

CONSEQÜÊNCIAS DO MANEJO DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS EM UM AGROSSISTEMA COM FEIJÃO- DE-VAGEM (*Phaseolus vulgaris* L.)⁽¹⁾

F. S. SANTOS⁽²⁾, N. M. B. AMARAL SOBRINHO⁽³⁾ & N. MAZUR⁽⁴⁾

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a concentração de metais pesados no solo e nas plantas de feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes sistemas de preparo do solo, foi realizado um experimento em Paty do Alferes (RJ), em um Latossolo Vermelho-Amarelo com 30 % de declividade. Foram instaladas parcelas do tipo Wischmeier com dimensões de 22,0 x 4,0 m; cada parcela era constituída de um sistema de preparo do solo distinto: plantio convencional, aração com trator no sentido morro abaixo e queima dos restos vegetais (PC); plantio em nível com aração tração animal e cordões de vegetação a cada 7,0 m (PN); cultivo mínimo com apenas abertura de covas para plantio e conservação dos restos vegetais (CM). Foram coletadas amostras de solo, de plantas e de agroquímicos, bem como analisados os teores totais de metais pesados. Verificou-se que as maiores adições de Cu no sistema deveram-se ao uso do fungicida Peprosan. Os sistemas de preparo PN e CM favoreceram acúmulo de Zn, Mn, Cd e Pb no solo, quando comparados ao PC, provavelmente, em virtude das menores perdas por erosão. A concentração de Pb na vagem *in natura*, nos sistemas de preparo PN e CM, esteve acima dos limites permitidos para alimentos *in natura*, em níveis impróprios para o consumo humano.

Termos de indexação: metais pesados, agroquímicos, sistemas de preparo do solo, contaminação.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado da primeira autora, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. Pesquisa realizada com recursos da FAPERJ. Recebido para publicação em julho de 2001 e aprovado em novembro de 2002.

⁽²⁾ Pós-Graduanda em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. CEP 23890-000 Seropédica (RJ) E-mail: fabiana@ufrj.br

⁽³⁾ Professor Titular do Departamento de Solos, UFRRJ. E-mail: nelmoura@ufrj.br

⁽⁴⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos, UFRRJ. E-mail: nelmazur@ufrj.br

SUMMARY: *HEAVY METAL DISTRIBUTION UNDER THE INFLUENCE OF SOIL TILLAGE METHODS IN AN AGROSYSTEM WITH EDIBLE BEAN PLANTS (Phaseolus vulgaris L.)*

To evaluate the effect of different soil tillage methods on heavy metal accumulation in soil and edible bean plants (Phaseolus vulgaris L.), a study was carried out in the county of Paty do Alferes, Rio de Janeiro State, Brazil, on a Red-Yellow Latosol with 30 % slope. On 22,0 x 4,0 m Wischmeier plots, the following methods were installed: conventional tillage: downhill furrows and burning of vegetal residues (PC); tillage along contour lines: contour plowing by animal traction with strips of cropping grass every 7,0 m (PN); minimum tillage: opening of ditches for plants only, under preservation of the vegetal residues (CM). Samples of soil, plant and agrochemicals were collected for the determination of heavy metal contents. Peprosan fungicide was responsible for the highest addition of Cu to the soil system. Minimum tillage and tillage along contour lines accounted for a higher accumulation of heavy metals, probably due to smaller erosion losses. Fruits under PN and CM presented Pb concentrations above the levels allowed for fresh food, unfit for human consumption.

Index terms: heavy metals, agrochemicals, soil tillage methods, contamination.

INTRODUÇÃO

Alguns sistemas de manejo do solo utilizados na agricultura procuram não só melhorar a produtividade, mas também reduzir a erosão e evitar a degradação do solo. Estudos têm demonstrado diferenças nos atributos físicos e químicos do solo quando se comparam sistemas reduzidos e convencionais (De Maria & Castro, 1993).

Do ponto de vista químico, em geral, os solos cultivados sob sistemas de preparo reduzido, sem revolvimento do solo, apresentam maior concentração de nutrientes, matéria orgânica (Muzilli, 1983; Centurion et al., 1985) e metais pesados (Núñez et al., 1999) na camada de 0-5 cm.

Os fertilizantes minerais e os defensivos agrícolas contêm freqüentemente impurezas, dentre elas metais pesados (Amaral Sobrinho et al., 1992). Desta forma, o uso excessivo e sem controle de agroquímicos pode aumentar os riscos de contaminação dos solos por metais pesados (Núñez et al., 1999). Ramalho et al. (1999), estudando a contribuição de fertilizantes fosfatados no aumento dos teores de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar, encontraram aumento significativo de Cd em solos que receberam fertilizantes fosfatados, durante 25 anos, sem, contudo, elevá-los a níveis críticos.

O município de Paty do Alferes, localizado na região centro-sul do estado do Rio de Janeiro, possui tradição agrícola de mais de 200 anos e, atualmente, a olericultura é a principal atividade agrícola da região. O cultivo de olerícolas nessa região é feito em áreas com declividades médias de 20 a 45 %, sem adoção de práticas de conservação do solo e com uso excessivo e sem controle de agroquímicos, o que tem causado a degradação acelerada do ambiente e a

contaminação de corpos d'água (Ramalho et al., 2000) e alimentos produzidos (Santos, 2001) por metais pesados.

Este estudo teve por objetivo avaliar a concentração de metais pesados no solo e nas plantas de feijão-de-vagem cultivado em Latossolo do município de Paty do Alferes, em diferentes sistemas de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no distrito de Avelar, município de Paty do Alferes (RJ). Foram instaladas parcelas do tipo Wischmeier com dimensões de 22,0 x 4,0 m, numa área com 30 % de declividade em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico textura argilosa A moderado álico caulinitico hipoférrico ácido fase floresta tropical subcaducifólia relevo forte ondulado.

Cada tratamento, com três repetições, compreendeu um sistema diferente de preparo do solo: plantio convencional (PC), aração com trator no sentido morro abaixo e queima dos restos vegetais; plantio em nível (PN), com cordões de vegetação de capim-colonião, em faixas de 1 m de largura, a cada 7,0 m no sentido da maior pendente e aração com tração animal; cultivo mínimo (CM) com somente abertura de covas para o plantio e manutenção dos restos vegetais da cultura anterior (*Cucurbita pepo* – abobrinha). Na extremidade de cada parcela, foram instalados dois tanques para a coleta da água e de sedimentos carregados pela enxurrada.

As parcelas foram instaladas, em 1995, pela EMBRAPA/CNPS, onde estão sendo estudadas as

perdas de solo por erosão em vários ciclos de olerícolas. Para este trabalho, foram utilizados o feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado entre outubro e dezembro de 1998, e os dados de perdas de solo por erosão durante todo o período do experimento (1996 a 1999), sendo as perdas de solo entre os anos de 1996 e 1997 obtidas por Kunzmann et al. (1998). Todos os sistemas de preparo do solo (tratamentos) receberam as mesmas adubações e controle fitossanitário. As quantidades, épocas e formas de aplicação dos agroquímicos e da cama de ave utilizados no experimento encontram-se no quadro 1.

Foram coletadas amostras de sedimentos erodidos, de solo, de plantas e dos agroquímicos utilizados no experimento. Os sedimentos perdidos por erosão foram recolhidos após cada chuva natural. Foram anotados os volumes da suspensão e a água foi evaporada em estufa com circulação de ar a 72 °C. Os sedimentos secos foram pesados para estimativa das perdas de solo por erosão.

O solo foi amostrado, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, retirando-se 20 amostras simples de cada parcela para compor a amostra composta.

Na época da colheita, retiraram-se, separadamente, amostras de caule, folha, fruto e raiz das plantas, aleatoriamente, desprezando-se a bordadura,

coletando-se cerca de 25 % de plantas de cada parcela, para obtenção de uma amostra composta.

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas por peneira de 2 mm de abertura de malha para análise de fertilidade e determinação de metais pesados. A análise de fertilidade foi feita de acordo com o método da EMBRAPA (1997).

Para a análise de metais pesados nas amostras de solo, na cama de ave e nos agroquímicos apresentados no quadro 1, foi feita digestão nitroperclórica, segundo a método de Scott (1978), sendo os teores de Cu, Zn, Mn, Ni, Cd, Pb e Co determinados por espectrofotometria de absorção atômica, empregando-se chama de ar-acetileno e equipamento VARIAN-AA600, sem correção de background.

As concentrações mais elevadas de metais pesados foram encontradas nos fungicidas Peprosan e Dithane (Quadro 2). Esses elementos podem estar presentes nesses produtos como constituintes ativos ou como impurezas. Destaque deve ser dado ao Peprosan, que possui, como princípios ativos, oxicloreto de cobre, zineb e maneb, ou seja, Cu, Zn e Mn além de apresentar concentrações elevadas de Ni, Cd e Pb como impurezas, aumentando os riscos de contaminação dos alimentos e do ambiente.

Quadro 1. Produtos utilizados, quantidades, épocas e formas de aplicação no ciclo de cultivo do feijão-de-vagem

Produto	Quantidade ha ⁻¹	Época de aplicação	Forma de aplicação
Cama de ave	16.000,0 kg	plantio	Solo a lança
KCl	20,0 kg	1/3 plantio; 2/3 60 dias após plantio	Covas de plantio
(NH ₄) ₂ SO ₄	20,0 kg	1/3 plantio; 2/3 60 dias após plantio	Cobertura
Peprosan	39,8 kg	60 dias após plantio	Pulverização
Dithane	45,4 kg	1/2 60 e 1/2 90 dias após plantio	Pulverização
Malatol	42,6 L	1/2 30 e 1/2 60 dias após plantio	Pulverização
Tamaron	11,3 L	90 dias após plantio	Pulverização
Decis	45,4 L	90 dias após plantio	Pulverização

Quadro 2. Teores totais de metais pesados nos agroquímicos e na cama de ave utilizados no ciclo de cultivo do feijão-de-vagem

Produto	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co	pH _{H₂O}
	mg kg ⁻¹							
Peprosan	209.364,2	21.449,0	8.408,6	213,3	29,1	365,7	14,9	8,24
Dithane	9,7	22.081,0	36.116,7	113,1	4,3	13,0	33,3	7,93
Cama de ave	17,5	69,5	287,3	12,2	2,1	15,4	4,2	6,91
KCl	3,4	8,6	25,5	3,9	0,4	4,1	0,6	4,64
(NH ₄) ₂ SO ₄	1,4	3,7	0,4	4,0	0,8	10,0	0,6	5,28
Malatol	0,0	14,3	0,0	1,3	4,6	14,8	0,5	2,30
Tamaron	0,0	4,1	0,8	0,0	3,6	16,1	0,6	4,92
Decis	0,0	2,0	0,3	0,0	2,8	4,7	0,2	3,69

O pH, em água, dos agroquímicos e da cama de ave utilizados no experimento foi determinado de acordo com o método da EMBRAPA (1997) (Quadro 2).

As plantas foram secas em estufa com circulação de ar a 70 °C, moídas e feita digestão nitroperclórica, segundo Tedesco et al. (1995), sendo os teores de metais pesados determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, em esquema fatorial com parcelas subdivididas, constituindo o sistema de preparo do solo a parcela e a profundidade, a subparcela. As análises estatísticas foram feitas por meio da análise de variância, e o teste de Tukey a 5 % foi utilizado para comparar médias entre os teores de metais pesados no solo e nas plantas por meio do Programa Estatístico SAEG Versão 5.0, desenvolvido pela Fundação Arthur Bernardes e a UFV, Viçosa-MG (Euclides, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seqüência de adição dos metais pesados pelos agroquímicos e pela cama de ave foi: Cu > Mn > Zn > Pb > Ni > Co > Cd (Quadro 3). As maiores adições de Cu deveram-se ao uso do Peprosan. Apesar de as concentrações de metais pesados na cama de ave não serem elevadas (Quadro 2), a aplicação de maior quantidade resultou na incorporação de quantidades elevadas de metais pesados no solo.

Os sistemas de preparo PN e CM favoreceram, de maneira geral, o acúmulo de Zn, Mn, Cd e Pb no solo, quando comparados ao PC (Quadro 4). Para o Zn, observou-se que o CM favoreceu o acúmulo nas duas épocas de coleta. Entretanto, para Mn, Cd e Pb, verificou-se antes do plantio maior acúmulo nos sistemas PN e CM e, após a colheita, o CM favoreceu apenas o acúmulo de Mn e Cd. Como a quantidade aplicada desses elementos, pelo uso de agroquímicos,

foi a mesma nos três sistemas de preparo do solo, esse maior acúmulo pode ter ocorrido por causa das menores perdas por erosão verificadas nos sistemas, em que foram adotadas práticas conservacionistas, principalmente o cultivo mínimo (Figura 1). No entanto, os teores mais elevados de metais pesados observados não atingiram os níveis críticos no solo, segundo Kabata-Pendias & Pendias (1984). Resultados semelhantes foram observados por Núñez et al. (1999), estudando o acúmulo de metais pesados no solo da microbacia de Caetés, Paty do Alferes (RJ).

A profundidade de 0-10 cm apresentou maior concentração de Cu, Zn e Mn, elementos que foram introduzidos no sistema em maiores quantidades pela aplicação de agroquímicos (Quadro 3), nos três sistemas de preparo do solo. Segundo Sposito (1989), em solos intemperizados, os metais pesados apresentam baixa mobilidade, pela formação de complexos estáveis com grupos funcionais hidroxilas presentes na superfície de óxidos, oxidróxidos e hidróxidos de Fe e Mn, acumulando-se na camada superficial. Considerando que as perdas de solo ocorrem principalmente na camada superficial do solo, os riscos de perdas de metais pesados por erosão aumentam, podendo causar também a contaminação de corpos d'água com esses elementos, conforme verificado por Ramalho et al. (2000).

Embora os teores de matéria orgânica e de fósforo tenham sido superiores no sistema CM quando comparado ao PC (Quadro 5), a produtividade observada no preparo PC foi superior à do preparo CM (Figura 1). As baixas produtividades nos sistemas de preparo reduzido do solo estão, geralmente, associadas à imobilização de nitrogênio ou compactação do solo (Gassen & Gassen, 1996). Turetta (2000), estudando as características físicas das mesmas unidades experimentais deste estudo, observou ligeira compactação no cultivo mínimo, que ocorreu em subsuperfície associada a manejos anteriores. Isto poderia influenciar a produtividade no preparo cultivo mínimo.

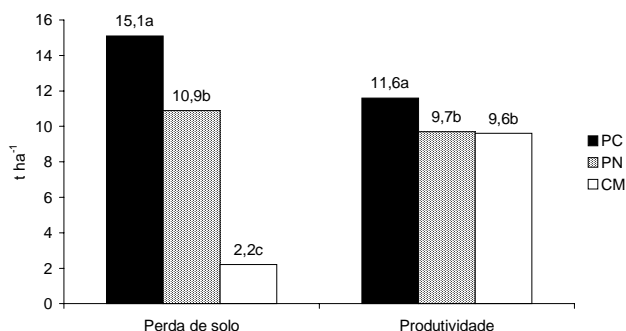
Quadro 3. Quantidade aplicada de metais pesados no ciclo de cultivo do feijão-de-vagem

Produto	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
	g ha ⁻¹						
Peprosan	8.332,7	853,7	334,7	8,5	1,2	14,6	0,6
Dithane	0,4	1.002,5	1.329,0	5,1	0,2	0,6	1,5
Cama ave	280,7	1.112,2	4.597,3	195,3	34,0	245,5	67,5
KCl	0,1	0,2	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0
Malatol	0,0	0,6	0,0	0,1	0,2	0,6	0,0
Tamaron	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Decis	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
Total	8.613,9	2.969,5	6.261,5	209,2	35,8	262,0	69,6

Quadro 4. Concentração total de metais pesados no solo cultivado com feijão-de-vagem, de acordo com o sistema de preparo

Profundidade	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
cm	mg kg ⁻¹						
ANTES DO PLANTIO							
Plantio convencional (PC)							
0-10	27,6 a ^{(1)A(2)}	42,9 aB	74,0 aB	14,5 bB	1,7 aB	34,1 aB	5,6 bAB
10-20	15,0 b	30,8 b	49,9 b	21,1 a	1,5 a	38,7 a	6,3 a
Plantio em nível (PN)							
0-10	24,5 aA	51,0 aB	86,6 aA	24,0 aA	2,1 aA	41,0 aAB	6,7 bAB
10-20	9,8 b	33,5 b	54,7 b	20,9 a	2,0 a	44,8 a	7,3 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	29,4 aA	65,5 aA	86,8 aA	29,6 aA	2,7 aA	49,8 aA	9,5 bA
10-20	11,2 b	38,5 b	36,9 b	31,1 a	2,1 a	53,7 a	10,0 a
APÓS A COLHEITA							
Plantio convencional (PC)							
0-10	25,2 aA	48,8 aC	85,9 aB	26,4 aA	1,6 bB	41,6 aB	7,5 bA
10-20	16,0 b	39,2 a	41,1 b	28,3 a	1,8 a	44,0 a	8,2 a
Plantio em nível (PN)							
0-10	25,8 aA	58,7 aB	89,2 aB	20,0 aA	1,8 bB	50,2 aAB	6,8 bA
10-20	16,2 b	44,0 b	60,4 b	21,4 a	2,1 a	52,6 a	8,2 a
Cultivo mínimo (CM)							
0-10	28,8 aA	74,7 aA	97,6 aA	26,4 aA	3,6 bA	59,0 aA	8,9 aA
10-20	17,8 b	53,8 b	55,9 b	26,8 a	4,0 a	61,1 a	8,7 a

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para Profundidade⁽¹⁾, e maiúscula para, sistemas de preparo do solo⁽²⁾, na profundidade de 0-10 cm, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 %.



Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 %.

Os dados de perda de solo por erosão entre os anos de 1996 e 1997 foram obtidos por Kunzmann et al (1998).

PC (plantio convencional); PN (plantio em nível); CM (cultivo mínimo)

Figura 1. Perdas de solo por erosão no período de 1996 a 1999 e produtividade de vagens nos três sistemas de preparo do solo.

As concentrações mais elevadas de metais pesados (exceto para Ni e Co) nas plantas de feijão-

de-vagem foram detectadas na parte aérea (Figura 2). As concentrações de Cu, Mn e Pb foram maiores nas folhas, enquanto as de Zn e Cd foram maiores no caule em todos os sistemas de preparo do solo.

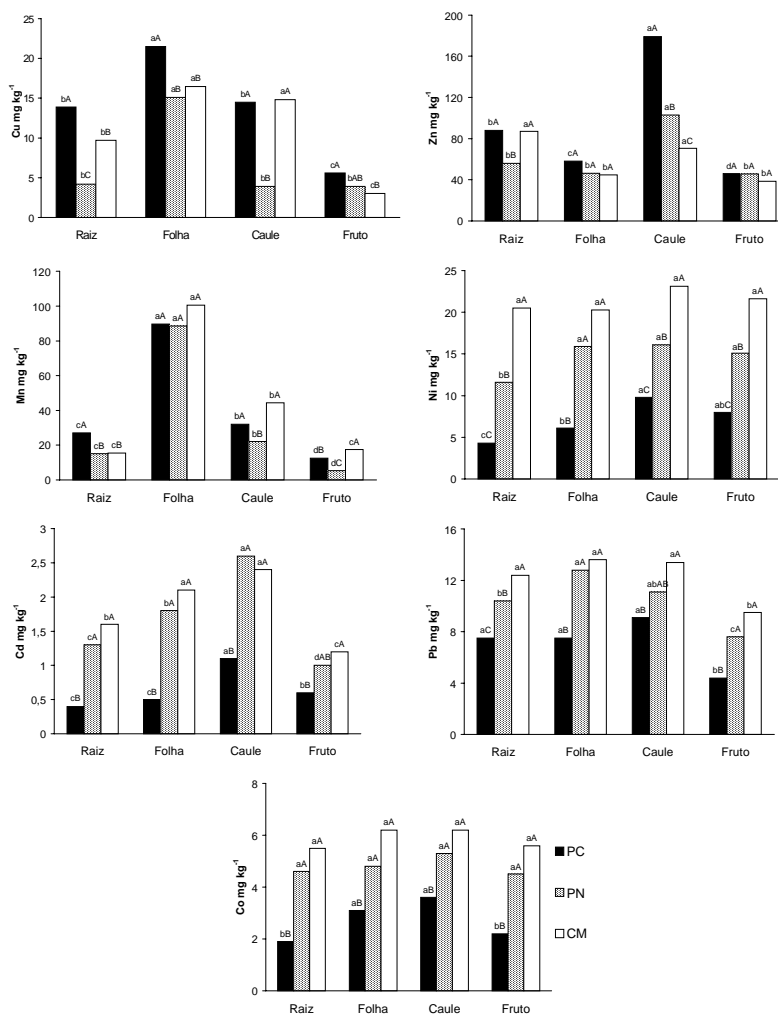
Segundo Adriano (1986), os elementos Pb, Cu, Co e Cd ocorrem geralmente em concentrações mais elevadas nas raízes, contrastando com os resultados observados nesse experimento (Figura 2). Esses resultados evidenciam que a forma principal de enriquecimento desses elementos na parte aérea das plantas de feijão-de-vagem deveu-se à forma de aplicação dos defensivos agrícolas por pulverização (Quadro 1).

A concentração de Ni esteve acima dos níveis considerados normais para plantas, segundo Ross (1994), em todos os sistemas de preparo do solo. Apesar das elevadas concentrações de metais pesados nessas plantas, não foram encontradas alterações morfológicas. O fato de não serem observados sintomas de toxidez para Ni aumenta os riscos de introdução de elementos tóxicos na cadeia alimentar.

Quadro 5. Análise de fertilidade do solo antes do plantio do feijão-de-vagem nos três sistemas de preparo do solo

Profundidade	pH(H ₂ O)	MOS	P	K	Ca + Mg	Al	CTC	Valor V
cm		g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³				%
Plantio convencional (PC)								
0-10	5,9 aB	29,1 aB	47,7 aB	19,2 aB	56 aB	0 aA	102 aA	66 aB
10-20	5,6 a	23,3 a	29,5 b	5,6 b	45 a	0 a	83 b	58 b
Plantio em nível (PN)								
0-10	6,4 aA	33,7 aAB	59,1 aB	24,1 aA	57 aB	0 aA	96 aA	67 aB
10-20	5,9 b	23,1 b	11,4 b	6,0 b	40 b	0 a	75 b	56 b
Cultivo mínimo (CM)								
0-10	6,7 aA	36,0 aA	152,3 aA	28,1 aA	76 aA	0 aA	109 aA	75 aA
10-20	6,0 b	22,2 b	4,1 b	8,8 b	29 b	0 a	72 b	43 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para profundidade, e maiúscula, para sistemas de preparo do solo, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 %.



Médias seguidas da mesma letra minúscula, para órgãos da planta, e maiúscula, para sistemas de preparo do solo, não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 %.

PC (plantio convencional); PN (plantio em nível); CM (cultivo mínimo).

Figura 2. Concentração de metais pesados nas plantas de feijão-de-vagem nos três sistemas de preparo do solo.

Quadro 6. Concentração de metais pesados na vagem *in natura* nos três sistemas de preparo do solo

Manejo	Cu	Zn	Mn	Ni	Cd	Pb	Co
	mg kg ⁻¹						
PC	0,7 A ⁽¹⁾	5,3 A	1,4 B	0,9 B	0,1 B	0,5 B	0,2 B
PN	0,4 B	4,9 AB	0,6 C	1,6 B	0,2 B	0,8 AB	0,5 A
CM	0,4 B	4,5 B	2,0 A	2,5 A	0,4 A	1,1 A	0,7 A
Padrão ABIA ⁽²⁾	10,0	50,0		5,0	1,0	0,5	

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo Teste de Tukey a 5 % entre sistemas de preparo do solo.

⁽²⁾ Fonte: ABIA, 1998. PC (plantio convencional); PN (plantio em nível); CM (cultivo mínimo).

As concentrações de Pb na vagem *in natura*, provenientes dos três sistemas de preparo do solo (Quadro 6), estão próximas ou superiores aos limites de tolerância permitidos em hortaliças (0,5 mg kg⁻¹), segundo Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA, 1998). Portanto, o uso sem controle de produtos que contêm concentrações apreciáveis de metais pesados em sua composição provocou a contaminação desses alimentos por Pb.

Verifica-se, também no quadro 6, que as concentrações de Mn, Ni e Cd na vagem *in natura* foram mais elevadas no preparo CM. Este resultado pode ser atribuído ao acúmulo de metais pesados no solo nesse preparo (Quadro 4) e à menor produtividade (Figura 1), visto que as quantidades de agroquímicos aplicadas foram as mesmas nos três sistemas de preparo do solo (Quadro 1).

CONCLUSÕES

1. Os sistemas de preparo cultivo mínimo (CM) e plantio em nível (PN) favoreceram o acúmulo de Zn, Mn, Cd e Pb no solo, provavelmente em decorrência das menores perdas de solo por erosão.

2. A vagem *in natura*, nos sistemas de preparo PN e CM, apresentou concentrações de Pb acima dos limites permitidos para alimentos frescos.

LITERATURA CITADA

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO - ABIA. Compêndio da legislação dos alimentos. São Paulo, 1998. 185p.
- ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Springer Verlag. 1986. 533p.
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C. & VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. R. Bras. Ci. Solo, 16:271-276, 1992.
- CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. & FERNANDES, F.M. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. R. Bras. Ci. Solo, 9:267-270, 1985.
- DE MARIA, I.C. & CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. R. Bras. Ci. Solo, 17:471-477, 1993.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EUCLYDES, R.F. Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para análises estatísticas e genéricas). Viçosa, UFV, 1983. 59p.
- GASSEN, D.N. & GASSEN, F.R. Plantio direto: o caminho do futuro. Passo Fundo, Aldeia Sul, 1996. 207p.
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, CRC Press, 1984. 315p.
- KUNZMANN, M.; PRINZ, D.; PALMIERI, F.; NÚÑEZ, J.E.V.; GOUVEIA, R. & COELHO, R.G. Evaluation of soil losses for different soil management practices in the municipality of Paty do Alferes, RJ - aspect of the DESUSMO project. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE AGRICULTURA SUSTENTÁVEL EM REGIÕES MONTANHOSAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS COM ESPECIAL REFERÊNCIA PARA A AMÉRICA LATINA, Rio de Janeiro, 1998. Resumos. Rio de Janeiro, 1998. p.29.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. R. Bras. Ci. Solo, 7:95-102, 1983.
- NÚÑEZ, J.E.V.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; PALMIERI, F. & MESQUITA, A.A. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados. R. Bras. Ci. Solo, 23:981-990, 1999.
- RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. & VELLOSO, A.C.X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. Pesq. Agropec. Bras., 35:1289-1303, 2000.
- RAMALHO, J.F.G.P.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B. & VELLOSO, A.C.X. Acúmulo de metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso contínuo de adubação fosfatada e água de irrigação. R. Bras. Ci. Solo, 23:971-979, 1999.
- ROSS, S.M. Toxic metals in soil-plant systems. John Wiley & Sons, 1994. 496p.

- SANTOS, F.S. Contaminação de um agrossistema por metais pesados em função do uso de agroquímicos sob diferentes manejos agrícolas. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2001. 90p. (Tese de Mestrado)
- SCOTT, K. Cause and control of losses of chromium during nitric-perchloric acid oxidation of aquatic sediments. *Analyst*, 103:754-758, 1978.
- SPOSITO, G. The chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1989. 234p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TURETTA, A.P.D. Alterações edáficas em função do manejo agrícola de oleráceas em Latossolo Vermelho no bioma da Mata Atlântica, Paty do Alferes-RJ. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 129p. (Tese de Mestrado)