

SEÇÃO IX - POLUIÇÃO DO SOLO E QUALIDADE AMBIENTAL

PERSISTÊNCIA DO FUNGICIDA TRIADIMENOL EM SOLOS⁽¹⁾

M. A. ALBUQUERQUE⁽²⁾, C. E. R. SCHAEFER⁽³⁾,
E. G. LOURES⁽⁴⁾ & L. ZAMBOLIM⁽⁵⁾

RESUMO

O grau de persistência do fungicida triadimenol, que é utilizado intensamente no controle da ferrugem do cafeeiro, foi avaliado em amostras de duas classes de solo, Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (PV) e Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una (LU) da região de Viçosa, MG, com e sem adição de composto orgânico. Utilizou-se a técnica de bioautografia em camada fina. O triadimenol foi adicionado a 375 mg kg⁻¹ de ingrediente ativo de solo, e as extrações dos resíduos fungitóxicos foram feitas 35, 70 e 115 dias após a incorporação aos solos, mantendo-se os tratamentos em condições de laboratório. A adição de composto orgânico não provocou variação significativa na degradação de triadimenol nos solos. Houve diferenças entre os solos na cinética de degradação do triadimenol, tendo no Podzólico ocorrido maiores taxas de degradação, possivelmente pela maior fertilidade natural, retenção de água e propriedades físicas e condições hídricas mais favoráveis à degradação microbiana. Nas condições do presente estudo e pela taxa de degradação verificada, o triadimenol pode ser considerado moderadamente persistente.

Termos de indexação: persistência, triadimenol, solo, bioautografia.

SUMMARY: PERSISTENCE OF TRIADIMENOL IN SOILS

The persistence of the fungicide triadimenol was investigated in two soils, a Red-Yellow Podzolic (Paleudult) and a Latosol Una Variation (typic Haplortox) from Viçosa, MG, Brazil, with and without the incorporation of organic compost, using the thin-layer bioautograph technique. The triadimenol fungicide was added at a rate of 375 mg kg⁻¹ of active ingredient of soil. The extractions of fungitoxic compounds were made at 35, 70 and 115 days after the addition of fungicide to the soils. The experiment was carried out under laboratory conditions.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em março de 1997 e aprovado em abril de 1998.

⁽²⁾ Pesquisadora, PhD, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa - UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽³⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

⁽⁴⁾ Professor do Departamento de Solos, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG).

⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Fitopatologia, UFV. CEP 36571-000 Viçosa (MG). Bolsista do CNPq.

The incorporation of 30 t ha⁻¹ of compost did not cause significant differences in the triadimenol degradation in these soils. There were differences in degradation between soils; the Red-Yellow Podzolic showed a higher rate of degradation, compared with the Latosol. This difference was attributed to a higher nutrient status and higher moisture retention, and good physical conditions for the degradation in the Podzolic. In the conditions of the present study, triadimenol can be considered moderately persistent.

Index terms: triadimenol, soil, persistence, bioautography.

INTRODUÇÃO

O fungicida triadimenol [β (4-clorofenoxil- α -(1,1-dimetil-etil) 1,4,5-triazol-1- β -etanol)] é um fungicida sistêmico, utilizado principalmente no controle da ferrugem do cafeeiro, sendo aplicado no solo ou na parte aérea das plantas. É altamente lipofílico, apresenta alta fungitoxicidade, baixas taxas de degradação e volatilização negligível (Bateman et al., 1994).

A cultura do café é uma importante fonte de renda para o País, em particular na zona cafeeira de Minas Gerais, onde o uso do triadimenol é de grande necessidade. Dessa maneira, o estudo da degradação desse fungicida no solo é importante para que se conheçam sua dinâmica nos solos agrícolas sob cultura de café e os riscos de poluição no ambiente.

O comportamento dos fungicidas no ambiente está relacionado com processos de movimento entre os compartimentos ambientais (solo, água, planta e atmosfera). Entre estes processos, citam-se: deriva, volatilização, absorção pelas plantas, lixiviação e escoamento superficial (Spadotto, 1996). Em cada compartimento, ocorrem processos de transformação importantes: fotodecomposição, decomposição química, degradação microbiana e metabolização pelas plantas.

Os fatores físico-químicos que afetam a degradação de pesticidas, tais como: temperatura, pH, umidade e teor de matéria orgânica, têm sido amplamente considerados em trabalhos científicos (Pierzynski et al., 1994). As propriedades do solo consideradas importantes em estudos do comportamento de pesticidas no solo são: capacidade de troca de cátions, pH, teor de umidade e conteúdo e qualidade da matéria orgânica, variáveis nas diferentes classes de solo. O conteúdo e a qualidade da matéria orgânica têm alta correlação com a adsorção, sendo essa a fração do solo que fornece os mais importantes sítios de adsorção para pesticidas (Weed & Weber, 1971; Saltzman et al., 1972; Burchill et al., 1981; Koskinen & Harper, 1990). A influência da matéria orgânica sobre a persistência de pesticidas em solos não é bem compreendida. Certos pesticidas são degradados rapidamente em solos com elevados níveis de matéria orgânica; outros são degradados lentamente (Bollag & Liu, 1990).

Muitas técnicas são utilizadas em laboratório, para avaliar a velocidade de degradação de pesticida no solo, permitindo conhecer seus percentuais de resíduo. A técnica de bioautografia em camada fina permite a determinação quantitativa de resíduos de fungicidas no solo e na planta (Erwin et al., 1971; Lazarovits et al., 1982; Zambolim et al., 1983). É uma técnica simples e de baixo custo que pode ser utilizada para determinados estudos de degradação de fungicidas no solo.

O presente trabalho teve como objetivo obter dados sobre a degradação do fungicida triadimenol nos dois solos mais representativos da região de Viçosa, MG, o Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico (PV) e o Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una (LU), com e sem adição de composto orgânico, utilizando a técnica de bioautografia em camada fina.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamento dos solos

Foram coletadas amostras de solo, Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e Latossolo variação Una (LU) do município de Viçosa (MG), de 0 a 20 cm de profundidade. As amostras de solo foram peneiradas em peneira de malha de 5 mm, com vistas em preservar o máximo possível de agregados naturais dos solos, e analisadas quanto às características químicas e físicas de rotina (Quadro 1), além de determinações de superfície específica, pelo método do éter monoetilico de etileno glicol na fração argila triturada, e a água disponível, calculada pela diferença entre a retenção de água a potenciais matriciais de -0,033 e -1,5 MPa. (EMBRAPA, 1979; Klute, 1986). Para o tratamento dos solos, foi adicionado composto orgânico produzido com capim e esterco de curral, seguindo a técnica descrita por Loures (1983). Depois de curado, o composto orgânico foi seco ao ar e peneirado, sendo aplicado nos solos na dosagem correspondente a 30 t ha⁻¹, considerando peso da matéria seca.

Triadimenol, pó molhável, foi misturado a seco às amostras de solo com e sem composto orgânico, empregando-se uma dose elevada de 375 mg de ingrediente ativo kg⁻¹ de solo. A dose acima da

recomendada deveu-se ao desconhecimento da taxa de degradação do princípio ativo no solo. A mistura do fungicida no solo foi feita por meio de um misturador mecânico durante 10 minutos. Cada tratamento foi constituído de 15 kg de amostra de solo acondicionado em caixas de acrílico de 1,30 m de comprimento, largura de 25,5 cm e profundidade de 12 cm. As caixas foram pintadas externamente com tinta preta, divididas pela metade com divisórias do mesmo material da caixa, tendo, numa metade, amostra de solo sem composto orgânico e, na outra metade, amostra de solo com composto orgânico. O experimento foi mantido em laboratório, à temperatura em torno de 25°C e umidade a 60% da capacidade de campo, reequilibrando a umidade de 20 em 20 dias por intermédio do controle do peso de vasos plásticos com as amostras de solo com e sem composto orgânico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado.

No final do experimento, foram realizadas análises de carbono orgânico para os diversos tratamentos, pelo método Walkley-Black (EMBRAPA, 1979).

Extração e detecção de resíduos de triadimenol

As extrações dos resíduos de triadimenol no solo foram efetuadas 35, 70 e 115 dias após a aplicação do fungicida. Amostragens dos tratamentos foram realizadas, aleatoriamente, em quatro pontos diferentes na caixa, a uma profundidade igual à profundidade ocupada pelos solos nas caixas. As quatro amostras de cada tratamento foram misturadas, formando uma amostra composta. Antes de serem feitas as extrações, as amostras de solo foram secas ao ar. Para cada tratamento, foram feitas três extrações, constituindo, assim, três repetições. Foram pesados 50 g de solo e colocados em erlenmeyer juntamente com 80 ml de diclorometano. As amostras foram colocadas em agitador mecânico por 4 h, sendo, a seguir, filtradas em papel de filtro comum. O filtrado foi concentrado a um volume de 1 mL a 40°C em estufa com ventilação forçada e conservado em congelador para posterior ensaio

biológico. Para a detecção, foi utilizada a técnica de bioautografia em camada fina, descrita por Zambolim et al. (1983), empregando-se sílica gel 60 G para a formação da camada fina e o fungo-teste *Thielaviopsis paradoxa*, obtido da micoteca do Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Viçosa. Para cada extrato, foram feitas duas repetições na corrida cromatográfica. No final, para cada tratamento, foi obtida a média dos valores de seis áreas de inibição do crescimento de *T. paradoxa* nos cromatogramas.

Preparo das curvas-padrão

Foi feita uma curva-padrão para os dois solos (PV e LU), com composto orgânico e sem composto orgânico, totalizando quatro curvas-padrão. Amostras de 300 g de solo, com e sem composto orgânico, seco ao ar, foram colocadas em recipientes de plástico e tratadas com soluções de triadimenol em clorofórmio com as seguintes concentrações: 3,8; 16,3; 62,5; 125; 250; e 375 mg de ingrediente ativo g⁻¹ de solo. Logo após a evaporação do clorofórmio, foram feitas as extrações e a bioautografia, conforme descrito anteriormente. Foram estabelecidas as equações de regressão, relacionando concentração dos fungicidas no solo com área da zona de inibição do crescimento do fungo-teste nos cromatogramas. Por meio da curva-padrão, pôde-se estimar, pela área da zona de inibição do crescimento do fungo-teste nos cromatogramas, a concentração residual do produto ativo no solo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 2 mostra as equações de regressão calculadas para estimar as concentrações de resíduo de triadimenol nos diferentes tratamentos. O Latossolo sem composto orgânico foi o único tratamento que apresentou uma relação linear entre a zona de inibição do crescimento do fungo-teste e a concentração de triadimenol no solo. A relação semilogarítmica foi a

Quadro 1. Características químicas e físicas dos solos estudados

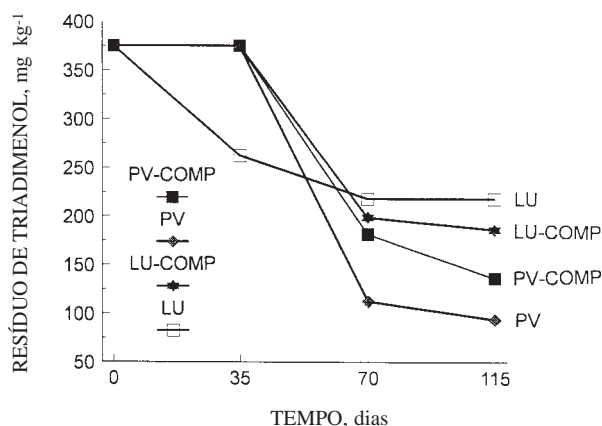
| Solo | Físicas | | | | | | Químicas | | | | | | | | Mineralogia | |
|------|--------------------|------------|-------|--------|--------------------------------|--------------------|----------|------------------------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------|------|------|-------------|-----------|
| | Areia grossa | Areia fina | Silte | Argila | Sup. esp. argila | Água disp. | pH | Al ³⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | H ⁺ | K ⁺ | P | V | N | Argila |
| | g kg ⁻¹ | | | | m ² g ⁻¹ | g kg ⁻¹ | | mmol _c dm ⁻³ | | | mg dm ⁻³ | | % | | | |
| PV | 150 | 50 | 280 | 520 | 52 | 205 | 5,1 | 0 | 40 | 14 | 41 | 175 | 38,9 | 58,8 | 0,35 | Ct >> Gt |
| LU | 120 | 80 | 150 | 650 | 48 | 143 | 4,5 | 20 | 21 | 6 | 51 | 119 | 28,7 | 35,9 | 0,30 | Ct>Gt>>Hm |

Símbolos: V = saturação de bases (%). Ct = caulinita; Gt = goethita; Hm = hematita. Ambos os solos possuem traços de gibbsita.

que melhor representou os dados para os tratamentos Podzólico sem composto orgânico, Podzólico com composto orgânico e Latossolo com composto orgânico. Nos tratamentos sem triadimenol, não se verificou o surgimento de área de inibição do crescimento do *T. paradoxa* nos cromatogramas.

Os valores da concentração residual de triadimenol encontram-se na figura 1, a qual mostra os resultados das três épocas de extração. O resíduo de triadimenol decai ao longo do tempo nos solos, revelando sua capacidade em degradar o fungicida. Pela figura, observa-se um decréscimo da taxa de degradação com o tempo, mostrando que a degradação pode-se tornar nula, ou negligível, após determinado tempo. O quadro 3 evidencia as diferenças das médias das concentrações do resíduo de triadimenol para os dois solos, com composto orgânico e sem composto orgânico, para as três épocas, bem como as diferenças entre solos. Houve diferenças significativas entre as épocas, concluindo-se que o triadimenol foi parcialmente degradado ao longo do tempo. Os solos Latossolo e Podzólico sem composto orgânico apresentaram diferenças significativas na degradação do triadimenol, o que pode ser atribuído a diferenças em suas propriedades químicas e físicas.

O Podzólico contém maior teor de nutrientes e maior retenção de umidade, medida pela água disponível, em relação ao Latossolo (Quadro 1), apresentando maior proporção de caulinita na fração argila, sendo esta de melhor cristalinidade (Carvalho Filho, 1989; Schaefer, 1995). Após passar pela peneira de 5 mm, notou-se uma concentração seletiva de



Legenda:

LU = Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una; LU-COMP = Latossolo Vermelho-Amarelo variação Una com composto orgânico; PV = Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico; PV-COMP = Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico com composto orgânico.

Figura 1. Concentração de resíduos de triadimenol, mg kg⁻¹, detectados ao longo do tempo.

Quadro 2. Curvas-padrão para estimar a concentração de resíduos de triadimenol nos tratamentos

| Solo | Equação de regressão | R ² |
|-----------------|--------------------------------|----------------|
| PV com composto | A = - 1,6086 + 7,8637 ** log C | 0,9691 |
| PV sem composto | A = - 1,1399 + 11,566** log C | 0,9069 |
| LU com composto | A = - 2,2033 + 11,098** log C | 0,9613 |
| LU sem composto | A = 10,343 + 0,06157** C | 0,9326 |

A = área de inibição do crescimento do fungo-teste. C = concentração do resíduo de triadimenol no solo.

** = significativo ao nível de 1%.

Quadro 3. Médias das concentrações de triadimenol no Podzólico e Latossolo, com e sem composto orgânico (mg kg⁻¹)

| Solo | 35 dias | 70 dias | 115 dias |
|-----------------|----------|----------|-----------|
| PV com composto | 375,0 Aa | 181,2 Ba | 136,2 Bab |
| PV sem composto | 375,0 Aa | 112,3 Bb | 93,7 Bb |
| LU com composto | 375,0 Aa | 198,9 Ba | 186,2 Ba |
| LU sem composto | 262,5 Ab | 218,2 Aa | 218,2 Aa |

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, em cada linha, e minúscula, em cada coluna, não diferem entre si, ao nível de 5%, pelo teste de Tukey.

agregados em blocos pequenos, no Podzólico, de dimensões entre 2 e 5 mm. Em hipótese, essa estrutura em blocos do Podzólico, em contraste com a estrutura microgranular do Latossolo, permitiu melhores condições físicas e biológicas para a degradação do fungicida no Podzólico, ao longo do tempo.

Além da maior disponibilidade de água e nutrientes, como Ca, Mg, K e P, a maior cristalinidade da caulinita, superfície específica ligeiramente maior da fração argila (Quadro 1), e o conseqüente aumento da capacidade adsorviva e retenção de água e nutrientes são fatores que podem explicar as maiores taxas de degradação no Podzólico. Pode-se postular que os microambientes situados no interior dos agregados maiores, formando estrutura em blocos, funcionam como sítios preferenciais para a ação dos microrganismos promotores da degradação, a exemplo do descrito por Killham et al. (1993) e Turco & Sadowsky (1995), pois os microrganismos situados na superfície dos agregados podem morrer ou inativar-se, quando sujeitos a estresses hídricos severos.

Essa degradação poderia ocorrer por processos de biodegradação pela utilização do fungicida como o substrato, por cometabolismo ou, ainda, por

polimerização com substâncias húmicas complexas (Bollag & Liu, 1990). Em resumo, os fatores físico-químicos e biológicos parecem ser mais ativos na degradação do triadimenol no Podzólico.

Existe competição entre moléculas de água e pesticidas não-iônicos por sítios de adsorção das partículas do solo, o que influencia a maior ou menor suscetibilidade do pesticida à degradação microbiana (Bailey & White, 1964). A competição é menor a baixos conteúdos de umidade no solo, resultando no aumento da adsorção/retenção (Burchill et al., 1981; Koskinen & Harper, 1990). Foi observada, maior evaporação de água nos tratamentos com Latossolo, em razão da menor capacidade de retenção de água em relação ao Podzólico (Quadro 1). Diante desse fato, é possível ter ocorrido maior adsorção de triadimenol pelas partículas do solo e microagregados oxidicos muito pequenos, com superfície específica maior, protegendo a molécula da degradação após algum tempo, como indica a cinética de degradação do tratamento LU sem composto orgânico.

O quadro 3 mostra, para cada solo, as diferenças entre as médias dos tratamentos com e sem composto orgânico. Sabe-se que a matéria orgânica influencia a degradação de pesticidas no solo, interferindo nos processos físico-químicos e biológicos (Kearney et al., 1967; Grover, 1971; Bollag & Liu, 1990). Os teores de carbono orgânico (média de 4 repetições, em g kg⁻¹) no final do experimento foram de 1,68 e 1,61, sem composto orgânico, e 2,22 e 2,36, com composto orgânico, nos solos Podzólico e Latossolo, respectivamente. O aumento no teor de carbono orgânico devido à adição de composto orgânico, em princípio, poderia ter influído na transformação do triadimenol; a adição de composto aparentemente reduziu a degradação no Podzólico e aumentou no Latossolo. Contudo, não houve diferença significativa na degradação entre os solos com adição de composto, enquanto nos solos sem composto esta diferença foi significativa, evidenciando as melhores condições naturais para a degradação no Podzólico, em virtude da maior disponibilidade de nutrientes, retenção de água e, possivelmente, maiores teores de matéria orgânica, conforme discutido anteriormente.

Considerando a classificação citada por Siqueira & Franco (1988) e as taxas de degradação do triadimenol encontradas no presente estudo para o Podzólico sem composto orgânico (maior porcentagem de degradação - 75% em 115 dias), o triadimenol pode ser classificado em moderadamente persistente (meia-vida entre 3 semanas e 12 meses). Entretanto, as condições em que foi mantido o experimento não permitem classificar com precisão o grau de persistência do triadimenol no solo. As variações que ocorrem no solo em condições naturais (cobertura vegetal, quantidade de chuva, insolação, adubação, etc.) podem modificar sobremaneira a cinética de degradação. O destino do fungicida e sua maior ou menor degradabilidade nos solos agrícolas vão

também depender de outros fatores não investigados no presente estudo: foto-oxidação, remoção e absorção pelas plantas e lixiviação no perfil (Pierzynski et al., 1994).

CONCLUSÕES

1. Há diferenças na cinética de degradação de triadimenol entre os solos. O Podzólico apresentou maiores taxas de degradação do que o Latossolo.
2. A adição de composto orgânico na dosagem correspondente a 30 t ha⁻¹ não provocou variação significativa na degradação de triadimenol nos solos considerados.
3. Pela taxa de degradação, o triadimenol pode ser considerado moderadamente persistente (meia-vida entre três semanas e doze meses), apesar de essa taxa depender das condições físico-químicas e biológicas do solo.

LITERATURA CITADA

- BAILEY, G.W. & WHITE, J.L. Review of adsorption of organic pesticides by soil colloids, with implications concerning pesticide bioactivity. *J. Agr. Food. Chem.*, 12:324-332, 1964.
- BATEMAN, G.L.; HORNBY, D.; PAYNE, R.W. & NICHOLLS, P.H. Evaluation of fungicides applied to soil to control naturally-occurring take-all using a balanced-incomplete-block design and very small plots. *Ann. Appl. Biol.*, 124:241-251, 1994.
- BOLLAG, J.M. & LIU, S.Y. Biological transformations processes of pesticides. In: CHENG, H.H., ed. *Pesticides in the soil environment: process, impacts and modelling*. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1990. p.169-212.
- BURCHILL, S.; HAYES, M.H.B. & GREENLAND, D.J. Adsorption. In: GREENLAND, D.J. & HAYES, M.H.B., eds. *The chemistry of soil processes*. New York, John Wiley, 1981. p.224-400.
- CARVALHO FILHO, A. Caracterização mineralógica, química e física de solos da duas unidades de paisagem do Planalto de Viçosa-MG. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1989. 114p. (Tese de Mestrado)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- ERWIN, D.C.; SIMS, J.J.; BORUM, D.E. & CHILDERS, J.R. Detection of the systemic fungicide, thiabendazole, in cotton plants and soil by chemical analysis and biomassay. *Phytopathology*, 61:964-967, 1971.
- GROVER, R. Adsorption of picloram by soil colloids and various other adsorbents. *Weed Sci.*, 19:417-418, 1971.
- KEARNEY, P.C.; KAUFMAN, D.D. & ALEXANDER, M. Biochemistry of herbicide decomposition in soil. In: MCLAREN A.D. & PETERSON, G. H., eds. *Soil biochemistry*. New York, 1967. v.1. p.318-340.

- KILLHAM, K.; AMATO, M. & LADD, J.N. Effect of substrate location in soil and soil-pore-water regime on carbon turnover. *Soil Biol. Biochem.*, 11:109-114, 1993.
- KLUTE, A. Methods of soil analysis. Part I - Physical and mineralogical methods. Madison, 1986. 1188p. (SSSA Book, Series, 5)
- KOSKINEM, W.C. & HARPER, S.S. The retention process: Mechanisms. In: CHENG, H.H., ed. Pesticides in the soil environment: process, impacts and modelling. Madison, Soil Sci. Soc. Am., 1990. p.169-212.
- LAZAROVITS, G.; BRAMMALL, R.A. & WARD, E.W.B. Bioassay of fungitoxic compounds on thin-layer chromatograms with *Pythium* and *Phytophthora* species. *Phytopathology*, 72:61-63, 1982.
- LOURES, E.G. Produção de composto no meio rural. 3.ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1983. 12p. (Informe Técnico, 17)
- PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T. & VANCE, G.F. Soils and environmental quality. Boca Raton, CRC Press, 1994. 313p.
- SALTZMAN, S.; KLIGER, L. & YARON, B. Adsorption-desorption of parathion as affected by soil organic matter. *J. Agr. Food Chem.*, 20:1224-1226, 1972.
- SCHAEFER, C.E.R. Micropedologia de uma seqüência Latossolo-Podzólico de Viçosa, MG. Química e morfologia da superfície dos agregados de Horizontes Bw e Bt. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.374-377.
- SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas. Lavras, MEC/ABEAS/ESAL/FAEPE, 1988. 236p.
- SPADOTTO, C.A. Uso de agrotóxicos no Brasil e riscos ambientais. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P.F. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.855-865.
- TURCO, R.F. & SADOWSKY, M. The microflora of bioremediation. In: SKIPPER, H.D. & TURCO, R.F., eds. Bioremediation. Science and applications. Madison, 1995. p.87-102. (SSSA Special Publication, 43)
- WEED, S.B. & WEBER, J.B. Pesticide-organic matter interactions. In: CUENZI, W.D., ed. Pesticides in soil and water. Madison, Soil. Sci. Soc. Am., 1971. p.39-66.
- ZAMBOLIM, M.L.; JUNQUEIRA, N.T.V.; CHAVES, G.M.; ROMEIRO, R.S. & OLIVEIRA, J.S. Bioensaio para detecção de resíduos de componentes fungitóxicos pela técnica de bioautografia. *Fitopatol. Bras.*, 18:222-234, 1983.