETING AMER. CHEM.SOC.DIV. OF PESTICIDE 1., Dallas, 1973. *Abstracts*, USA, ACS, 1973.
- LORD, K.A.; MCKINLEY, M.; WALKER, N. Degradation of pemethrin in soils. *Environmental Pollution. Series A*, Essex, 29: 81-90, 1982.
- LOSS, M.A.; KONTSON. A.; KEARNEY, P.C. Inexpensive soil flask for ¹⁴C-pesticide degradation studies. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 12: 583-5, 1980.

- MacRAE, I.C. & ALEXANDER, M. Microbial degradation of selected herbicides in soil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 13(1): 72-6, 1965.
- MALONEY, S.E.; MAULE, A.; SMITH, A.R.W. Microbial transformation of the pyrethroid insecticides: permethrin, deltamethrin, fastac, fenclerate, and fluvalinate. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 54(11):2874-6, 1988.
- MATSUMURA, F. Degradation of pesticides in the environment by microorganisms and sunlight. In: MATSUMURA, F. & KRISHNA MURTI, C.R., ed. *Biodegradation of pesticides*. New York, Plenum Press, 1982. cap.3, p.67-87.
- MAYAUDON, J. Use of radiorespirometry in soil microbiology and biochemistry. In: McLAREN, A.D. & SKUGINS, J.J. *Soil biochemistry*. New York, Marcel Dekker, 1971. v. 2, p.202-56.
- MAYAUDON, J. & SIMONART, P. Etude de la decomposition de la matiere organique dans le sol au moyen de carbone radioactif. II Decomposition du glucose radioactif dans le sol. A. Répartition de la radioactivité dans les fractions humiques du sol. *Plant and Soil*, Dordrecht, 9(4): 376-80, 1958.

- MAYAUDON, J. & SIMONART, P. étude de la decomposition de la matiere organique dans le sol au moyen de carbone radioactif. V Décomposition de cellulose et lignine. *Plant and Soil*, Dordrecht, 11(2): 181-92, 1959.
- MEKWATANAKARN, P. & SIVASITHAMPARAM, K. Effect of certain herbicides on soil microbial populations and their influence on saprophytic growth in soil and pathogenicity of take-all fungus. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, 5(2):175-80, 1987.
- MITTERER, M.; BAYER, H.; SCHINNER, F. The influence of fungicides on microbial activity in soil. *Zeitschrift fur Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, Weinheim, 144(5): 463-71, 1981.
- MOORE, J.K.; BRAYMER, H.D.; LARSON, A.D. Isolation of a *Pseudomonas* sp which utilizes thephosphonate herbicide Glyphosate. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 46(2): 316-20, 1983.
- MOSHIER, L.J. & PENNER, D. Factors influencing microbial degradation of ^{14}C -glyphosate to $^{14}\text{CO}_2$ in soil. *Weed Science*, Champaign, 26(6): 686-91, 1978.
- MUNNECKE, D.M. & HSIEH, D.P.H. Pathways of microbial metabolism of parathion. *Applied and Environmental*

Microbiology, Washington, 31(1): 63-9, 1976.

MUSUMECI, M.R. & RUEGG, E.F. Influência dos fungicidas carbendazim e metalaxyl na atividade biológica de solos. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 36(4): 618-21, 1984.

NOMURA, N.S. & HILTON, H.W. The adsoption and degradation of glyphosate in five Hawaiiin sugarcane soils. *Weed Research*. Oxford, 17(2): 113-21, 1977.

OSTIZ, S.B. & MUSUMECI M.R. Efeito de agrotóxicos na atividade biológica de dois solos, em experimentos de laboratório. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, 24(1): 19-25, 1989.

PIPKE, R. & AMRHEIN, N. Isolation and characterization of a mutant of *Arthrobacter* sp strain GLP-1 which utilizes the herbicide Glyphosate as its sole souce of phosphorus and nitrogen. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 54(11): 2868-70, 1988.

QUINN, J.P.; PEDEN, J.M.M.; DICK, R.E. Glyphosate tolerance and utilization by the microflora of soils treated with the herbicide. *Applied Microbiology and Biotechnology*, Heidelberg, 29(5): 511-6, 1988.

RAMANUJAM, T.; BELLINCK, C.; MAYAUDON, J. Effet des

herbicides sur la décomposition de la cellulose ^{14}C et de la paille ^{14}C dans les sols. Influence des phényl carbamates sur l'activité biologique. *Revue D'écologie et de Biologie du Sol*, Paris, 16(2): 151-9, 1979.

RHODES, R.C. Studies with Manganese (^{14}C) Ethylenebis-(dithiocarbamate) ((^{14}C)Maneb) fungicide and (^{14}C)Ethylenethiourea ((^{14}C)ETU) in plants, soil, and water. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 25(3): 528-33, 1977.

ROSLYCKY, E.B. Glyphosate and the response of the soil microbiota. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 14(2): 87-92, 1982.

RUEPPEL, M.L.; BRIGHTWELL, B.B.; SCHAEFER, J.; MARVEL, J.T. Metabolism and degradation of glyphosate in soil and water. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 25(3): 517-28, 1977.

SCHUSTER, E. & SCHRODER, D. Side-effects of sequentially-applied pesticides on non-target microorganisms: fields experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 22(3): 367-73, 1990a.

SCHUSTER, E. & SCHRODER, D. Side-effects of sequentially- and simultaneously-applied pesticides on non-target

- microorganisms: laboratory experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 22(3): 375-83, 1990b.
- SLATER, G.C.; GELLER, E. & YUWILER, A. Intrascintillation vial reaction tube. *Analytical Chemistry*, p.1888, 1964.
- SPAIN, J.C. & VAN VELD, P.A. Adaptation of natural microbial communities to degradation of xenobiotics compounds: effects of concentration, exposure time, inoculum, and chemical structure. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, 45(2):428-35, 1983.
- SPLANKLE, P.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in soil. *Weed Science*, Champaign, 23(3): 229-34, 1975.
- STRATON, G.W. & CORKE, C.T. Comparative fungitoxicity of the insecticide permethrin and ten degradation products. *Pesticide Science*, London, 13: 679-85, 1982.
- TU, C.M. Effect of pesticides on acetylene reduction and microorganisms in a sandy loam. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, 10(6): 451-6, 1978.
- TU, C.M. Influence of pesticides and some of the oxidized analogues on microbial populations, nitrification and

respiration activities in soil. *Bulletin of the Environmental and Contamination Toxicology*, London, 24(1): 13-9, 1980.

WARDLE, D.A. & PARKINSON, D. Influence of the herbicide glyphosate on soil microbial community structure *Plant and Soil*, Dordrecht, 122(1): 29-37, 1990.

WILLIAMS, I.H. & BROWN, M.J. Persistence of permethrin and WL 43775 in soil. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, Washington, 27(1): 130-2, 1979.