

CONSEQUÊNCIA DO SISTEMA DE PREPARO DO SOLO NO ACÚMULO E PERDA DE FÓSFORO E BASES TROCÁVEIS POR EROÇÃO

J.E.V. NÚÑEZ⁽¹⁾, N.M.B. AMARAL SOBRINHO⁽²⁾⁽³⁾; N. MAZUR⁽²⁾⁽⁴⁾

¹Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Apartado 58, Santiago, Provincia de Veraguas. Panamá

²Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). CEP 23890 000 Seropédica (RJ), Brasil

³ Bolsista do CNPq

⁴ Autor correspondente

Resumo. Este trabalho teve por objetivo determinar a influência de diferentes métodos de preparo do solo sobre o acúmulo e perdas por erosão de nutrientes. O experimento foi realizado na microbacia de Caetés, município de Paty do Alferes RJ, durante os meses de janeiro a março de 1997 no ciclo de cultivo do pepino (*Cucumis sativus* L.). O experimento foi localizado Argissolo Vermelho Amarelo, intermediário latossólico textura argila arenosa/argilosa e declividade de 60%. Foram instaladas parcelas do tipo Wischmeier, numa área de 22,0x4,0m recebendo diferentes sistemas de preparo de solo. Ao final de cada parcela foram instalados dois tanques para o armazenamento das águas pluviais e dos sedimentos carregados pela enxurrada. Os tratamentos utilizados foram os seguintes: (i) aração com trator morro abaixo e queima dos restos vegetais (MAQ); (ii) aração com trator morro abaixo não queimado com restos de vegetação natural entre as linhas (MANQ); (iii) aração com tração animal em nível, faixas de capim colônio a cada 7,0 m (AA) e (iv) cultivo mínimo, roçado e coveamento (CM). Utilizou-se quatro repetições por tratamento. Nas linhas e nas covas de cada parcela foram coletadas amostras da camada arável do solo antes do plantio e depois da colheita. Após cada chuva os sedimentos carregados pela erosão foram recolhidos, secos, pesados e guardados para posterior análise. Amostras de solo e de sedimentos foram destorroadas, passadas através de peneira de 2 mm, moídas em almofariz de ágata e passadas por peneira de 500 µm. A concentração total de Ca, Mg, K e P foram determinadas em extratos obtidos da digestão nitro perclórica. O P lábil e o K trocável foram extraídos com a solução extratora de Mehlich 1 (Carolina do Norte). O Ca e o Mg trocáveis foram extraídos com solução de KCl 1N. O P foi fracionado nas formas orgânica e inorgânica por meio do método de Bowman. O carbono foi determinado por meio de digestão úmida de Walkley Black, e o pH determinado em água na proporção 1:2,5 (solo água). O CM reduziu as perdas das bases trocáveis e do P e também influenciou na distribuição nas formas lábil e orgânica de P. O aproveitamento dos resíduos vegetais, na parcela sob CM, propiciou aumento no teor de matéria orgânica. O tratamento MAQ, típico da região, foi o que apresentou as perdas mais elevadas de Ca, Mg, K e P.

Palavras chave: nutrientes, sistema de preparo de solo, fracionamento de fósforo, perdas por erosão

Resumen. Se pretende determinar la influencia de los métodos de laboreo sobre el acúmulo y pérdidas por erosión de nutrientes. El experimento fue realizado en la cuenca de Caetés, municipio de Paty do Alferes-RJ, durante los meses de enero a marzo de 1997, en ciclo de cultivo de pepino (*Cucumis sativa*, L.). Los suelos cultivados son "Argissolo Vermelho-Amarelo, intermedio latossólico, de textura areno-arcillosa a arcillosa y pendiente del 60%. Se instalaron parcelas de tipo Wischmeier, en un área de 22 x 4 m, con diferentes sistemas de preparación del suelo. Al final de cada parcela se instalaron dos tanques para el almacenamiento de las aguas pluviales y de los sedimentos movilizados por las aguas de escorrentía. Los tratamientos utilizados fueron los siguientes: (i) arado con tractor y quemado (MAQ), (ii) arado con trac-

tor, sin quemar y dejando restos de vegetación natural entre las líneas (MANQ); (iii) arado con tracción animal siguiendo las curvas de nivel y dejando fajas de colonización por herbáceas cada 7,0 m (AA) y (iv) cultivo mínimo, con preparación de terrazas. Se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento. En las líneas y en las terrazas de cada parcela se tomaron muestras de la capa arable del suelo antes y después de la cosecha. Después de cada período de lluvia los sedimentos movilizados fueron recogidos, secados, pesados y guardados para los análisis. Los suelos tamizados por 2mm fueron pulverizados hasta 500 μm , determinándose la concentración total de Ca, Mg, K y P en extractos de digestión perclórica, P lábil y K cambiabile con Mehlich-1 y Ca y Mg cambiables con KCl 1M. Se diferenció el P orgánico del inorgánico por el método de Bowman. El Carbono fue determinado por el método de Walkley-Black. El método del cultivo mínimo (CM) redujo las pérdidas de bases cambiables y del P y también influyó en la distribución de las formas orgánicas e inorgánicas de P. Los residuos vegetales de la parcela CM dieron lugar a un incremento del contenido de materia orgánica. El tratamiento MAQ, típico de la región, fue el que dio origen a las mayores pérdidas de Ca, Mg, K y P.

Palabras clave: cultivo, fraccionamiento de P, pérdidas de suelo por erosión.

Abstract. This study aimed to determine the influence of different methods of tillage on the accumulation and loss of nutrients by erosion. The experiment was conducted in the Caetés watershed, city of Paty do Alferes RJ, during the months from January to March 1997 in the crop cycle of cucumber (*Cucumis sativus* L.). The experiment was located Red Yellow, intermediate texture latossólico sandy clay / clay and slope of 60%. Were installed Wischmeier-type plots in an area of 22.0 x 4.0 m getting different tillage systems of soil. At the end of each plot were installed two tanks for the storage of rainwater and sediment carried by runoff. The treatments used were: (i) with tractor plowing down hill and burning of crop residues (MAQ), (ii) with tractor plowing down hill with no burnt remains of natural vegetation between the lines (MANQ), (iii) tillage with animal traction in level, grass tracks, each placed 7.0 m (AA) and (iv) minimum tillage, roçado and coveamento (CM). Is used four replicates per treatment. On lines and mounds of each plot was collected samples of the arable layer of soil before planting and after harvest. After each rain the sediment carried by erosion were collected, dried, weighed and saved for later analysis. Samples of soil and sediment were destorroadas, passed through a sieve of 2 mm, ground in agate mortar and passed by the sieve of 500 μm . The total concentration of Ca, Mg, K and P were determined in extracts obtained from the digestion nitro perchloric. OP labile and exchangeable K were extracted with the solution of extractor Mehlich 1 (North Carolina). The exchangeable Ca and Mg were extracted with solution of KCl 1N. P was fractionated into organic and inorganic forms through the method of Bowman. The carbon was determined using the Walkley Black wet digestion, and pH determined in water in proportion 1:2.5 (soil water). The CM reduced the loss of exchangeable bases and P and also influence the distribution in the labile and organic forms of P. The use of vegetable waste in the plot under CM, an increase in organic matter content. Treatment MAQ, typical of the region, was the most loss of Ca, Mg, K and P.

Key Words: soil cultivation, P fraction, soil erosion loss.

INTRODUÇÃO

A erosão provocada pelas chuvas é influenciada pelo regime hídrico, topografia do terreno, natureza do solo e práticas agrícolas (Núñez, 1999). Um dos grandes problemas provocados pela erosão é a perda de solo, matéria orgânica, nutrientes e, portanto, da fertilidade do solo.

Um dos sistemas de cultivo mais difundidos no Brasil é a aração através do uso de dis-

cos, o qual tende a degradar as condições físicas do solo. Outros sistemas de manejo do solo empregados na agricultura no Brasil procuram não apenas melhorar a produtividade mas, principalmente, reduzir a erosão e evitar a degradação do solo. Alguns estudos têm demonstrado diferenças nos atributos físicos e químicos do solo quando se comparam sistemas reduzidos e convencionais (De Maria & Castro; 1993). No sistema convencional, ocorre o revolvimento do solo, homogeneizando a dis-

tribuição de nutrientes, enquanto que nos sistemas sob plantio direto, onde o solo não é revolvido, os fertilizantes são incorporados na linha de semeadura e mais recentemente, os corretivos são aplicados na superfície, portanto, ocorre acúmulo na camada superficial dos corretivos e fertilizantes aplicados, bem como dos nutrientes provenientes dos resíduos vegetais deixados sobre o solo. Nesse sentido, Santos *et al.* (1995), constataram após três anos de plantio direto, acúmulo de Ca, Mg e K trocáveis e P extraível, nas camadas superficiais em comparação ao preparo convencional, mas não foram observadas diferenças significativas no pH. Entretanto, Muzilli (1983), verificou após quatro anos da aplicação de 2,0 t ha⁻¹ de calcário na superfície (plantio direto) ou incorporado ao solo (preparo convencional), houve maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais sob plantio direto, mas a distribuição de potássio, cálcio e magnésio trocáveis foi similar entre os dois sistemas de preparo.

A principal forma de perda de fósforo em áreas agrícolas de alta declividade ocorre por efeito da erosão (Resende *et al.*, 1996). O fósforo transportado pela erosão do ambiente terrestre para ambientes aquáticos pode estar tanto na forma solúvel como na forma oclusa. Como o fósforo é fortemente adsorvido pelas argilas e na matéria orgânica, a maior proporção do fósforo transportado, pelas enxurradas, para os ambientes aquáticos, a partir de solos cultivados, ocorre na forma adsorvida (Sharpey & Menzel, 1987)

O município de Paty do Alferes, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, tem a agricultura como principal atividade econômica. Lá são produzidos cerca de 40% de todo o tomate do Estado do Rio de

Janeiro e um grande percentual de outras olerícolas, tais como: repolho, pepino, vagem, pimentão, etc. Na última década, apesar dos altos investimentos, a produção agrícola vem decrescendo devido a problemas como desmatamento; utilização de práticas não adequadas às condições edafo climáticas; realização de grande parte das atividades agrícolas em encostas com declividade média de 45%; e com preparo do solo feito morro abaixo, sem utilização de práticas conservacionistas, provocando a perda excessiva de solo e nutrientes (Núñez *et al.*, 1999)

Este trabalho teve como objetivos: (i) quantificar o acúmulo e as perdas de bases trocáveis e fósforo por erosão influenciada pelo sistema de preparo; e (ii) determinar como os sistemas de preparo do solo influenciam na distribuição das formas químicas de P.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se de parcelas do tipo Wischmeier, instaladas numa área da microbacia de Caetés em 2000, no município de Paty do Alferes RJ, para avaliar as perdas de solo causadas pelas chuvas. A cultura plantada foi a do pepino (*Cucumis sativus L.*) e os insumos agrícolas utilizados e as quantidades aplicadas no experimento estão apresentados no Quadro 1.

As parcelas estavam localizadas em uma área de Argissolo Vermelho Amarelo latossólico (Udult, Acrisol), textura argila arenosa/argilosa, típica da região, com uma declividade em torno de 60%.

QUADRO 1. Época de plantio e colheita do pepino (*Cucumis sativus L.*), e os insumos agrícolas utilizados e as quantidades aplicadas.

Cultura	Período de cultivo	insumos agrícolas utilizados	Quantidade aplicada kg ha ⁻¹
Pepino	Dez.96	esterco de curral	40000
	Mar 97	torta de mamona	2000
		termof. Yoorin	800
		KCl + (NH ₄) ₂ SO _{4(1:1)}	140

Em cada parcela foi utilizado diferente sistema de preparo do solo, tais como:

(i) MAQ: aração com trator morro abaixo e restos vegetais queimados (preparo típico da região);

(ii) MANQ: aração com trator morro abaixo e restos vegetais não queimados;

(iii) AA: aração com tração animal em nível, faixas de capim colônias a cada 7 m, e

(iv) CM: cultivo mínimo com preparação de covas em nível.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições totalizando 16 unidades experimentais (parcelas). Os tratamentos são designados pelas siglas correspondentes aos sistemas de preparo de solo. As adubações e os controles fitossanitários foram os mesmos em todos os tratamentos. Coletaram-se, em todos os tratamentos, nas entrelinhas e nas covas, antes do plantio e depois da colheita, 20 amostras simples para formar uma amostra composta de solo da camada arável (0-20 cm).

O solo perdido por erosão era armazenado em dois tanques coletores, conectados em série, e instalados ao final de cada parcela. Após cada chuva a suspensão de solo armazenada era homogeneizada, o volume anotado, e uma alíquota de volume conhecido era coletada, seca em estufa com circulação de ar forçada a 60°C, o solo pesado e a quantidade, perdida por erosão, calculada. Ao final do ciclo do pepino as amostras, de cada parcela, coletadas após cada chuva, eram misturadas em quantidades proporcionais as perdas totais calculadas no período, obtendo-se uma amostra composta de material perdido por erosão por parcela.

Após a secagem, as amostras de solo coletadas e das de solo perdidas por erosão foram destorroadas, homogeneizadas e passadas através de uma peneira de 2 mm, sendo em seguida trituradas em almofariz de ágata e guardadas em sacos de plástico para análise.

Nas amostras de solo e no solo perdido

por erosão, dos quatro tratamentos, determinou-se o teor total de cálcio, magnésio, potássio e fósforo, através de digestão nítrico-perclórica, utilizando bloco de digestão e mistura de $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (Tedesco *et al.*, 1997). A fração lábil do P e o potássio trocável foram determinados através da extração com solução de Mehlich 1 e cálcio e magnésio trocáveis foram determinados através da extração com solução de KCl 1N (EMBRAPA, 1997). Foi também realizada a extração seqüencial de P, nas amostras de solo e de sedimentos, utilizando-se o procedimento desenvolvido por Bowman (1989) e descrito na (Fig. 1), para determinar a distribuição do P nas formas orgânicas e inorgânicas. Carbono orgânico foi analisado pelo método da digestão úmida de Walkley Black (EMBRAPA, 1997).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do Programa Estatístico SAEG 5.0. O procedimento adotado para comparação de médias foi o teste Tukey, ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de matéria orgânica no solo, antes do plantio e depois da colheita, em cada um dos quatro sistemas de preparo e também a quantidade perdida por erosão (kg ha^{-1}) no ciclo de cultivo do pepino estão apresentadas no quadro 2. Pode-se observar que os teores de matéria orgânica nos tratamentos MAQ, MANQ e AA foram, significativamente, inferiores quando comparados ao tratamento CM, caracterizando, claramente, a contribuição do cultivo mínimo na redução das perdas de solo por erosão (Fig. 1) como também favorecendo a acumulação de matéria orgânica do solo. Os teores inferiores de matéria orgânica, nos tratamentos MAQ e MANQ, podem estar relacionados com as perdas por erosão de matéria orgânica nos tratamentos MAQ e MANQ que foram cerca de 3 a 6 vezes superior quando comparados aos tratamentos AA e CM, respectivamente. Segundo Bayer e Mielniczuk (1997), a alta intensidade

de revolvimento do solo influencia tanto os regimes de aeração, umidade e temperatura quanto na ruptura de agregados, exposição da superfície, fracionamento e incorporação dos resíduos culturais. Os métodos de preparo do solo afetaram, provavelmente, a taxa de acumulação de matéria orgânica tanto pelas perdas

por erosão (Fig. 1) como pela mineralização. Resultados semelhantes foram encontrados por De Maria e Castro (1993), que também verificaram teores de matéria orgânica menores nos tratamentos em que envolvia maior intensidade de revolvimento do solo.

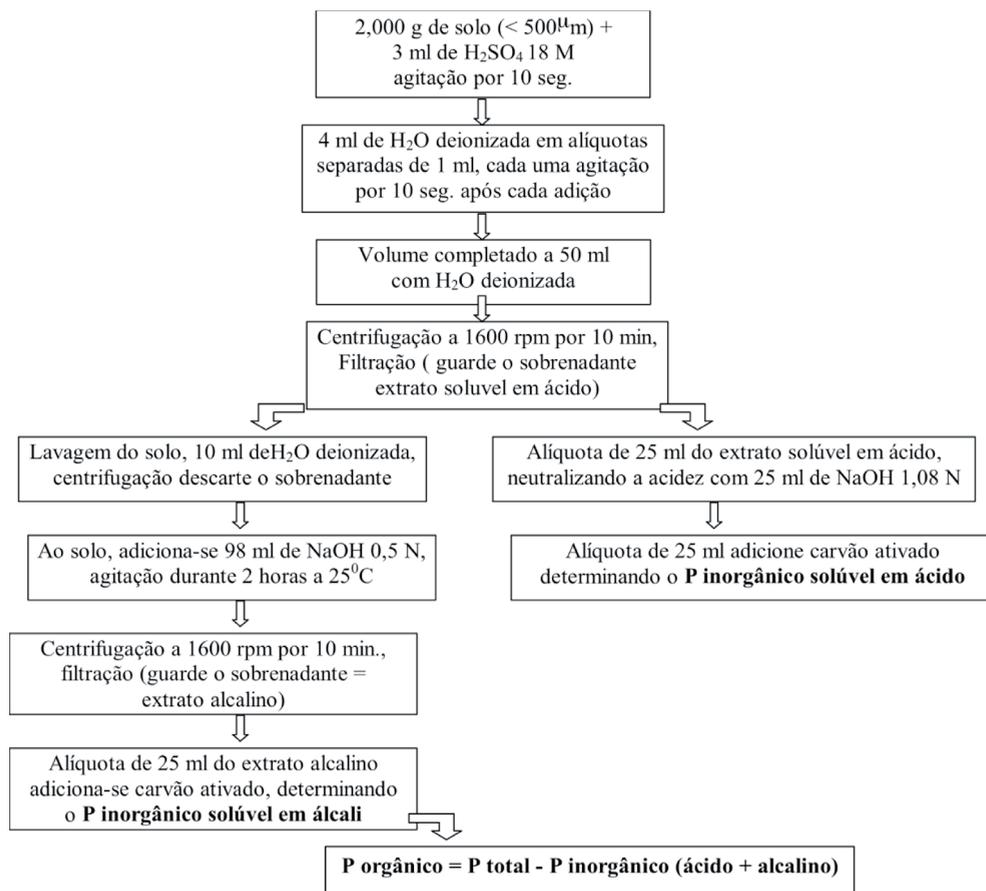


FIGURA 1. Esquema de fracionamento de P desenvolvido por Bowman (1989).

QUADRO 2. Teores no solo e perdas de matéria orgânica por erosão em função do sistema de preparo.

Preparo do solo	Teor de matéria orgânica				Perda por erosão -kg ha ⁻¹ -
	Entre linhas ⁽¹⁾	Entre linhas ⁽²⁾	Covas ⁽¹⁾	Covas ⁽²⁾	
	—g kg ⁻¹ —				
MAQ	26,7 ⁽¹⁾ b*	25,2 ⁽²⁾ b	28,8 ⁽¹⁾ b'	23,6 ⁽²⁾ b'	1543a
MANQ	24,5b	24,1b	24,1b	17,9c	1465b
AA	28,3b	25,0b	30,0b	26,9a	536c
CM	42,2a	35,3 ^a	42,2a	29,8a	269d

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey

⁽¹⁾ Antes do plantio

⁽²⁾ Depois da colheita

O quadro 3, apresenta os teores totais e trocáveis sob os quatro métodos de cultivo do solo. Os resultados são apresentados em tabelas separadas para cada elemento (potássio, cálcio e magnésio) na camada arável das parcelas preparadas.

QUADRO 3 Conteúdo de bases trocáveis nos quatro tratamentos antes do plantio e depois da colheita (cmol kg⁻¹)

Preparo do solo	K		Ca		Mg	
	trocável	total	trocável	total	trocável	total
— entre linhas —						
<i>Antes do plantio</i>						
MAQ	0,47a	2,25b	1,96b	14,91ab	1,17b	6,21a
MANQ	0,47a	2,79b	1,99b	9,22b	1,17b	3,84a
AA	0,30b	2,33b	2,07ab	11,29ab	1,17b	5,07a
CM	0,53a	3,46a	2,21a	15,87a	1,29a	6,97a
<i>Depois da colheita</i>						
MAQ	0,57c	1,42b	1,14a	5,24a	1,12a	3,38ab
MANQ	0,80b	1,58b	1,37a	6,03a	1,13a	2,38b
AA	0,80b	1,58b	1,00a	5,20a	1,13a	4,09ab
CM	1,32a	2,58a	0,93a	8,28a	1,14a	4,76a
— covas —						
<i>Antes do plantio</i>						
MAQ	0,51b	3,33a	2,07a	12,56b	1,39c	5,47b
MANQ	0,52b	3,25a	2,15a	13,86b	1,49b	6,09ab
AA	0,37c	2,83a	2,47a	15,30b	1,37c	6,52ab
CM	0,62a	3,79a	2,44a	13,68a	1,56a	8,09a
<i>Depois da colheita</i>						
MAQ	1,22b	2,33ab	0,84ab	7,82 ^a	1,25a	3,43a
MANQ	1,40b	1,67b	0,70b	5,50b	1,35a	3,31a
AA	1,22b	1,58b	0,83ab	6,54ab	1,22a	4,93a
CM	2,56a	2,92a	1,03a	8,25 a	1,22a	4,66a

Médias seguidas da mesma letra não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Destaca-se o acúmulo de K total e na forma trocável no CM bem superior aos teores existentes nos outros sistemas de preparo. Centurion *et al.* (1985), encontraram, também, nos sistemas de preparo reduzido do solo acúmulo de K trocável na camada de 0-5 cm do perfil, superior ao observado no sistema convencional, verificando também nas camadas inferiores, nesse preparo, uma elevada concentração de K possivelmente, pela lixiviação provocada pela maior taxa de infiltração e solubilidade deste nutriente. Nos outros sistemas de preparo verificou-se uma distribuição mais uniforme desse nutriente, pelo maior revolvimento do solo. Apesar da diminuição da concentração total do K, depois da colheita em todas as parcelas, houve um aumento na concentração do K trocável tanto nas entre linhas como nas covas. Numa primeira etapa as altas quantidades de K absorvidas pelas plantas provocam uma diminuição do K disponível no solo, nos estádios seguintes de crescimento, a lavagem de potássio das folhas e colmos pelas águas da

chuva resulta em um acúmulo no solo, com a formação de um gradiente a partir do colmo da planta.

A quantidade de potássio, cálcio e magnésio perdida por erosão, em cada sistema de preparo do solo, é apresentado no quadro 4. O CM minimizou as perdas de potássio quando comparado com os outros preparos. O cultivo MAQ provocou uma perda excessiva de potássio o que em condições de produção comercial, ocasionaria grandes prejuízos ao produtor, além das perdas que ocorrem por lixiviação devido a alta solubilidade que apresenta este nutriente, principalmente em solos mais arenosos. Observa-se também o acúmulo de Ca e Mg trocáveis no CM (Quadro 3), apesar de não ter sido feita a calagem no solo antes de se plantar o pepino, o aumento do teor destes nutrientes pode ter sido pela presença nos produtos utilizados como: termofosfato Yoorin, adubos orgânicos assim como também nos resíduos de cultura.

QUADRO 4 Perdas de K, Ca e Mg por efeito da erosão nos quatro sistemas de preparo do solo.

Preparo do solo	Ca		Mg		K	
	trocável	total	trocável	total	trocável	Total
—kg ha ⁻¹ —						
MAQ	18 a ⁽¹⁾	75 a()	16 a()	41 a()	32 a()	198 a()
MANQ	13b()	42b()	11 a()	20b()	24 b()	100 b()
AA	5c()	17c()	4b()	12c()	7 c()	59 c()
CM	2d()	10d()	2b()	6d()	5 c()	32 d()

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, nas colunas de amostras coletadas no mesmo local e época, para cada forma química de fósforo, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Sidiras & Pavan (1985), observaram nos sistemas de plantio direto e solo sob cobertura permanente, aumento no pH e nos teores de Ca, Mg e K, associando estes níveis elevados ao retorno dos resíduos vegetais à superfície do solo, os quais contribuíram também para reduzir os problemas da acidez. Podemos observar também no quadro 4, que as perdas por erosão de Ca e Mg foram inferiores as de K, destacando-se, da mesma forma como verificado para o K,

a menor perda no sistema CM com relação aos outros preparos. Entretanto, Chaves & Libardi (1995), trabalhando com um solo Podzólico Vermelho-Amarelo de Piracicaba-SP observaram que as quantidades de Ca e Mg perdidas por erosão foram maiores que as quantidades de K, atribuindo este fato a menor mobilidade do Ca e Mg e, conseqüentemente, maior acúmulo na camada do solo perdida por erosão. Eles também encontraram que a medida que

aumentava o pH do solo, era maior a retenção de K e especialmente de Ca e Mg, considerando este aumento como o resultado de uma maior retenção de bases provocada pela liberação de cargas negativas dependentes do pH.

As formas e o teor total de fósforo dos solos amostrados nas diferentes parcelas, antes do plantio e depois da colheita são apresentados no quadro 5.

Verifica-se na parcela sob cultivo mínimo os teores mais elevados de P total, tanto nas entrelinhas como nas covas das parcelas, o que demonstra, claramente, que este sistema de cul-

tivo ao reduzir as perdas de solo por erosão (Figura 2) também favoreceu a acumulação de fósforo de forma semelhante ao observado para as bases trocáveis. Verifica-se também no quadro 5, que o sistema de preparo influenciou na distribuição do P lábil e nas formas orgânicas e inorgânicas de fósforo. Quantidades mais elevadas de P lábil foram verificadas no CM quando comparado com os outros sistemas, onde o solo foi mais revolvido, favorecendo, provavelmente, uma maior disponibilidade desse nutriente.

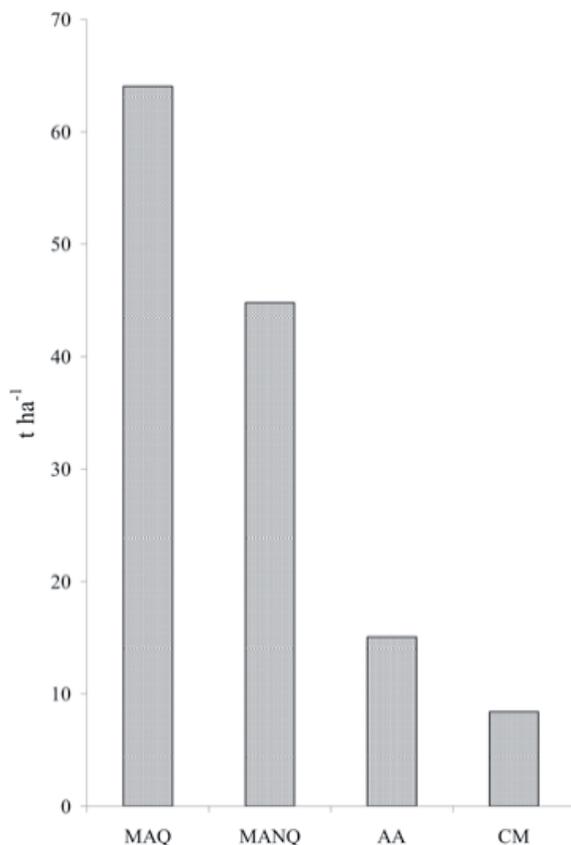


FIGURA 2. Perda de solo por erosão (t ha⁻¹) em função do sistema de preparo do solo no ciclo de cultivo do pepino (*Cucumis sativus* L.).

QUADRO 5. Teor de P lábil e fracionamento de P nas diferentes formas químicas do solo nos tratamentos antes do plantio e depois da colheita (mg kg⁻¹)

Preparo do solo	P lábil	P inorgânico	P orgânico	P total
<i>Entrelinhas</i>				
<i>Antes do plantio</i>				
MAQ	33,3 (14,6) ⁽²⁾ b ⁽¹⁾	161,8 (71,0)b	66,2 (29,0)b	228,1c
MANQ	38,8 (14,8)b	185,0 (70,7)a	76,7 (29,3)a	261,8b
AA	39,6 (18,6)b	151,1 (70,9)b	62,0 (29,1)c	213,1d
CM	78,8 (28,9)a	193,2 (70,8)a	79,7 (29,2)a	268,6a
<i>Depois da colheita</i>				
MAQ	27,0 (14,6)b	145,8 (78,9)c	39,0 (21,1)d	184,8c
MANQ	27,0 (12,4)b	166,8 (76,4)b	51,5 (23,6)b	218,2b
AA	27,7 (15,0)b	140,5 (76,2)d	43,9 (23,8)c	184,4c
CM	76,9 (30,9)a	179,2 (71,9)a	70,4 (28,3)a	249,6a
<i>Covas</i>				
<i>Antes do plantio</i>				
MAQ	42,4 (8,0)c	357,9 (70,9)d	146,8 (29,1)b	504,7b
MANQ	48,1 (9,0)c	379,2 (70,9)b	155,3 (29,1)ab	534,6a
AA	79,8 (15,2)b	370,7 (70,0)c	151,4 (29,0)ab	522,2ab
CM	121,8 (22,1)a	390,3 (70,7)a	161,7 (29,3)a	552,1a
<i>Depois da colheita</i>				
MAQ	44,6 (10,1)c	347,8 (78,6)c	94,7 (21,4)d	442,5d
MANQ	47,3 (10,2)c	347,8 (75,4)c	113,4 (24,6)c	461,3c
AA	77,1 (15,9)b	357,7 (73,6)b	128,3 (26,4)b	486,0b
CM	110,8 (21,6)a	369,0 (71,6)a	146,4 (28,4)a	515,3a

⁽¹⁾Médias seguidas da mesma letra, nas colunas de amostras coletadas no mesmo local e época, para cada forma química de fósforo, não diferem ao nível de 5 % pelo teste de Tukey

⁽²⁾Os números entre parênteses indicam a percentagem que representa em relação ao P total.

Os Argissolos são solos que apresentam um horizonte Bt com acúmulo de argila que neste caso é composta principalmente de caulinita e óxidos de ferro e alumínio (Núñez *et al.*, 1999), os quais possuem sítios específicos de adsorção de P. O maior revolvimento do solo aumentará a superfície de contato dos horizontes sub superficiais com os fosfatos solúveis aumentando a fixação das formas mais lábeis desse elemento. Nesse sentido, Novais *et al.* (1985) mostraram que quanto maior o revolvimento do solo, maior será a adsorção do fósforo, provocando um aumento na velocidade das transformações do P lábil para formas não lábeis.

O fósforo inorgânico, em todos os trata-

mentos, representou quase 70% do total, o fósforo orgânico, em torno de 29% e o lábil correspondeu a aproximadamente 28%, das amostras coletadas nas entrelinhas e 30% nas covas no solo das parcelas sob CM. Entretanto, verificou se uma menor percentagem (14 e 8%) dessa fração mais disponível, no sistema de cultivo MAQ, típico da região. Verificou se também, uma diminuição nas percentagens de fósforo orgânico, nas amostras coletadas após a colheita, nos três sistemas de cultivo mais tradicionais, porém no CM foi mantida em torno de 28%, demonstrando o efeito da matéria orgânica do solo sobre essa fração.

No cultivo mínimo os resíduos de cultura são aproveitados deixando os sobre a superfície

do solo, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica (Figura 1) e conseqüentemente de P orgânico (Quadro 3). Grande parte destes resíduos é rico em P, sua decomposição e posterior mineralização do P orgânico, provavelmente, forneceria P inorgânico para a reassimilação microbiana, absorção vegetal e reação com os componentes minerais. Segundo Guerra (1993), o P orgânico seria estabilizado junto à matéria orgânica ou poderia interagir com os componentes minerais do solo.

As frações lábil e inorgânica, depois da colheita, demonstraram um ligeiro aumento, provavelmente, devido a mineralização e liberação do P orgânico do solo em todos os preparos.

As perdas de P por erosão, nas diferentes formas químicas, nos quatro sistemas de preparo do solo, estão no quadro 6. Verifica-se que a quantidade total de P_2O_5 perdida por erosão no CM é bem inferior do que nos outros três sistemas de preparo. No tratamento MAQ as perdas de P_2O_5 foram cerca de 12 vezes maior que no CM. Esses resultados também demonstram que a simples permanência de vegetação nas entrelinhas, no tratamento MANQ, reduziu as perdas totais de P em 36% quando comparado ao sistema típico da região (MAQ). Resultados semelhantes foram encontrados em também verificaram que o método de preparo do solo afetava a quantidade de P_2O_5 perdido por erosão.

QUADRO 6. Perda de fósforo, na forma lábil e nas diferentes formas orgânicas e inorgânicas de P_2O_5 em função do sistema de preparo do solo no ciclo de cultivo do pepino.

Preparo do solo	P_2O_5 (kg ha ⁻¹)			Total
	lábil	inorgânico	orgânico	
MAQ	8,8 (10,3) ^{1)a(2)D}	52,2 (62,0) aB	31,9 (37,8) aC	84,1 aA
MANQ	5,9 (11,1) bD	33,7 (62,8) bB	19,9 (37,2) bC	53,6 bA
AA	2,3 (11,4) cD	13,2 (65,9) cB	6,9 (34,1) cC	20,1a cA
CM	0,9 (13,0) dD	4,8 (70,0) dB	2,1 (30,0) dC	6,9 dA

⁽¹⁾ Os números entre parênteses mostram a percentagem que representa cada fração com relação ao P_2O_5 total.

⁽²⁾ Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Constata-se uma maior eficiência do tratamento CM na conservação do P_2O_5 aplicado ao solo, ao reduzir as perdas de P por erosão. O segundo sistema de preparo de maior eficiência foi o AA, demonstrando que uma menor alteração da estrutura do solo e o uso de barreiras naturais são práticas agrícolas eficientes para conservação do solo e manutenção da sua fertilidade.

Esses resultados demonstram, inequivocamente, que o sistema MAQ, típico da região, traz grandes prejuízos financeiros aos agricultores da microbacia e elevado impacto ambiental.

CONCLUSÕES

(i) O cultivo mínimo (CM) mostrou ser o

método de preparo do solo mais eficiente diminuindo, significativamente as perdas de solo de Ca, Mg, K e P por erosão. Práticas agrícolas simples e baratas como a utilização de faixas de vegetação permanente, com grama nativa nas entre linhas das parcelas, também demonstraram ser métodos efetivos para reduzir as perdas de solo.

(ii) O cultivo mínimo (CM) teve um claro efeito na distribuição das formas químicas de P, favorecendo especialmente o acúmulo das frações de P lábil e orgânico no solo.

Parte da tese de mestrado do primeiro autor, apresentada ao Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Ja-

neiro (UFRRJ), Seropédica (RJ).

Pesquisa realizada com recursos da União Européia e Ciamb PADCT/FINEP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bayer, C.; Mielniczuk, J. (1997) Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p.105-112.
- Bowman, R.A. (1989) A sequential extraction procedure with concentrated sulfuric acid and dilute base for soil organic phosphorus. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 53, p.362-366.
- Carvalho, M.P.; Cataneo, A.; Lombardi Neto, F. (1997) Parâmetros de erosividade da chuva e da enxurrada correlacionados com as perdas de solo e determinação da erodibilidade de um podzólico vermelho amarelo de Pindorama. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.21, p.279-286.
- Centurion, J.F.; Demattê, J.L.I. ; Fernandes, F.M. (1985) Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.9, p.267-270.
- De Maria, I.C.; Castro, O.M. (1993) de Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.17, p.471-477.
- EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. (1997) Manual de métodos de análise de solo. 2. ed.. Rio de Janeiro, 212p.
- Guerra, J.G.M. (1993) Produção sazonal de *Brachiaria Decumbens* Stapf, conteúdo de fósforo orgânico e microbiano em solos tropicais de baixa fertilidade natural. Itaguaí, 1993. 234p. Tese (Doutorado). UFRRJ
- Guerra, J.G.M.; Almeida, D.L. de; Santos, G.A.; Fernandes, M.S. (1996) Conteúdo de fósforo orgânico em amostras de solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.31, p.291-299.
- Muzilli, O. (1983) Influência do sistema de plantio direto comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.7, p.95-102.
- Novais, R.F.; Bahia Filho, A.F.C.; Ribeiro, A.C.; Vasconcelos, C.A. (1985) Solubilização de fosfatos incubados com amostras de latossolo submetidas a diferentes números de revolvimento. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 9, p.23-26.
- Núñez, J.E.V; Amaral Sobrinho, N.M.B.; Palmieri, F.; Mesquita, A A.(1999) Consequências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre a contaminação do solo, sedimentos e água por metais pesados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, p.981-990.
- Resende, M.; Ker, J.C.; Bahia Filho, A.F.C. (1996). Desenvolvimento sustentado do Cerrado. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F. e FONTES, M.P.F. (Eds.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, p.169-200.
- Resende, S.B. de; Resende, (1996) M. Solos dos Mares de Morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Eds.) O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, p. 261-288.
- Sharpley, A.N. ; Menzel, R.G. (1987) The impact of soil and fertilizer phosphorus

- on the environment. *Advance in Agronomy*, San Diego v.41, p.297-324.
- Sharpley, A.N.; Smith, S.J.; Jones, O.R.; Berg, W.A.; Coleman, G.A.(1992) The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *Journal Environmental Quality*, Madison, v.21,p.30-35.
- Silva, M.L.N.; Freitas, P.L.; Blancaneaux, P.; Curi, N. & Lima, J.M. (1997) Relação entre parâmetros da chuva e perdas de solo e determinação da erodibilidade de um latossolo vermelho-escuro em Goiânia (GO). *R. bras. Ci. Solo*, Campinas, v.21, p.131-137.
- Sposito, G. (1999) *The chemistry of soils*. New York: Oxford University Press, 234p.