

INFLUÊNCIA DE SISTEMAS DE PREPARO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ)⁽¹⁾

J. O. A. P. OLIVEIRA⁽²⁾, P. S. VIDIGAL FILHO^(3,4), C. A. TORMENA⁽³⁾,
M. G. PEQUENO^(2,5), C. A. SCAPIM^(3,4), A. S. MUNIZ⁽³⁾ & E. SAGRILO⁽²⁾

RESUMO

Realizou-se este estudo no noroeste do estado do Paraná, durante os anos agrícolas de 1994/95 e 1996/97, para avaliar os efeitos de sistemas de preparo em algumas propriedades físicas e químicas de um Nitossolo Vermelho distrófico latossólico e na cultura da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). Os tratamentos utilizados constituíram-se de três sistemas de preparo de solo: plantio direto; preparo mínimo (escarificação + gradagem niveladora) e preparo convencional (arado de aiveca + gradagem niveladora). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições. Na camada de 0-0,10 m, os maiores valores de macroporosidade foram obtidos com os sistemas de preparo mínimo e preparo convencional, enquanto o plantio direto apresentou os maiores valores de densidade do solo. O preparo mínimo propiciou as maiores concentrações de P disponível, de K⁺ e de Ca²⁺, bem como menor concentração de Mg²⁺, na camada de 0-0,05 m do solo. O teor de matéria orgânica do solo não sofreu influência dos sistemas de preparo. O preparo mínimo e o convencional propiciaram maior altura de plantas e maior produção de raízes tuberosas, nos dois anos de avaliação. Comparado aos outros sistemas de preparo, o plantio direto propiciou menores produtividades de parte aérea e de raízes tuberosas.

Termos de indexação: propriedades físicas do solo, fertilidade do solo, cultivo mínimo, plantio direto, porosidade do solo.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Recebido para publicação em janeiro de 2000 e aprovado em fevereiro de 2001.

⁽²⁾ Pós-Graduando em Agronomia da Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo 5790, CEP 87020-900 Maringá (PR). E-mail: esagrilo@hotmail.com

⁽³⁾ Professor do Departamento de Agronomia, UEM. E-mail: vidigal@cca.uem.br; psvfilho@uem.br

⁽⁴⁾ Bolsista do CNPq.

⁽⁵⁾ Engenheiro-Agrônomo da EMATER-PR. Escritório Regional. CEP 87300-030 Campo Mourão (PR). E-mail: genildo@cmf.com.br

SUMMARY: *INFLUENCE OF SOIL TILLAGE SYSTEMS ON CASSAVA (Manihot esculenta, CRANTZ) YIELD*

The study of the effects of soil tillage systems on some physical and chemical properties of a Typic Paleudal and on cassava yield (Manihot esculenta, Crantz) was carried out in the northwest of the state of Paraná, Brazil in 1994/95 and 1996/97. Three soil tillage systems were used: (a) no-tillage; (b) minimum tillage (field cultivator and disc harrowing); and, (c) conventional tillage (mouldplowing and disc harrowing). A randomized complete block experimental design with six replications was used. Higher macroporosity values in the 0.10 m soil layer were obtained in the minimum tillage and conventional cultivation systems. No tillage had the highest soil density and the lowest macroporosity values. Minimum tillage resulted in the greatest concentration of available phosphorus, K^+ and Ca^{2+} , and the lowest concentration of Mg^{2+} in the 0-0,05 m soil layer. Soil organic matter content was not influenced by the preparation systems. Minimum tillage and conventional tillage systems resulted in the tallest plants and highest tuberous root yields in the two years of assessment. When compared to the other tillage systems, no-tillage presented smaller plants and lower yield.

Terms index: soil physical properties, soil fertility, soil tillage, no till, soil porosity.

INTRODUÇÃO

As práticas culturais influenciam a produtividade da mandioca e, dentre elas, destaca-se o sistema de preparo por sua influência nas propriedades físicas e químicas do solo. Os efeitos dos sistemas de preparo sobre as condições físicas do solo dependem do tipo de solo, do tipo de implemento e da sua intensidade de uso (Gavande, 1972).

Verifica-se que, para algumas culturas, o preparo mínimo do solo propicia maiores produções em comparação com o convencional (Souza & Carvalho, 1995). No entanto, especificamente para a cultura da mandioca, são poucos os resultados de avaliações dos efeitos dos sistemas de preparo do solo (Souza & Carvalho, 1995). Os resultados obtidos por Souza et al. (1994a), em um Latossolo Amarelo álico textura média indicaram que a profundidade de aração mais adequada para a obtenção de elevadas produtividades em cultura de mandioca não deverá ultrapassar 0,20 m.

A percentagem de germinação das manivas-sementes e a produção de raízes tuberosas da mandioca foram influenciadas significativamente pelos métodos de preparo do solo (Howeler & Cadavid, 1984). Howeler et al. (1993) também relataram que culturas, cujos produtos são raízes ou tubérculos, são sensíveis à degradação física do solo pelos sistemas de preparo.

Embora a produção das culturas em sistema plantio direto possa oferecer atributos desejáveis na conservação dos solos, a produção de raízes tuberosas de mandioca é consistentemente menor, quando submetida a este sistema plantio, em comparação

com o preparo convencional (Akobundu, 1983). No entanto, em solos de alto teor de matéria orgânica (Ohiri & Ezumah, 1990; Hulugalle & Ndi, 1993) e em solos de textura franco-arenosa (Tonglum et al., 1988), a mandioca cultivada em sistema plantio direto teve produção similar à cultivada em sistema plantio convencional.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de sistemas de preparo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Nitossolo Vermelho distrófico latossólico e na produtividade da cultura da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz), na região noroeste do estado do Paraná, principal pólo produtor da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos em área pertencente à Pinduca Indústria Alimentícia Ltda, no município de Araruna (PR), durante os anos agrícolas 1994/95 e 1996/97. O solo foi classificado como Nitossolo Vermelho distrófico latossólico (EMBRAPA, 1998), no qual, há mais de 10 anos, práticas convencionais de preparo de solo para instalação de culturas anuais (trigo/milho/aveia/soja) vinham sendo realizadas.

Antes do experimento, as culturas presentes na área, em sucessão, eram as de trigo, milho, aveia e soja. O experimento foi instalado imediatamente após a colheita da cultura da soja, a qual sucedeu à cultura do trigo. O resultado da análise química do solo da camada de 0-0,20 m, antes do experimento,

apresentou a seguinte composição química: pH (CaCl_2), 6,00; Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 0,00; $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 2,74; $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{+2}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 9,72; Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 6,91; Mg^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 2,81; K^+ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), 0,67; P (mg dm^{-3}), 11,41; C (g dm^{-3}), 1,32. O solo é composto por teores de areia, silte e argila de 420, 160 e 420 g kg^{-1} , respectivamente.

Os métodos utilizados nestas análises são descritos por EMBRAPA (1997). O clima na região do estudo é classificado como Cfb, mesotérmico, sem estação seca, com verão quente (Godoy et al., 1976), com temperatura anual média de 21,5°C, precipitação média anual de 1.617 mm e umidade relativa média do ar anual de 62%.

Em ambos os anos agrícolas avaliados (1994/95 e 1996/97), a instalação dos experimentos iniciou-se no mês de abril, com a semeadura de aveia preta (*Avena strigosa*, Schreb). Quando da floração plena da aveia, ocorrida por volta de 110-130 dias após a emergência das plantas, a cultura foi rolada por meio de um 'rolo-faca', conforme recomendação de Brinholi (1994), e, em seguida, efetuou-se o plantio da mandioca. Após o primeiro cultivo de mandioca, no ano agrícola de 1994/95, toda área experimental foi submetida ao sistema de preparo convencional (aração com arado de discos, seguida de gradagem niveladora) e, em seguida, fez-se o plantio do milho. Em 1996, efetuada a colheita do milho, semeou-se novamente a cultura da aveia, por meio de semeadura direta, e, em seguida, procedeu-se ao segundo plantio de mandioca. Em ambos os anos agrícolas, a cultura da mandioca foi introduzida no início de outubro.

Os tratamentos utilizados foram constituídos de três sistemas de preparo de solo: plantio direto (revolvido apenas ao longo das linhas de plantio); preparo mínimo (escarificação, seguida de gradagem niveladora e posterior plantio); preparo convencional (aração com arado de aiveca na profundidade de 0,20-0,25 m, seguida de gradagem niveladora).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com seis repetições. Cada parcela experimental teve como área total 147 m^2 (7,0 x 21,0 m) e área útil de 30 m^2 (2,0 x 15,0 m). Na cultura de mandioca, utilizou-se o espaçamento de 1,0 m entre as linhas de plantio e de 0,60 m entre as plantas, perfazendo a densidade de plantio de 16.666 plantas/ha.

A cultivar de mandioca utilizada foi a 'Fibra', que se caracteriza por apresentar porte ereto, com elevada altura de primeira ramificação, raízes tuberosas de película clara e fina, feloderma e polpa de coloração branca, com teor de HCN entre 100-200 mg kg^{-1} (Lorenzi & Dias, 1993), cujas manivas-sementes apresentaram comprimento médio entre 0,15-0,20 m e diâmetro de 0,02 a 0,03 m. Por ocasião do plantio, as manivas foram distribuídas em sulcos, na posição horizontal, a 0,10 m de profundidade, mediante a utilização de uma plantadora-adubadora de tração motorizada.

A cultura não recebeu nenhuma adubação, considerando a utilização do residual da adubação efetuada na cultura anterior. Por sua vez, o controle de plantas daninhas e o controle de pragas foram realizados conforme Lorenzi & Dias (1993). Nos dois anos de cultivo, por ocasião da colheita, foram coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,30 m, as quais foram utilizadas na determinação da densidade do solo, da porosidade total, da macro e da microporosidade, conforme EMBRAPA (1997).

No segundo ano de cultivo, foram obtidas amostras deformadas, nas profundidades correspondentes ao centro das camadas de 0-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m, nas quais foram avaliadas as seguintes características químicas: pH em cloreto de cálcio, fósforo e potássio disponíveis, cálcio e magnésio trocáveis e carbono orgânico, conforme EMBRAPA (1997). Avaliaram-se, também, as características de crescimento da planta: altura de plantas, efetuada em períodos de três, seis e nove meses após a emergência; produção de parte aérea e produção de raízes tuberosas.

Os dados dos anos agrícolas 1994/95 e 1996/97 foram submetidos à análise de variância para cada uma das variáveis estudadas. Posteriormente, foi realizada a análise conjunta dos dois anos agrícolas. Neste agrupamento, verificaram-se os quadrados médios residuais, admitindo-se a análise conjunta das variáveis que não ultrapassaram a relação aproximada de 7:1 (Pimentel Gomes, 1990). Quando a interação sistema de preparo x ano foi significativa ($P < 0,05$), procedeu-se os desdobramentos necessários, estudando os métodos de preparo dentro de cada ano. Quando a interação não foi significativa ($P > 0,05$), foi dada ênfase aos efeitos de métodos de preparo nas médias dos dois anos. Quando necessário, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na camada de 0-0,10 m, nos dois anos agrícolas avaliados, os maiores valores de densidade do solo foram encontrados nos sistemas plantio direto e preparo mínimo e os menores no preparo convencional (Quadro 1). Sob plantio direto, o contínuo tráfego de máquinas, aliado à ausência de revolvimento do solo, promoveu aumento da compactação, o que se refletiu num aumento da densidade do solo (Sidiras et al., 1983; Mielke et al., 1986; Gerik et al., 1987).

Também outros autores têm demonstrado a ocorrência de maiores valores de densidade do solo sob plantio direto (Sidiras et al., 1983; Hill et al., 1985; De Maria et al., 1999). Nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, por sua vez, os tratamentos

utilizados não influenciaram significativamente a densidade do solo, em ambos os anos agrícolas avaliados.

A porosidade total do solo (Quadro 1), em todas as camadas estudadas, nos dois anos avaliados, não apresentou diferença significativa entre os sistemas de preparo. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al. (1994b) e Tormena et al. (1998).

Os valores médios de macroporosidade do solo referentes aos dois anos agrícolas avaliados encontram-se no quadro 2. Constatou-se efeito significativo ($P < 0,05$) da interação sistemas de preparo x ano. Na camada de 0-0,10 m, no primeiro ano agrícola, houve efeito significativo do sistema de preparo, com os maiores valores de macroporosidade sendo encontrados no plantio convencional e preparo mínimo e menores valores no sistema plantio direto. No segundo ano de avaliação, por sua vez, maiores valores de macroporosidade, nesta profundidade, foram observados no preparo mínimo, não havendo diferença ($P > 0,05$) entre o plantio direto e o preparo convencional.

De forma geral, o aumento da densidade do solo provoca uma redução do volume de macroporos, como constatado por Tormena et al. (1998). Nas camadas de 0,10-0,20 m e de 0,20-0,30 m, nos dois anos agrícolas avaliados, não foi constatada diferença significativa entre sistemas de preparo nos valores de macroporosidade do solo (Quadro 2). Resultados semelhantes foram também obtidos por Centurion (1987) e Souza & Carvalho (1995).

Com relação à microporosidade (Quadro 2), somente na camada de 0-0,10 m e no segundo ano de cultivo é que foi constatada diferença significativa entre os tratamentos, com obtenção de maiores valores no preparo convencional e valores similares no preparo mínimo e no plantio direto. Por outro lado, nas camadas de 0,10-0,20 m e 0,20-0,30 m, nos dois anos agrícolas avaliados, não foram constatadas diferenças significativas entre os sistemas de preparo de solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Tormena et al. (1998) na avaliação de diferentes sistemas de preparo inicial do solo para instalação de plantio direto.

Analisando as propriedades químicas do solo nas três camadas avaliadas, constatou-se que não houve diferença significativa entre tratamentos quanto aos teores de matéria orgânica do solo (Figura 1). Resultados similares foram obtidos por Siqueira (1995), contrariando os resultados obtidos por Linn & Doran (1984) e Ohiri & Ezumah (1990), que revelaram maiores teores de matéria orgânica no sistema plantio direto.

Neste estudo, a mobilização do solo para o estabelecimento da cultura do milho, após o primeiro ano de cultivo, pode ter contribuído para a homogeneização dos teores de matéria orgânica entre os tratamentos. De acordo com Langdale et al. (1992) e Bruce et al. (1995), com apenas um revolvimento do solo pode-se perder a maior parte do incremento de matéria orgânica obtido com sistemas sem revolvimento do solo. Na superfície,

Quadro 1 . Valores médios de porosidade total e densidade do solo em três camadas do solo submetido a três sistemas de preparo

Sistema de preparo	Porosidade total ($m^3 m^{-3}$)								
	0-0,10 (m)			0,10-0,20 (m)			0,20-0,30 (m)		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média
Mínimo	0,574	0,587	0,581 a	0,555	0,588	0,571 a	0,576	0,588	0,577 a
Plantio direto	0,539	0,554	0,547 a	0,566	0,569	0,567 a	0,562	0,569	0,552 a
Convencional	0,601	0,554	0,577 a	0,609	0,570	0,589 a	0,589	0,570	0,575 a
C.V. (%)	6,77	8,54	7,69	6,92	13,41	10,66	4,92	7,31	6,20
Média geral	0,572	0,565	0,568	0,576	0,576	0,576	0,576	0,559	0,568
Densidade do solo ($Mg m^{-3}$)									
Mínimo	1,42	1,51	1,42 ab	1,47	1,47	1,47 a	1,45	1,48	1,46 a
Plantio direto	1,49	1,56	1,52 a	1,45	1,46	1,45 a	1,48	1,55	1,51 a
Convencional	1,35	1,47	1,41 b	1,44	1,48	1,46 a	1,47	1,48	1,47 a
C.V. (%)	7,41	5,05	6,27	5,39	4,89	5,14	3,50	4,53	4,06
Média geral	1,42	1,51	1,47	1,45	1,47	1,46	1,46	1,50	1,48

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

Quadro 2. Valores médios de macroporosidade e microporosidade em três camadas do solo submetido a três sistemas de preparo

Sistema de preparo	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)								
	0-0,10 (m)		0,10-0,20 (m)			0,20-0,30 (m)			
	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	
Mínimo	0,186 ab	0,215 a	0,118	0,172	0,145 a	0,107	0,152	0,129 a	
Plantio direto	0,121 b	0,113 b	0,129	0,146	0,137 a	0,092	0,103	0,098 a	
Convencional	0,209 a	0,085 b	0,160	0,108	0,134 a	0,112	0,095	0,103 a	
C.V. (%)	30,16	42,60	30,91	49,48	41,69	21,67	49,89	40,03	
Média geral	0,172	0,138	0,136	0,142	0,139	0,104	0,117	0,110	
Sistema de preparo	Microporosidade (m ³ m ⁻³)								
	Mínimo	0,388	0,372 b	0,436a	0,415	0,426 a	0,469	0,425	0,447 a
	Plantio direto	0,418	0,441 b	0,437a	0,422	0,429 a	0,469	0,438	0,453 a
Convencional	0,392	0,468 a	0,448a	0,461	0,455 a	0,477	0,464	0,471 a	
C.V. (%)	6,92	10,62	7,65a	8,50	8,08	2,32	12,76	8,90	
Média geral	0,399	0,427	0,440a	0,433	0,437	0,471	0,442	0,457	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

apesar de não ocorrer diferenças estatisticamente significativas, há uma tendência de aumento dos teores de matéria orgânica nos tratamentos de plantio direto e preparo mínimo, o que se deve ao menor contato resíduo-solo, reduzindo a taxa de decomposição dos resíduos.

Na maioria dos estudos sobre efeitos de sistemas de manejo, tem sido demonstrado que as alterações no teor de matéria orgânica do solo ocorrem a médio ou longo prazo (conforme Rheinheimer et al., 1998), requerendo maior tempo para serem quantificadas. Além disso, os resultados obtidos por Bayer & Bertol (1999) indicam não ser a matéria orgânica total tão sensível aos efeitos dos sistemas de preparo do solo, comparada à fração grosseira da matéria orgânica.

Analisando os teores de P disponível no solo, constatou-se, na camada de 0-0,05 m, diferença significativa entre os sistemas de preparo de solo (Figura 2a), com maiores valores no preparo mínimo e no plantio direto. Verificou-se que, nas outras duas camadas estudadas, não houve influência dos sistemas de preparo quanto aos teores de fósforo. Os resultados obtidos por Centurion (1988) e Siqueira (1995) demonstram que, em profundidade, ocorrem decréscimos nos teores de fósforo, sendo maior no preparo convencional. Tal fato pode ser atribuído ao revolvimento do solo, maior no preparo convencional, possibilitando maior contato entre o fertilizante e as partículas inorgânicas do solo (Raij, 1991).

Com relação ao K⁺ (Figura 2b), foram encontradas diferenças significativas entre os sistemas de preparo na camada de 0-0,05 m, com maiores valores de potássio para o preparo mínimo e para o plantio direto. Tais resultados concordam com os obtidos por

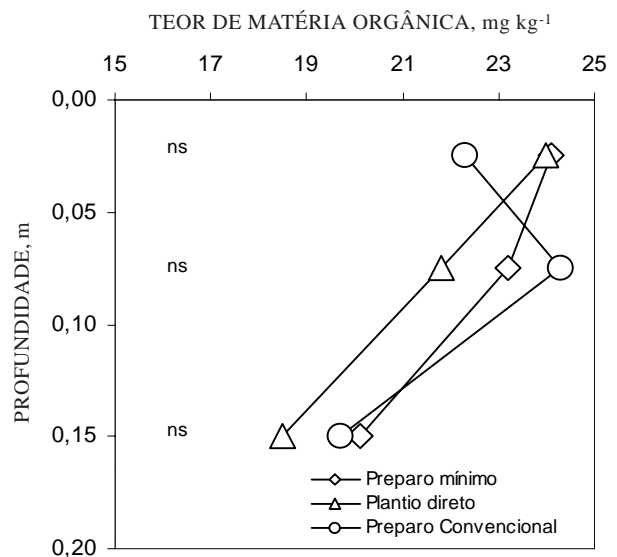


Figura 1. Teor de matéria orgânica do solo, considerando o sistema de preparo e a profundidade de amostragem.

Souza & Carvalho (1995). Para as demais camadas, não houve diferença entre os sistemas de preparo estudados.

Na avaliação dos teores de Ca^{2+} (Figura 2c), na camada de 0-0,05 m, houve diferença significativa entre os sistemas de preparo. Os maiores valores foram obtidos nos sistemas de preparo mínimo e convencional e os menores no plantio direto. Tais resultados são semelhantes àqueles obtidos por Sampaio (1987) em estudo de práticas de preparo de solo em consórcio milho x feijão. Já para Mg^{2+} (Figura 2d), na camada de 0-0,05 m, houve diferença significativa entre os tratamentos, onde o preparo convencional foi superior aos demais, que não diferiu do plantio direto. Os menores valores foram obtidos no preparo mínimo, semelhantes aos do plantio

direto. Já Centurion (1988) e Siqueira (1995) encontraram maiores valores de Mg^{2+} nas camadas de 0-0,05 m nos sistemas com mínima mobilização do solo. Nas demais camadas, não ocorreram diferenças significativas entre os preparos nas duas épocas de amostragem.

Analisando a característica altura de planta da mandioca, verificou-se que não houve efeito para a interação sistema de preparo x ano em todas as épocas avaliadas. Constatou-se, na média dos dois anos (Quadro 3), em todas épocas de avaliação, que os sistemas de preparo mínimo e convencional propiciaram maior altura das plantas. O menor crescimento de plantas no plantio direto também foi constatado por Souza et al. (1994a). A maior altura da parte aérea da planta, no sistema de cultivo mínimo, é de grande

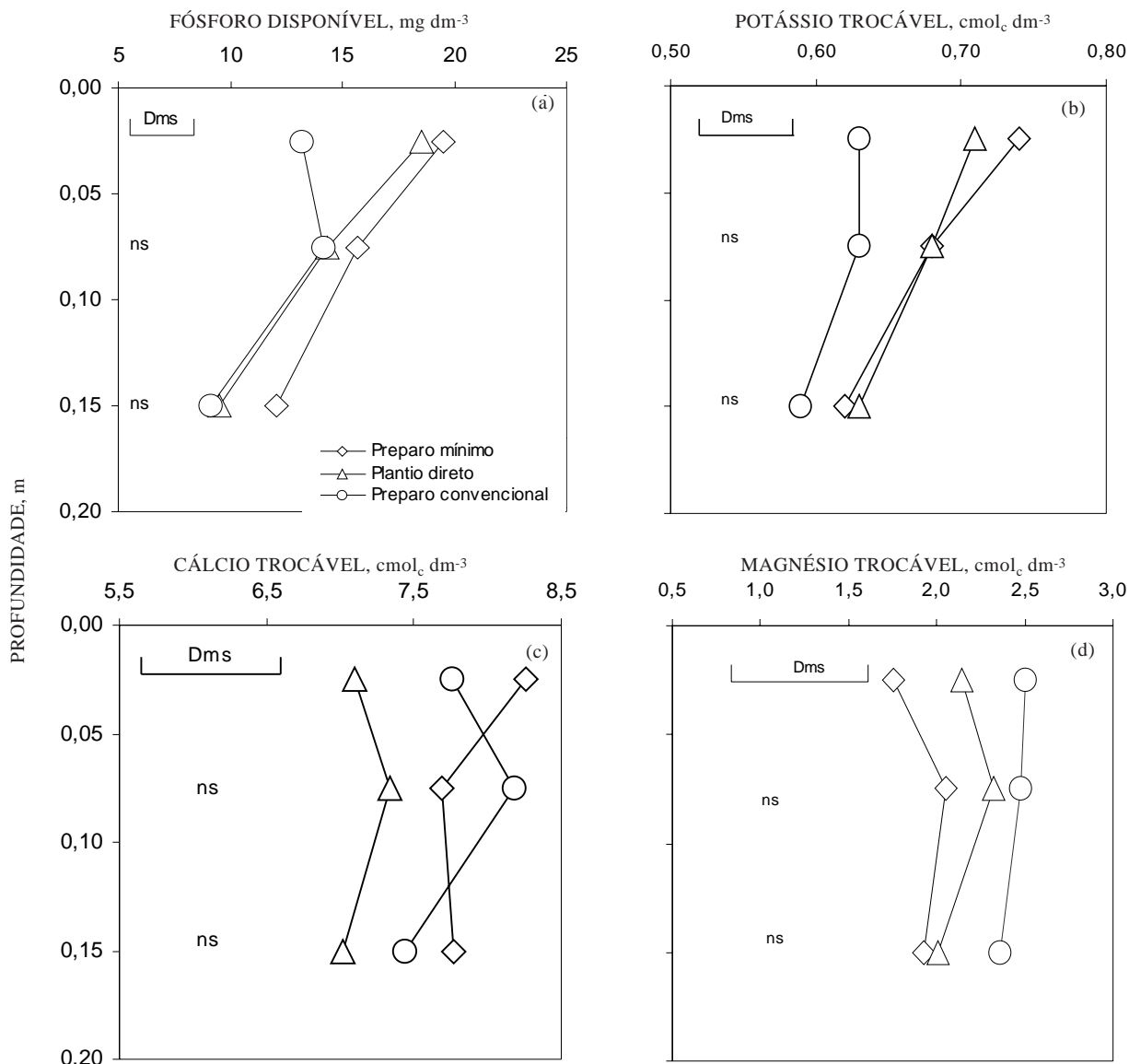


Figura 2. Teores de fósforo disponível (a), potássio trocável (b), cálcio trocável (c) e magnésio trocável (d) do solo, considerando o sistema de preparo e a profundidade de amostragem.

Quadro 3. Altura de plantas aos três, seis e aos nove meses (m) e produção de parte aérea e de raízes tuberosas (t ha⁻¹) de mandioca cultivada sob três sistemas de preparo de solo

Sistema de preparo	Altura de plantas aos três meses (m)			Altura de plantas aos seis meses (m)			Altura de plantas aos nove meses (m)			Produção de parte aérea (t ha ⁻¹)		Produção de raízes tuberosas (t ha ⁻¹)		
	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Média	Ano 1	Ano 2	Ano 1	Ano 2	Média
Mínimo	1,14	0,66	0,90 A	1,68	1,46	1,57 A	1,74	1,46	1,60 A	17,92 A	12,40 A	31,48	21,58	26,53 A
Plantio direto	1,07	0,53	0,80 B	1,54	1,14	1,34 B	1,54	1,14	1,34 B	10,11 B	8,49 B	24,42	17,97	21,19 B
Convencional	1,19	0,63	0,91 A	1,65	1,33	1,49 A	1,65	1,33	1,49 A	16,16 A	8,96 B	32,75	20,12	26,43 A
C.V. (%)	7,68	4,21		4,09	12,21		3,49	12,20		15,80	16,80	11,84	11,07	
Média geral	1,13	0,61		1,62	1,31		1,64	1,31		14,72	9,94	29,55	19,88	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si a 5%, pelo teste Tukey.

importância para a exploração da cultura da mandioca, considerando sua propagação vegetativa e sua utilização na alimentação animal (Conceição, 1979).

Quanto à produção de parte aérea (Quadro 3), constatou-se efeito significativo para a interação sistema de preparo x ano. No primeiro ano, maiores valores médios foram encontrados nos sistemas de preparo mínimo e convencional. Por sua vez, no segundo ano de avaliação, o preparo mínimo sobressaiu-se, superando inclusive o sistema convencional. Nos dois anos agrícolas avaliados, o plantio direto apresentou a menor produção de parte aérea, como também constatado por Souza et al. (1994a). Os resultados obtidos por Ohiri & Ezumah (1990) concordam parcialmente com os resultados aqui obtidos, os quais também obtiveram maiores produções de parte aérea da mandioca no preparo mínimo.

Na análise da produção de raízes tuberosas, verificou-se que não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para a interação sistema de preparo x ano em todas as épocas avaliadas. As maiores produções foram obtidas com o preparo mínimo e o convencional (Quadro 3), ambas significativamente superiores às do sistema plantio direto. Isto pode estar associado às condições físicas do solo mais favoráveis ao crescimento das plantas nesses sistemas de preparo. Conforme Onwueme (1978), as raízes da mandioca primeiro penetram no solo e, posteriormente, crescem em diâmetro. Também conforme Kayombo & Lal (1993), o adequado desenvolvimento das raízes tuberosas de mandioca depende da habilidade do solo em acomodá-las volumetricamente.

Desta forma, sistemas de manejo que propiciem menores densidades são mais vantajosos para o desenvolvimento das raízes tuberosas.

Resultados similares foram obtidos por Seixas (1981) e Ohiri & Ezumah (1990). A redução da produtividade da mandioca, quando da prática

reduzida de preparo de solo, também foi encontrada por Souza et al. (1994a), quando da utilização do plantio em covas, e por Santos (1967), ao utilizar gradagem do solo seguida de coveamento. Embora o plantio direto ofereça atributos desejáveis na conservação dos solos, a produção de raízes de mandioca é consistentemente menor, em comparação com a do preparo convencional (Akobundu, 1983).

CONCLUSÕES

1. Os sistemas de preparo utilizados resultaram em alterações nas propriedades físicas da camada superficial (0-0,10 m), propiciando maiores valores de densidade do solo no plantio direto e maiores valores de macroporosidade no preparo mínimo.
2. O sistema de preparo mínimo propiciou maiores teores de P disponível, Ca²⁺ e K⁺ e menores teores de Mg²⁺ na camada superficial do solo.
3. O teor de matéria orgânica não foi influenciado significativamente pelos sistemas de preparo do solo utilizados.
4. Os sistemas de preparo mínimo e convencional propiciaram maior crescimento das plantas de mandioca.
5. Maiores produções de raízes tuberosas foram obtidas nos sistemas de preparo mínimo e convencional.

LITERATURA CITADA

- AKOBUNDU, I.O. Weed control in no-tillage cassava in the subhumid and humid tropics. In: AKOBUNDU, I.O. & DEUSTCH, A.E., eds. No-tillage crop production in the tropics. Corvallis, Oregon State University, 1983. p.119-126. (IPPC Document 46-B-83)

- BAYER, C. & BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. R. Bras. Ci. Solo, 23:687-694, 1999.
- BRINHOLI, O. Cultura da aveia (*Avena ssp.*). Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 1994. 165p.
- BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; WEST, L.T. & MILLER, W.P. Surface soil degradation and soil productivity restoration and maintenance. Soil Sci. Soc. Am. J., 59:654-660, 1995.
- CENTURION, J.F. Efeito de diferentes sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob vegetação de cerrado e na cultura do milho. Científica, 15:1-8, 1987.
- CENTURION, J.F. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um solo argiloso sob cerrado e na cultura de milho implantada. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, 1988. (Tese de Doutorado)
- CONCEIÇÃO, A.J. A mandioca. Cruz das Almas, UFB/EMBRAPA BNB/BRASCAN NORDESTE, 1979. 382p.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O. M. & SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. R. Bras. Ci. Solo, 23:703-709, 1999.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1998. 180p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- GAVANDE, S.A. Física de suelos: principios y aplicaciones. México, Limusa-Wiley, 1972. 351p.
- GERIK, T.J.; MORRISON Jr., J.E. & CHICHESTER, F.W. Effects of controlled traffic on soil physical properties and crop rooting. Agron. J., 79:434-438, 1987.
- GODOY, H.; CORREA, A.R. & SANTOS, D. Clima do Paraná. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ: Manual Agropecuário para o Paraná. Londrina, 1976. p.17-36.
- HILL, R.L.; HORTON, R. & CRUSE, R.M. Tillage effects on soil water retention and pore size distribution on two Mollisols. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:1264-1270, 1985.
- HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Prácticas de conservación de suelos para producción de yuca en ladera. In: Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Suelos Ecuatoriales, 14:310-313, 1984.
- HOWELER, R.; EZUMAH, H.C. & MIDMORE, D.J. Tillage systems for root and tuber crops in the tropics. Soil Till. Res., 27:211-240, 1993.
- HULUGALLE, N.R. & NDI, J.N. Effects of no-tillage and alley cropping on soil properties and crop yields in a typical Kandiodult of Southern Cameroon. Agron. Syst., 22:207-220, 1993.
- KAYOMBO, B. & LAL, R. Tillage systems and soil compaction in Africa. Soil Till. Res., 27:35-72, 1993.
- LANGDALE, G.W.; WEST, L.T.; BRUCE, R.R.; MILLER, W.P. & THOMAS, A.W. Restoration of eroded soil with conservation tillage. Soil Tech., 5:81-90, 1992.
- LINN, D.M. & DORAN, J.W. Effect of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and non-tilled soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 48:1267-72, 1984.
- LORENZI, J.O. & DIAS, C.A.C. Cultura da mandioca. Campinas, SAA/CATI, 1993. 41p. (Boletim Técnico, 211)
- MIELKE, L.N.; DORAN, J.W. & RICHARDS, K.A. Physical environment near the surface of plowed and no-tillage soils. Soil & Till. Res., 7:355-366, 1986.
- OHIRI, A.C. & EZUMAH, H.C. Tillage effects on cassava (*Manihot esculenta*) production and some soil properties. Soil & Till. Res., 17:221-229, 1990.
- ONWUEME, I.C. The tropical root and tuber crops. New York, John Wiley, 1978. 315p.
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 13.ed. São Paulo, Nobel, 1990. 401p.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Potafos, 1991. 343p.
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 22:713-721, 1998.
- SAMPAIO, G.V. Efeito de sistemas de preparo do solo sobre o consórcio milho-feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e sobre algumas propriedades físicas e químicas do solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 121p. (Tese de Mestrado)
- SANTOS, R.B. Yield of cassava under different methods of land preparation. Agri. Ind. Life, 29: 22-26, 1967.
- SEIXAS, B.L.S. Influência da profundidade de aração na produtividade de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1., Salvador. 1981. Anais. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1981. p.105-112.
- SIDIRAS, N.; DERPSCH, R. & MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja, em Latossolo Roxo distrófico (Oxisol). R. Bras. Ci. Solo, 7:103-106, 1983.
- SIQUEIRA, N.S. Efeito de sistemas de preparo sobre algumas propriedades químicas e físicas do solo e sobre a cultura do milho (*Zea mays* L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1995. 78p. (Tese de Doutorado)
- SOUZA, L.S. & CARVALHO, F.L.C. Alterações em propriedades físicas e químicas do solo causadas por sistemas de preparo em mandioca. R. Bras. Mandioca, 14:39-50, 1995.
- SOUZA, L.S.; CARVALHO, F.L.C.; CALDAS, R.C. & MATTOS, P.L.P. Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. I. Componentes do rendimento. R. Bras. Mandioca, 13:137-146, 1994a.
- SOUZA, L.S.; CARVALHO, F.L.C.; CALDAS, R.C. & MATTOS, P.L.P. Efeito da profundidade de lavração na cultura da mandioca. II. Alterações em propriedades do solo. R. Bras. Mandioca, 13:147-156, 1994b.
- TONGLUM, A.; TIRAPORN, C. & SINLHUPRAMA, S. Cassava cultural practice research in Thailand. In: HOWELER, R. & KAWANO, K., eds. Cassava Breeding and Agronomy Research in Asia. Regional Workshop. Rayong, 1988. Proceedings. Rayong, 1988. p.131-144.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. & SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. R. Bras. Ci. Solo, 22:301-309, 1998.