

TEMPO DE CULTIVO DA SEMEADURA DIRETA SOB ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA SOJA

Marcio Lustosa Santos¹; Rienni de Paula Queiroz¹; Ivan Bordin²; Gilberto Colodro³

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Nova Andradina - MS - IFMS - Endereço correspondência: Rodovia MS 473, km 23 - Fazenda Santa Bárbara, s/n - Nova Andradina/MS CEP: 79750-000.

²Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Ilha Solteira, SP. Av Brasil, centro, n° 85, Ilha Solteira, SP, CEP 15385000.

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rio Verde - GO - IFgoiano - Endereço correspondência: Passeio Curitiba, 321 - Ilha Solteira, SP, CEP 15385-000 gilbertocolodro@bol.com.br.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi comparar a influência do tempo de cultivo de semeadura direta conduzida por um, cinco e dez anos, sobre atributos físicos do solo e a distribuição do sistema radicular da soja. Foram abertas duas trincheiras para cada manejo do solo, avaliando-se dois perfis por trincheira, transversais às linhas de plantio, contemplando duas plantas de soja. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os três períodos de sistemas de manejo do solo e seis profundidades (0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m). Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey a 5% de probabilidade. A macroporosidade e porosidade total do solo foram maiores no sistema de semeadura direta com um ano de condução em relação à semeadura direta de cinco e dez anos apenas nas profundidades abaixo de 0,3 m, devido ao cultivo de mandioca um ano antes da implantação deste sistema. A densidade e microporosidade do solo foram superiores na semeadura direta com cinco anos e após dez anos igualou-se a semeadura direta com um ano. O sistema radicular da soja é mais bem distribuído no perfil do solo no sistema de semeadura direta conduzido por cinco e dez anos em relação ao sistema de semeadura direta conduzido por um ano.

Palavras-chave: manejo do solo, raiz, *Glycine max L.*, porosidade do solo, densidade do solo

CULTIVATION TIME OF NOT-TILLAGE CONSIDERING THE PHYSICAL ATTRIBUTES OF THE SOIL AND THE SOYBEAN ROOT SYSTEM

SUMMARY: This work intended to compare the influence of cultivation time of no-tillage conducted in one, five and ten years, considering the physical attributes of the soil and the distribution of soybean root system. Two trenches were open for each soil management, evaluating two profiles for trench, transversal to line plantation, considering two soybean plants. The experimental used was in a completely randomized design, with three periods of soil management system and six deep (0,0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,3; 0,3-0,4; 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m). The data were submitted to the analyze of variances and of Tukey test under 5% of probability. The macroporosity and the total porosity of the soil were larger in the no-tillage system of one year of conduction than in the no-tillage system of five and ten years just in the deep under 0,3 m, due to the manioc plantation one year before the implementation of this system. The soil density and the microporosity were superior in no-tillage of one year. The soybean root system is well distributed in the no-tillage of five and ten years than in the no-tillage conducted in one year.

Keywords: soil management, root, *Glycine Max L.*, soil porosity, soil density.

INTRODUÇÃO

O sistema de manejo convencional do solo, com aração e gradagens, normalmente ocasiona degradação do solo pela perda da qualidade estrutural e aumento da erosão hídrica. É comum encontrar, em áreas cultivadas com este tipo de manejo, camadas de solo compactadas em subsuperfície, formadas na área de contato entre as camadas mobilizadas e não mobilizadas, denominadas "pé de grade" (Camargo, 1983). Já o sistema de semeadura direta (SSD), por mobilizar apenas a linha de semeadura, mantém a superfície do solo coberta pelos restos da cultura anterior, acarretando redução da erosão e aumento no teor de matéria orgânica no solo; entretanto, também pode provocar compactação da camada superficial do solo (De Maria et al., 1999).

A compactação acarreta aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total, que devem ser associados à continuidade dos poros e melhor estruturação do solo para compreender suas relações com o desenvolvimento radicular (Lal, 1993).

Segundo De Maria et al. (1999) e Merten & Mielniczuk (1991), a distribuição do sistema radicular da soja ao longo do perfil do solo não foi afetada no SSD quando comparada com sistemas de manejo com revolvimento do solo. Em contrapartida, Vieira (1981) constatou que no plantio convencional as raízes de soja se concentravam nas camadas superiores, enquanto que para o SSD as raízes estavam melhor distribuídas no perfil do solo.

O grau de consolidação da superfície do solo é um dos processos que necessita ser melhor estudado, pois o seu comportamento além de variar com os tipos de solo e cultivo é influenciado pelo tempo de condução do sistema (Vieira, 1981). Segundo Stone & Silveira (2001) e Cruz et al. (2003), os sistemas de semeadura direta conduzidos, respectivamente, por seis e três anos acarretaram aumento da densidade do solo e diminuição da macroporosidade e porosidade total em relação a sistemas com revolvimento do solo. Entretanto, Da Ros et al. (1996)

constataram que a macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo no sistema de semeadura direta conduzida por um ano, que ainda estava influenciada pelas operações de revolvimento do solo, não se diferenciaram quando comparadas com o sistema de semeadura direta conduzido por seis e nove anos.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência do tempo do manejo do solo em SSD conduzida por um, cinco e dez anos, sobre atributos físicos do solo e a distribuição do sistema radicular da soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em janeiro de 2003 no Município de Marechal Cândido Rondon-PR, cujas coordenadas geográficas são 24° 46'S e 54° 22'W a 420 m de altitude média, em LATOSSOLO VERMELHO eutroférico Típico de textura muito argilosa (EMBRAPA, 1999). Os tratamentos avaliados consistiram de três propriedades com sistema de cultivo em semeadura direta, diferenciando-se pelo tempo de implantação do sistema.

A primeira área foi conduzida com cultivo de mandioca, sucedida pelo milho efetuando-se o revolvimento do solo por grade pesada (20 discos de 26 " de diâmetro) e soja semeada sem revolvimento do solo, sendo caracterizada como a área com semeadura direta por um ano (SD1). A segunda área foi conduzida pelo sistema de semeadura direta por cinco anos (SD5) que constava da rotação de semeadura soja/milho em outubro e milho safrinha/aveia em fevereiro e abril. A terceira área foi cultivada no sistema de semeadura direta por dez anos (SD10) que constava das rotações de semeadura de soja/milho em outubro e trigo/aveia/milho safrinha em fevereiro e abril, sendo os últimos dois anos cultivados com nabo forrageiro e o consórcio de nabo forrageiro com aveia.

Realizou-se a abertura de duas trincheiras por tratamento transversalmente às linhas de plantio, com 0,80 m de largura, 1 m de comprimento e 0,60 m de profundidade, sendo avaliados em cada trincheira os dois perfis do solo com 0,80 m de largura que contemplavam

duas linhas de plantio de soja, que estavam na fase vegetativa R1 e espaçadas em 0,4 m.

Para avaliação das raízes utilizou-se o método da parede do perfil (Böhm, 1979). As raízes foram expostas com um rolo escarificador e pintadas individualmente com tinta verde. Foram utilizadas telas quadriculadas com malhas de 0,20 X 0,20 m. Obtiveram-se imagens de cada quadrícula com câmera digital, analisadas pelo Sistema Integrado de Análise de Raízes e Cobertura do Solo - SIARCS 3.0 (Crestana et al., 1994). Cada quadrícula foi subdividida em quatro sub-quadrículas de 0,10 x 0,10 m, obtendo-se como variável o comprimento das raízes (m).

Para análise do solo, coletaram-se amostras nos mesmos perfis, onde obtiveram-se as imagens das raízes em seis profundidades de 0,10 m cada até uma profundidade de 0,60 m para determinação da macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os dados referentes à macroporosidade e microporosidade (Figura 1) foram constatadas as interações entre os sistemas de manejo do solo e as profundidades. Não foi evidenciado diferença para a macroporosidade nas três primeiras profundidades (0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m). A falta de interação da macroporosidade nas primeiras camadas de solo foi encontrada por Falleiro et al. (2003), ao avaliarem as profundidades de 0,0-0,05; 0,05-0,1 e 0,1-0,2 m para o sistema convencional e SSD conduzida por dezesseis anos. Entretanto Stone & Silveira (2001) constataram que a macroporosidade do solo avaliada nas profundidades de 0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m foram diminuídas ao avaliarem o manejo de semeadura direta, em relação ao sistema

convencional, após seis anos.

A macroporosidade do sistema SD1 foi superior ao sistema SD5 e não se diferenciando do SD10 na profundidade de 0,3-0,4 m, enquanto que nas profundidades de 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m o SD1 foi superior aos SD5 e SD10 (Tabela 2). Por ter ocorrido em camadas profundas, essa superioridade da macroporosidade no SD1, pode ser atribuído ao cultivo de mandioca neste sistema durante três anos até um ano antes das avaliações, podendo estas camadas de solo ter ficado abaixo do efeito homogeneizador dos implementos de preparo do solo. Segundo Takahashi et al. (2002) a profundidade do sistema radicular da mandioca é influenciada pela profundidade de plantio (até 0,15 m), sendo o comprimento médio das raízes ficando entorno de 0,3 a 0,4 m, ocasionando revolvimento profundo do solo durante a colheita.

Em termos absolutos, os valores de microporosidade e macroporosidade evidenciam um solo com melhor qualidade para o SD1 com valores de macroporos variando entre 0,07 e 0,15 (Tabela 1). No caso dos tratamentos com maior tempo, essa variação foi de 0,07 a 0,11 $m^3 m^{-3}$ para SD5 e de 0,08 a 0,10 $m^3 m^{-3}$ para SD10, com diferenças significativas. Comparando-se esses intervalos e considerando que o valor crítico do volume de macroporos para um bom crescimento das plantas deve ser de 0,10 $m^3 m^{-3}$ (Baver, 1972; Greenland, 1981) observa-se um melhor comportamento para o plantio com apenas um ano. De uma forma geral verifica-se uma macroporosidade mais próxima da ideal para os tratamentos mais antigos quando se analisa as camadas mais superficiais. Apesar de no tratamento com apenas um ano observar-se um bom incremento na macroporosidade em profundidade, isso pode ter sido pelo efeito da cultura anterior, mais do que pelo sistema de cultivo adotado. Com isso, pode haver aumento da macroporosidade em superfície para todos os tratamentos e que isto pode ter sido em função do aporte de material orgânico que compensa, com o tempo, o não

revolvimento do solo.

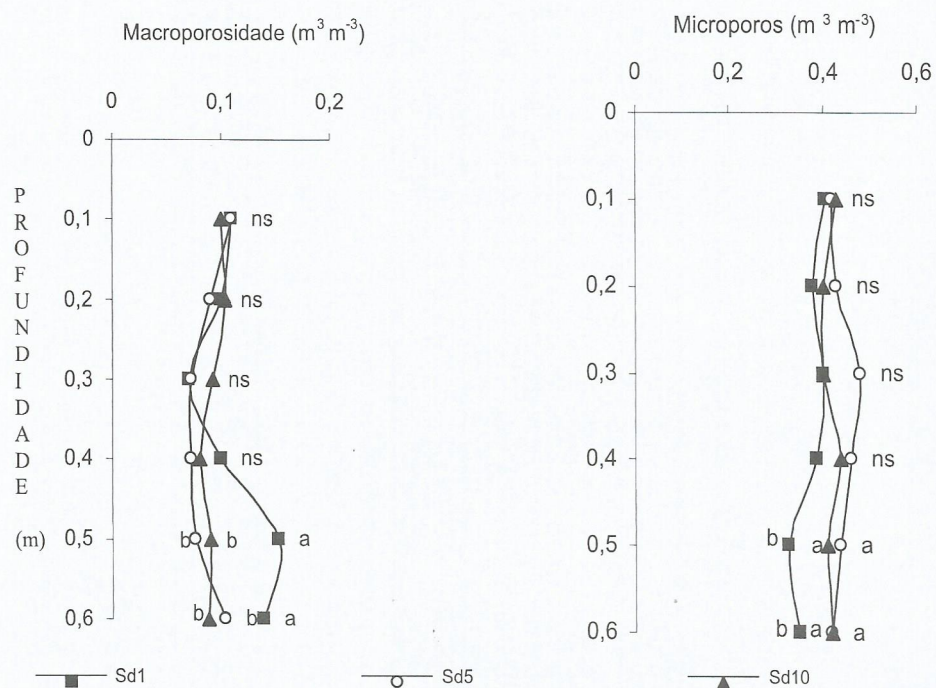


Figura 1 - Valores de macroporosidade e microporosidade em sistemas de semeadura direta com um ano (Sd1), cinco anos (SD5) e dez anos (SD10) em seis profundidades (Marechal Cândido Rondon, PR, 2003).

Cabe observar que, em solos não revolvidos os poros podem apresentar-se com maior continuidade e interconectividade. Apesar de esses solos apresentarem pouca porosidade, há evidência de uma maior continuidade uma vez que na Tabela 1 observa-se maior profundidade efetiva do sistema radicular.

De acordo com Kiehl (1979), a relação de macroporos e microporos pode evidenciar melhor a condição da porosidade de um solo, tendo considerado como ideal uma relação de 1 para 2 entre ambos os parâmetros. Dessa forma, a condição ideal poderia ser traduzida como a que apresentasse 0,50 ou 50 % de macroporos em relação aos microporos.

Diante disso, o tratamento com apenas um ano apresentou melhor relação em profundidades superiores a 0,5m. Em camadas mais superficiais essa relação apresentou-se baixa, porém superior aos demais tratamentos. Para o tempo de cinco e dez anos, o comportamento dessa relação evidencia um solo com maior presença de microporos em todo o perfil estudado. Isto pode ser explicado pelo não revolvimento do solo nestas áreas, contrastando com o de primeiro ano, onde houve preparo recente do solo. Há que se considerar o histórico de cultivo dessas áreas onde, a área com um ano havia sido cultivada com a cultura da mandioca, o que, de certa forma, pode ter

Tabela 1. Relação macroporosidade e microporosidade ($m^3 m^{-3}$) em sistemas de semeadura direta com um ano (SD1), cinco anos (SD5) e dez anos (SD10) em seis profundidades (Marechal

Profundidade	Sistema de cultivo		
	SS D1	SS D5	SS D10
m	----- ($m^3 m^{-3}$) -----		
0,1	0,3	0,3	0,2
0,2	0,3	0,2	0,3
0,3	0,2	0,1	0,2
0,4	0,3	0,2	0,2
0,5	0,5	0,2	0,2
0,6	0,4	0,2	0,2

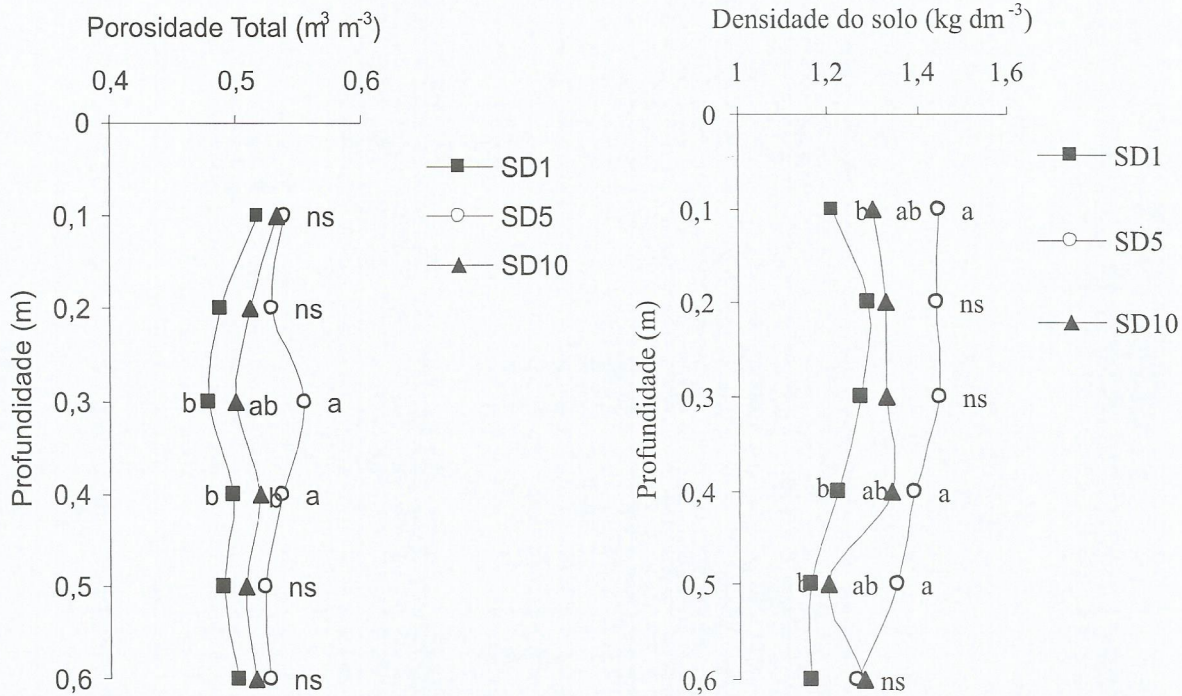
Para a porosidade total, o SD1 foi superior aos SD5 e SD10 somente na profundidade de 0,4-0,5 m (Figura 2). Vários autores encontraram respostas semelhantes com a diminuição da porosidade total no sistema de semeadura direta em relação ao sistema convencional de preparo do solo (Cruz et al., 2003; Bertol et al., 2000; Stone & Silveira, 2001). No entanto como este efeito foi constatado apenas na camada de 0,4-0,5 m, pode-se atribuir este fato ao cultivo de mandioca mencionado anteriormente.

Para a densidade do solo (Figura 2) não foi constatada a interação entre os sistemas de manejo do solo e as profundidades. Em relação aos sistemas de manejo do solo pode-se observar que o SD5 tem a densidade do solo maior que o SD1 que não se diferenciou do SD10. Estes resultados correspondem aos encontrados por Stone & Silveira (2001) que constataram o aumento da densidade do solo após seis anos de semeadura direta em relação a vários sistemas de manejo com revolvimento do solo. O aumento da densidade do solo no SD5 ocorreu provavelmente devido

à pressão exercida no solo pelas operações de manejo efetuadas durante os cultivos, bem como à consolidação natural do solo em função da ausência de preparo nos manejos (Bertol et al., 2000).

Em profundidade, a densidade do solo foi superior nas profundidades de 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m em relação a profundidades de 0,4-0,5 e 0,5-0,6 m não se diferenciando das profundidades de 0-0,1 e 0,3-0,4 m (Figura 2).

Este adensamento do solo nas camadas superficiais é comum nos solos agrícolas e ocorrem devido à repetibilidade das operações com implementos mecânicos utilizados no manejo com revolvimento do solo exercendo uma pressão destes implementos sobre o solo não revolvido em sub-superfície para o sistema de semeadura direta com apenas um ano de condução, enquanto que para os sistemas de semeadura direta num estágio mais avançado, além do fato do peso das máquinas, existe a consolidação natural do solo nestas camadas superficiais de solo (Fernandes et al., 1983; bertol et al., 2000).



*Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não se diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 2. Porosidade total e densidade do solo em sistemas de semeadura direta com um ano (SD1), cinco anos (SD5) e dez anos (SD10) em seis profundidades (Marechal Cândido Rondon, PR, 2003).

Tanto para a densidade quanto para microporosidade do solo, houve um aumento de seus valores no SD5 em relação ao SD1, porém estas variáveis foram semelhantes após 10 anos do sistema quando comparados ao SD1. Corroborando com o trabalho de Corsini & Ferraldo (1999), que ao avaliarem as camadas de 0,0-0,06 e 0,2-0,26m de profundidade após oito anos, constataram que os atributos físicos do solo no sistema sem revolvimento do solo estavam a níveis equivalentes aos sistemas de manejo do solo com operações mecânicas de preparo, evidenciando uma estabilidade do sistema de semeadura direta após oito anos de cultivo.

O comprimento radicular da soja no SD1 foi superior aos SD5 e SD10 nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm não se diferenciando nas demais profundidades avaliadas (Figura 3). De Maria et al. (1999) e Merten & Mielniczuk (1991) não encontraram

diferenças na massa seca de raízes de soja até a profundidade de 0,4 m, entre semeadura direta e sistemas de manejo com revolvimento do solo, após sete anos. Por outro lado Vieira (1981), ao avaliar a distribuição do sistema radicular da soja na profundidade de 1,0 m, constatou que no plantio convencional as raízes se concentravam nas camadas superiores, enquanto que para o sistema de semeadura direta conduzida por 6 anos as raízes estavam mais bem distribuídas no perfil do solo. A concentração do comprimento radicular da soja apresentada nos primeiros 20 cm de profundidade no sistema SD1 em relação aos demais sistemas está relacionada à menor densidade do solo (Figura 2) que era mais evidente na camada superficial do solo que foi desagregado pelas operações mecânicas realizadas no manejo do solo antes da instalação do sistema, não havendo tempo para sua reestruturação.

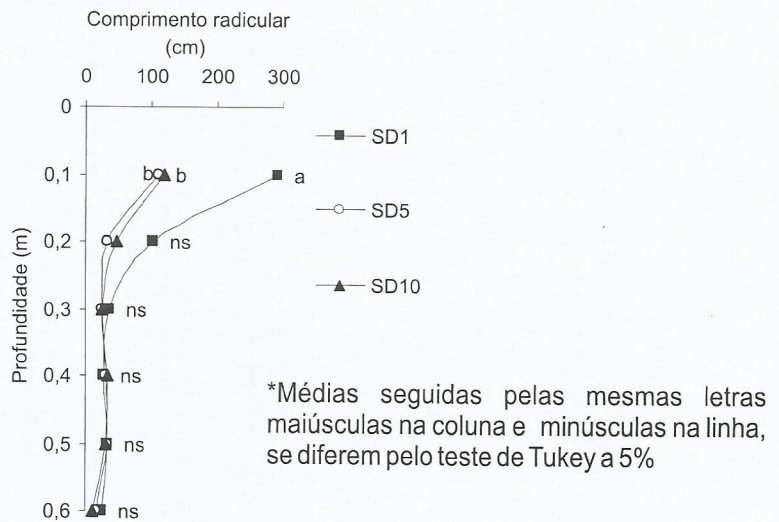


Figura 3. Comprimento radicular em sistemas de semeadura direta com um ano (SD1), cinco anos (SSD5) e dez anos (SSD10) em seis profundidades (Marechal Cândido Rondon, PR, 2003).

O fato dos valores de densidade do solo estarem altos no tratamento SD5 com $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$ (Figura 2), não acarretou a inibição do desenvolvimento do sistema radicular da soja, o que vai de encontro ao obtido por De Maria et al. (1999), que ao compararem vários sistemas que utilizavam práticas de revolvimento do solo, constataram que a maior densidade do solo ($1,24 \text{ kg dm}^{-3}$), encontrada na semeadura direta após sete anos, não ocasionou a diminuição da densidade de raízes da soja. No entanto, Borges et al. (1988), em trabalho realizado em vasos constataram que os sistemas radiculares de cinco variedades de soja tiveram seu crescimento inibido com a densidade do solo de $1,35 \text{ kg dm}^{-3}$ e Rosolem et al. (1994), em trabalho semelhante, encontraram restrições ao crescimento radicular da soja a partir da densidade de $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ e inibição ao seu desenvolvimento com $1,72 \text{ kg dm}^{-3}$.

Com relação ao comprimento radicular pode-se observar que no SD1 a profundidade de 0,0-0,1 m foi superior à profundidade de 0,1-0,2 m que por sua vez foi semelhante as demais profundidades, enquanto que para os sistemas SD5 e SD10 somente a profundidade de 0,0-0,1 m foi superior as demais profundidades. Segundo Klar (1991), para fins de determinação da camada de solo a qual há o interesse em ser irrigada, determina-se a profundidade onde se concentra 80% das raízes, que é denominada profundidade efetiva do sistema radicular. Considerando a

profundidade de 0,6 m utilizada neste trabalho, o SD1 apresentou profundidade efetiva do sistema radicular da soja a 0,26 m, enquanto que o SD5 a 0,4 m e a SD10 a 0,36 m. Este fenômeno demonstra uma concentração superficial das raízes no SD1, modificando a arquitetura radicular da soja, concentrando a área de solo explorada pelas raízes e podendo restringir a absorção de água e nutrientes caso a planta seja exposta à deficiência hídrica (Reis et al., 1996). Segundo Lal (1978) as razões para a melhor distribuição no perfil do solo das raízes de soja ocorre por causa da continuidade dos poros formados por raízes que apodrecem e pelas galerias feitas pela macrofauna do solo que são mais comuns nos solos sob sistemas de semeadura direta já estabelecidos. Wang et al. (1986) documentaram que a raiz pivotante da soja, bem como as laterais de primeira ordem, morreram quando não encontraram canais pré-existent nos primeiros 0,35-0,4 m de profundidade do solo, mostrando ser o crescimento radicular da soja bastante dependente da existência destes canais no solo.

ANEXOS

Anexo 1. Descrição do manejo utilizado nos sistemas avaliados: sistema semeadura direta por um ano (SD1), semeadura direta por cinco anos (SD5), semeadura direta por 10 anos (SD10), Marechal Cândido Rondon - PR, 2003.

Sistemas	Histórico	Preparo utilizado	Calagem e adubação
SD1	Mandioca: março/99 a março/02 Milho: março/02 - agosto/02 Soja: outubro/02 - fevereiro/03	Milho: 1 passagem de grade com 12 discos. Soja: sem preparo	Sem calagem. Milho: 350 kg ha ⁻¹ de formulado + uréia. Soja: 200 kg ha ⁻¹ de formulado sem nitrogênio
SD5	Soja: outubro/98 - fevereiro/99 Aveia: abril/99 - setembro/99 Milho: setembro/99 - janeiro/00 Milho: fevereiro/00 - junho/00 Soja: outubro/00 - fevereiro/01 Aveia: abril/01 - setembro/01 Milho: setembro/01 - janeiro/02 Milho: fevereiro/02 - julho/02 Soja: outubro/02 - fevereiro/03	Sem preparo do solo durante o histórico	Calagem Dolomítico: 4,0 ton ha ⁻¹ . Adubação: Milho: 400 kg ha ⁻¹ de formulado + uréia. Soja: 250 kg ha ⁻¹ de formulado na base Aveia: não foi adubada.
SD10	Milho: outubro/92 - fevereiro/93 Trigo: abril/93 - agosto/93 Milho: outubro/93 - janeiro/94 Aveia: abril/94 - setembro/94 Soja: outubro/94 - fevereiro/95 Trigo: abril/95 - agosto/95 Milho: setembro/95 - janeiro/96 Trigo: abril/96 - agosto/96 Soja: outubro/96 - fevereiro/96 Milho: abril/97 - julho/97 Soja: outubro/97 - fevereiro/98 Aveia: abril/98 - setembro/98 Milho: setembro/98 - janeiro/99 Milho: fevereiro/99 - julho/99 Soja: outubro/99 - fevereiro/00 Trigo: abril/00 - agosto/00 Soja: outubro/00 - fevereiro/01 Nabo Forrageiro: abril/01 - agosto/01 Sorgo Forrageiro outubro/01 - fevereiro/02 Aveia + Nabo Forrageiro: abril/02 - setembro/02 Soja: outubro/02 - fevereiro/03	Sem preparo do solo durante o histórico	Sem calagem no período Adubação Milho / Soja: semelhante a SC Trigo: em média de 200 kg ha ⁻¹ de fertilizante formulado Aveia / Nabo: não receberam adubações Sorgo forrageiro: Semelhante ao milho.

Anexo 2 - Descrição química e física do solo, referente aos manejos utilizados nos sistemas avaliados: sistema semeadura direta por um ano (SD1), semeadura direta por cinco anos (SD5), semeadura direta por 10 anos (SD10), Marechal Cândido Rondon - PR, 2003.

Profundidade (cm)	PH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	S mg kg ⁻¹	Ca	Mg	H+A cmol _c dm ⁻³	SB	T	V %
0-20	5,4	36,9	17,6	73,0	13,9	3,4	0,50	3,47	4,1	7,6	54,1

CONCLUSÕES

A macroporosidade e porosidade total do solo foram maiores no sistema de semeadura direta com um ano de condução em relação à semeadura direta de cinco e dez anos apenas nas profundidades abaixo de 0,3m.

A densidade e microporosidade do solo foram superiores na semeadura direta com cinco anos do que na semeadura direta com 1 ano.

O sistema radicular da soja é melhor distribuído no perfil do solo no sistema de semeadura direta conduzido por cinco e dez anos do que o sistema de semeadura direta conduzido por um ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil Physics. 4.ed. New York: J. Wiley, 1972. 529p.

BERTOL, I.; SCHICK, J.; MASSARIOL, J. M.; et al. Propriedades físicas de um cambissolo húmico álico afetadas pelo manejo do solo. *Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 91-95, jan-mar. 2000.

BÖHM, W. Methods of studying root systems. Berlim: Springer - Verlag, 1979. 188p.

BORGES, E. N. et al. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas de solo. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 553-568, nov-dez. 1988.

CAMARGO, O. A. Compactação do solo e desenvolvimento de plantas. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.

CORSINI, P. C.; FERRAUDO, A. S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 2, p.289-298, fev. 1999.

CRESTANA, A.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C. et al. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 365-371, set-dez. 1994.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A. et al. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1105-1112, nov-dez. 2003.

DAROS, C. O.; LOPES, C. E. L.; SECCO, D. et al. Influência do tempo de cultivo no sistema de plantio direto nas características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro. *Ciência Rural*, v. 26, n. 3, p. 397-401, set-dez. 1996.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O.; M.; SOUZA DIAZ, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 703-709, jul-set. 1999.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1097-1104, nov-dez. 2003.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D. et al. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros, em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). *Revista Brasileira de Ciência do*

- Solo, Campinas, v. 7, n. 3, p. 329-333, jul-ago. 1983. (Circular Técnico, 123).
- GREENLAND, D.J.. Soil Management and soil degradation. Journal of soil Science, London, v.31, p.301-322, 1981.
- KIEHL, E.J. Manual de Edafologia: relação solo-água-planta. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262p.
- KLAR, A. E. Irrigação: Freqüência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 156p.
- LAL, R. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, an sustainability. Soil and Tillage Research, Amsterdam, v. 27, n. 1, p. 1-8, Jan. 1993.
- MERTEN, G. H.; MIELNICZUK, J. Distribuição de sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15, n. 3, p. 369-374, jul-ago. 1991.
- REIS, G. G. et al. Efeito da poda de raízes de mudas de eucalipto produzidas em tubetes sobre a arquitetura do sistema radicular e o crescimento no campo. Revista Árvore, Viçosa, v. 2, n. 1, p. 137-145, jan-jun 1996.
- ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. Bragantia, Campinas, v. 53 n. 2, p.259-266, jul-dez. 1994.
- STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, abr-jun. 2001.
- TAKARASHI, M.; FONSECA JUNIOR, N. S.; TORRECILLAS, S. M. Mandioca no Paraná: antes, agora e sempre. Curitiba: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2002. 208p.