Boletim de Pesquisa

Número 13

ISSN 0100-8951

abril, 1982

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE MELANCIA E NA COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO IRRIGADO

EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

Boletim de Pesquisa
Número 13

ISSN 0100-9729
abril, 1982

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE MELANCIA E NA COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO IRRIGADO

Eliane Nogueira Choudhury, Engº Agrº, M.Sc.
Carlos Alberto V. Oliveira, Estatístico

EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

ISSN 0100-9729

Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
Rua Presidente Dutra, 160
Caixa Postal, 23
Fone : (081) 961-0122*
Telex: (081) 1878
56.300 - Petrolina,PE

Choudhury, Eliane Nogueira

Influência do preparo do solo na produção de melancia e na compactação em latossolo vermelho-amarelo irrigado, por Eliane Nogueira Choudhury e Carlos Alberto V. Oliveira. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1982.

24p. ilust. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 13).

1. Solos-Preparo-Influência. 2. Solos-Compactação. 3. Melancia irrigada-Produção. I. Oliveira, Carlos Alberto Vasconcelos, colab. II. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. III. Título. IV. Série.

CDD - 631.43

© EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

A prática da irrigação tem sido o instrumento mais visado e utilizado para estimular o aumento da produção agrícola nas regiões semi-áridas, como no Trópico Semi-Árido brasileiro.

Ao redor das grandes reservas hídricas verifica-se uma exploração contínua e intensiva com crescente mecanização das práticas agrícolas, o que, sem técnicas racionais para o manejo do solo e água como medida de garantia à estabilidade dos solos, pode tornar improdutivas muitas dessas áreas potenciais.

Entre as várias pesquisas que o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA) vem desenvolvendo para as áreas irrigadas, alguns trabalhos são voltados para a identificação e avaliação de técnicas racionais de manejo do solo e água.

Este BOLETIM DE PESQUISA encerra os resultados obtidos numa investigação que testou os efeitos de dois sistemas de preparo do solo – solo arado e solo arado e gradeado – – sobre a produção e sistema radicular da cultura da melancia e sobre a compactação do solo, sob condições de irrigação.

Os resultados positivos obtidos estimulam o seu uso bem como a divulgação da metodologia do trabalho.

ANTÔNIO JOSÉ SIMÕES
Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 3

RESUMO 7

ABSTRACT 7

INTRODUÇÃO 9

MATERIAL E MÉTODOS 11

RESULTADOS E DISCUSSÃO 12

CONCLUSÕES 20

REFERÊNCIAS 21

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE MELANCIA E NA COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO IRRIGADO[1]

Eliane Nogueira Choudhury[2]
Carlos Alberto V. Oliveira[3]

RESUMO - Foram testados os efeitos de dois sistemas de preparo do solo sobre a produção e sistema radicular da cultura de melancia (*Citrulus vulgaris* Schard) e compactação do solo, em condições de irrigação. Para avaliar os efeitos do preparo do solo sobre a produção e compactação, empregou-se um delineamento em blocos ao acaso, em dois fatores completamente cruzados, com quatro repetições. Os fatores se constituíram de preparo do solo e profundidade do solo. Os preparos do solo foram: a) uma aração b) uma aração seguida de uma gradagem. Consideraram-se três camadas de solo, nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-40 cm, para avaliar a densidade aparente do solo e o desenvolvimento do sistema radicular. As irrigações realizaram-se quando o potencial de água no solo atingia -0,1 bar. Constatou-se que o tratamento com aração e gradagem compactou a camada de 15 a 30 cm, o que não ocorreu com o de aração. Nos referidos tratamentos houve também compactação da camada de 30-40 cm. Verificou-se que densidade aparente de 1,68 g. cm^{-3} restringe o desenvolvimento e penetração do sistema radicular. Os dois sistemas de preparo do solo influenciaram significativamente a produção, e houve um aumento de produção da ordem de 6,3 t/ha, no tratamento com aração (38,8 t/ha) em relação ao tratamento com aração e gradagem.

Termos para indexação: preparo do solo, compactação, melancia, sistema radicular.

INFLUENCE OF SOIL PREPARATION ON THE YIELD OF WATERMELON AND ON SOIL COMPACTATION IN AN IRRIGATED RED-YELLOW LATOSOL

ABSTRACT - The effects of two different methods of soil preparation on the yield and root system of watermelon and on soil compactation under irrigated conditions were tested. In order to evaluate these effects, a randomized complete block design with a factorial arrangement (two factors) and four replications was used. The factors were soil preparation and depth . The soil preparation consisted of (a) plowing, and (b) plowing followed by disking. Three soil depths were used: 0-15 cm, 15-30 cm, and 30-40 cm. At these depths, the bulk density was measured and the root system distribution was observed. Irrigation was given whenever the soil matric potential reached -0,1 bar. The statistical analysis showed that plowing plus disking compacted the 15-30 cm layer which was not the case when just plowing was used. Bulk density of 1.68 g. cm^{-3} restricts the development and penetration of the root systen. Both soil preparation treatments caused compactation in the 30-40 cm layer and influenced yield significantly. In comparing the two soil preparation treatments there was an increase of 6.3 t/ha in favor of the plowing plus disking treatment.

Index terms: soil preparation, compactation, root system watermelon.

---

[1] Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA/CODEVASF

[2] Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

[3] Estatístico, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA PRODUÇÃO DE MELANCIA E NA COMPACTAÇÃO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO IRRIGADO[1]

Eliane Nogueira Choudhury[2]
Carlos Alberto V. Oliveira[3]

INTRODUÇÃO

Nas regiões semi-áridas, principalmente no Nordeste brasileiro, o aumento da produção agrícola para atender à demanda de alimentos e de matéria-prima para as indústrias vem sendo incentivado pela prática da irrigação.

Nas áreas irrigadas, onde os agricultores dispõem de água suficiente para atender às necessidades das culturas, verifica-se uma exploração agrícola contínua e intensiva, com crescente mecanização das práticas culturais em substituição ao trabalho humano. No entanto, esses cultivos contínuos e intensivos que visam o atendimento dos mercados consumidores, requerem técnicas racionais de manejo de solo e água como medida de garantia à estalilidade dos solos.

Segundo a FAO (1973), a capacidade produtiva dos solos das áreas irrigadas, submetidos a cultivos contínuos e intensivos em regiões semi-áridas, mantém-se em uma extensão e velocidade significativa. Fukuda (1976) salienta que muitos vales irrigados tornaram-se improdutivos devido ao cultivo intensivo dentro de um manejo inadequado de solo e água.

---

[1] Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA/CODEVASF

[2] Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

[3] Estatístico, M.Sc., Pesquisador do CPATSA-EMBRAPA

O maior problema dos solos agrícolas, em áreas de intensa produção vegetal, é que, com o tempo de uso, devido ao emprego de equipamento pesado, o solo perde sua estrutura (Silva et al. 1977 e Veiga & Oliveira 1977).

Nessas áreas, três ou mais culturas são comumente exploradas, em rápida sucessão; por isso o solo fica sujeito à alta intensidade do tráfego de máquinas. Repetidas operações de tais equipamentos sobre o solo, freqüentemente, compactam-no em camada pouco abaixo da superfície, onde a maioria das raízes poderiam se desenvolver (Weaver & Jamison 1951, Flocker et al. 1960, Wittsell & Hobbs 1965, Eavis 1972, Soane & Pidgeon 1975 e Gomes et al. 1978). Assim, a restrição do volume de solo explorado pelo sistema radicular das culturas significa redução na absorção de água, nutrientes e oxigênio (Russel & Russel 1973 e Primavesi 1980). Nas áreas irrigadas, essa compactação pode ser intensificada pela migração de pequenas partículas do solo das camadas superficiais, constantemente trabalhadas, para camadas mais profundas, ao longo do tempo e através da água de irrigação (Batey 1973 e Oliveira et al. 1968). Conseqüentemente, a baixa permeabilidade desta camada, aliada a uma alta densidade aparente, origina um impedimento físico ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas (Russel & Russel 1973 e Taylor & Klepper 1974).

Como todo preparo do solo visa, basicamente, fornecer condições favoráveis às plantas e, em particular, às raízes, é necessário analisar as técnicas agrícolas em uso, uma vez que estas afetam diretamente as raízes das plantas, e, na maioria das vezes, a produção (Adams et al. 1961 e Wittsell & Hobbs 1965). Como o aumento de produção agrícola é meta prioritária para atender à elevada demanda de alimentos, verifica-se a necessidade de aumentá-la, com o emprego de técnicas adequadas e racionais, a fim de preservar a capacidade produtiva dos solos e reduzir os custos de produção.

O presente trabalho teve como objetivo determinar os efeitos de dois sistemas de preparo do solo sobre a produção e sistema radicular da melancia e compactação do solo em condições de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um latossolo vermelho-amarelo (Unidade 37 BB), no Campo Experimental de Bebedouro, do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), em Petrolina,PE, no período de agosto a outubro de 1980, e utilizou cultura da melancia (*Citrulus vulgaris* Schard) e variedade Charleston Gray. As características do clima da região, solo e suas propriedades físico-químicas, têm sido amplamente divulgadas (Hargreaves 1976, Pereira & Souza 1967, Choudhury & Millar 1981 e Pereira & Siqueira 1979). No entanto, os elementos climáticos reinantes durante a condução do experimento se caracterizam por temperatura média mensal de 28,1°C, umidade relativa média de 48% e demanda evaporativa média de 9,6 mm, pelo tanque Classe A (EMBRAPA/CPATSA 1980).

A área experimental foi cultivada durante três anos com capim-elefante. Ficou em pousio por um período de cinco anos e voltou a ser explorada um ano com cebola, seguido de dois anos consecutivos com tomate e dois anos com melancia, sob condição de irrigação. Essas culturas foram instaladas no período de abril a setembro e receberam como preparo de solo uma aração com arado de disco pesado e uma gradagem com grade de disco. Este preparo de solo é comum no Projeto de Irrigação de Bebedouro, como nos outros perímetros irrigados do Nordeste.

Para avaliar os efeitos do preparo do solo sobre a produção de melancia e compactação do solo, empregou-se um delineamento em blocos ao acaso, com dois fatores completamente cruzados, com quatro repetições (Silva 1977). Estes consistiram em preparo de solo e profundidade de solo. Os tratamentos foram: uma aração e uma aração seguida de uma gradagem. Consideraram-se três profundidades: 0-15, 15-30 e 30-40 cm. Nas camadas de solo consideradas, foram coletadas amostras para determinações da densidade aparente, usando-se o método de anel volumétrico (Black et al.

1965), com três repetições para cada tratamento.

Efetuaram-se observações do sistema radicular de duas plantas em cada tratamento, conforme Portas (1970).

As unidades experimentais foram de 112 m^2 (14 x 8 m) de área total e de 44,80 m^2 (7 x 6,40 m) de área útil. O espaçamento entre fileiras foi de 3,50 m e entre plantas na fileira, de 0,80 m.

Realizaram-se as irrigações em sulcos fechados, nivelados e espaçados de 3,50 m. A água foi conduzida de um reservatório para os sulcos de irrigação, através de um sistema fixo de tubos de PVC rígido, de 10 cm de diâmetro. A estes tubos acoplou-se mangueira de borracha, com hidrômetro na extremidade, para entrega volumétrica de água aos sulcos. As irrigações foram efetuadas quando o potencial de água no solo atingia -0,1 bar (umidade no solo equivalente a 7,65%). A lâmina de reposição para deixar o solo em capacidade de campo (11,65%) foi de 20,45 mm.

O controle das irrigações realizou-se através de determinações de umidade, em amostras de solo coletadas com intervalos de três dias.

A adubação aplicada foi de 20 kg/ha de N, na forma de sulfato de amônio, 60 kg/ha de P_2O_5, na forma de superfosfato simples e 80 kg/ha de K_2O, na forma de cloreto de potássio. No plantio aplicou-se 1/3 do nitrogênio, todo o fósforo e potássio. O restante do nitrogênio foi aplicado em cobertura, por duas vezes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra dados médios de densidade aparente, em três profundidades, nos dois sistemas de preparo de solo.

A análise estatística desses dados revelou, ao nível de 1% de probabilidade, que a profundidade de preparo do solo exerceu efeito quadrático sobre a densidade aparente. Para obtenção do efeito quadrático dos coeficientes regressivos usou-se o método de determinação de coeficien

TABELA 1. Dados médios de densidade aparente em relação à profundidade do solo, em dois sistemas de preparo do solo.

Tratamento	Profundidade (cm)	Densidade aparente g. cm^{-3}
(A)		
Solo arado	15	1,53
	30	1,59
	40	1,70
(B)		
Solo arado e gradeado	15	1,54
	30	1,68
	40	1,71

tes ortogonais para intervalos não igualmente espaçados (Grandage 1958). Na Figura 1, estão representadas graficamente as equações de regressão ajustadas para densidade aparente e profundidade. Em virtude de a interação entre os dois fatores ter indicado uma significância, ao nível de 1% de probabilidade, decompôs-se a soma de quadrados da interação e do preparo do solo, para o estudo da influência do preparo do solo sobre a densidade aparente, em cada profundidade considerada. A análise constatou que o preparo do solo influenciou os valores de densidade aparente, apenas na camada de 15-30 cm, ao nível de 1% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram obtidos em estudos desenvolvidos por Weaver & Jamison (1951), Flocker et al. (1960), Tanchandrphongs & Davidson (1970) e Soane & Pidgeon (1975), os quais ressaltaram que a influência do emprego de máquinas e implementos agrícolas podem, através da pressão exercida pelo pneu das máquinas e deslizamento dos implementos, promover a compactação de camadas superficiais do solo. Neste solo, o emprego da grade causou a compactação da camada (15-30 cm) situada logo abaixo da camada gradeada. Este fato não foi verificado no tratamento B, pois, ao longo da camada somente arada, não se constatou nenhuma diferenciação física (Tabela 1). Primavesi (1980) salientou que os efeitos de uma gradagem em solo arenoso podem igualar-se a uma aração mal conduzida e acarretar a formação de camadas compactadas.

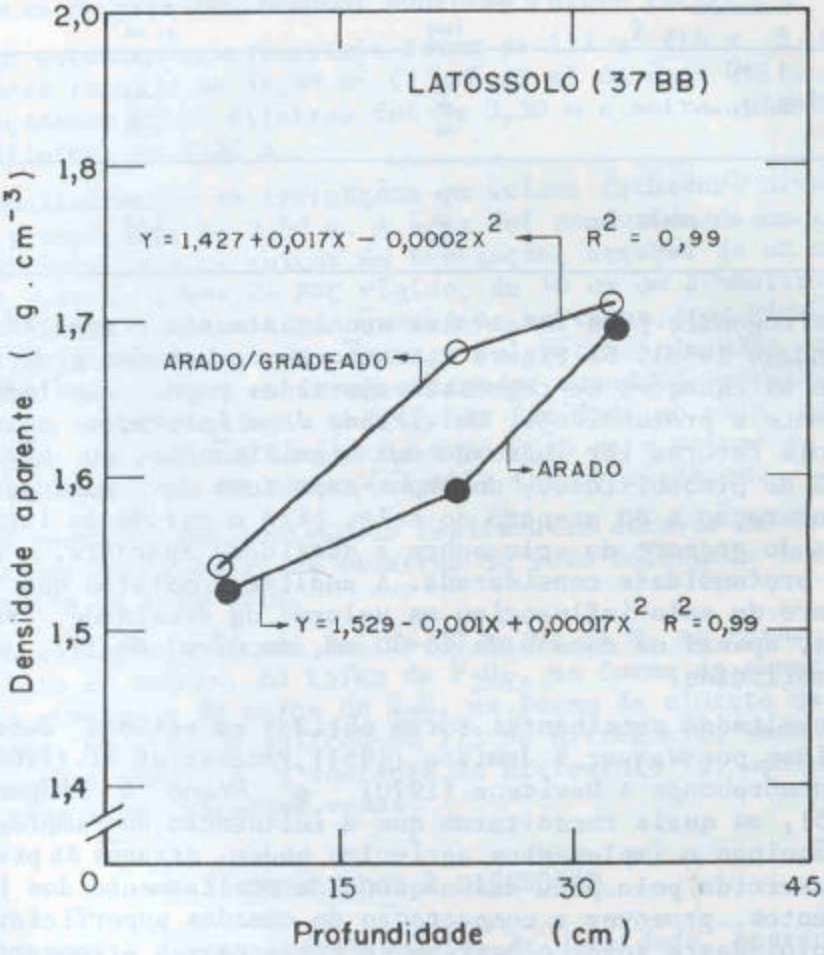

FIG. 1. Densidade aparente versus profundidade do solo em dois sistemas de preparo do Latossolo Vermelho-Amarelo (Unidade 37 BB).

A análise estatística não mostrou influência do preparo do solo sobre a densidade aparente da camada abaixo de 30 cm. Este fato foi esperado, uma vez que nos dois tratamentos o arado trabalhou na referida profundidade. No entanto, constatou-se, logo abaixo desta profundidade, uma camada com densidade aparente de 1,71 $g.cm^{-3}$, que constitui um índice de adensamento (Veihmeyer & Hendrickson 1948 e Portas 1970). A justificativa para a existência da referida camada parece envolver causas pedogenéticas e exógenas como uso de máquinas, implementos agrícolas e migração de partículas do solo, ao longo do perfil, através da água de irrigação.

Com relação ao processo pedogenético, Pereira & Souza (1967), Choudhury & Millar (1981) e Simões (comunicado pessoal) observaram, no solo estudado (Latossolo Unidade 37 BB), a não-existência de um horizonte óxido típico e sim, uma tendência à transição para um horizonte argílico. No presente caso, o que parece ter ocorrido foi a soma deste fator pedogenético, a ação do arado e de implementos agrícolas que atuaram em um período de cinco anos, o que ficou agravado pela migração de partículas de areia fina do horizonte A para o topo B, através da água de irrigação. Isto se atribui à migração de partículas de areia fina porque, segundo Pereira & Souza (1967), a ocorrência desta partícula é da ordem de 53 a 73% em relação à composição granulométrica desse solo. Henin, citado por Portas (1970), explica que um horizonte argílico, devido à sua ocorrência próxima da superfície, atua como amortecedor das pressões exercidas pelas máquinas e implementos agrícolas. Estas pressões, em vez de serem transmitidas em profundidade e de provocar um rearranjo das partículas ao longo do perfil do solo, são absorvidas pelo horizonte argílico, o qual sofre grande compressão. A longo prazo, esta camada compactada tende a se formar cada vez mais próxima da superfície, em equilíbrio dinâmico com a mobilização do solo. Convém ressaltar que a ação freqüente do arado, na profundidade de aproximadamente 30 cm, e de implementos agrícolas, como a grade e o sulcador, para nivelamento e abertura dos sulcos de irrigação, tem sido, possivelmente, o principal responsável pela formação desse impedimento físico no perfil do solo.

A ocorrência desse adensamento e da camada compactada pela grade exerceu influência sobre o desenvolvimento e penetração do sistema radicular da melancia, conforme a Figura 2. No preparo de solo com aração, o sistema radicular apresentou-se bem desenvolvido e ramificado em toda a extensão do horizonte A, porém, a raiz pivotante, ao encontrar a camada de densidade 1,7 g.cm^{-3}, não conseguiu vencer a resistência do solo, bifurcou-se e passou a crescer paralelamente a esta camada.

No preparo de solo com aração e gradagem, a ramificação da raiz pivotante verificou-se somente nos primeiros 15 cm do horizonte A. Nesta profundidade, a raiz pivotante bifurcou-se devido à camada compactada pela gradagem (densidade aparente 1,68 g . cm^{-3}); entretanto, continuou a crescer até alcançar a camada de densidade aparente 1,71 g . cm^{-3}, onde bifurcou-se novamente e passou a crescer paralela à referida camada.

Observando-se o sistema radicular nos dois tratamentos, constatou-se que valores de densidade aparente de 1,68 g . cm^{-3} já restringem a penetração e desenvolvimento do sistema radicular da cultura da melancia. Resultados semelhantes foram obtidos por Russel & Russel (1973), os quais afirmam que poucas raízes conseguem penetrar em solos de textura leve com densidade aparente que exceda 1,7 ou 1,8 g . cm^{-3}.

Sabe-se que o efeito da umidade do solo sobre a resistência à penetração de raízes é bastante significativo. Segundo Eavis (1972) e Taylor & Klepper (1974), a penetração de raízes aumenta com o aumento do teor de umidade, mesmo em alta densidade. No presente estudo, o efeito da umidade pode ser considerado desprezível, uma vez que os tratamentos foram manejados ao mesmo nível de umidade no solo, isto é, à tensão de -0,1 bar (Tabela 2).

A resistência mecânica do solo à penetração de raízes causa, na maioria das vezes, deficiência de água, nutrientes e oxigênio, e pode afetar o rendimento das culturas (Flocker 1960 e Cassel et al. 1978). Pelos dados obtidos, a análise de variância mostrou, ao nível de 1% de probabi

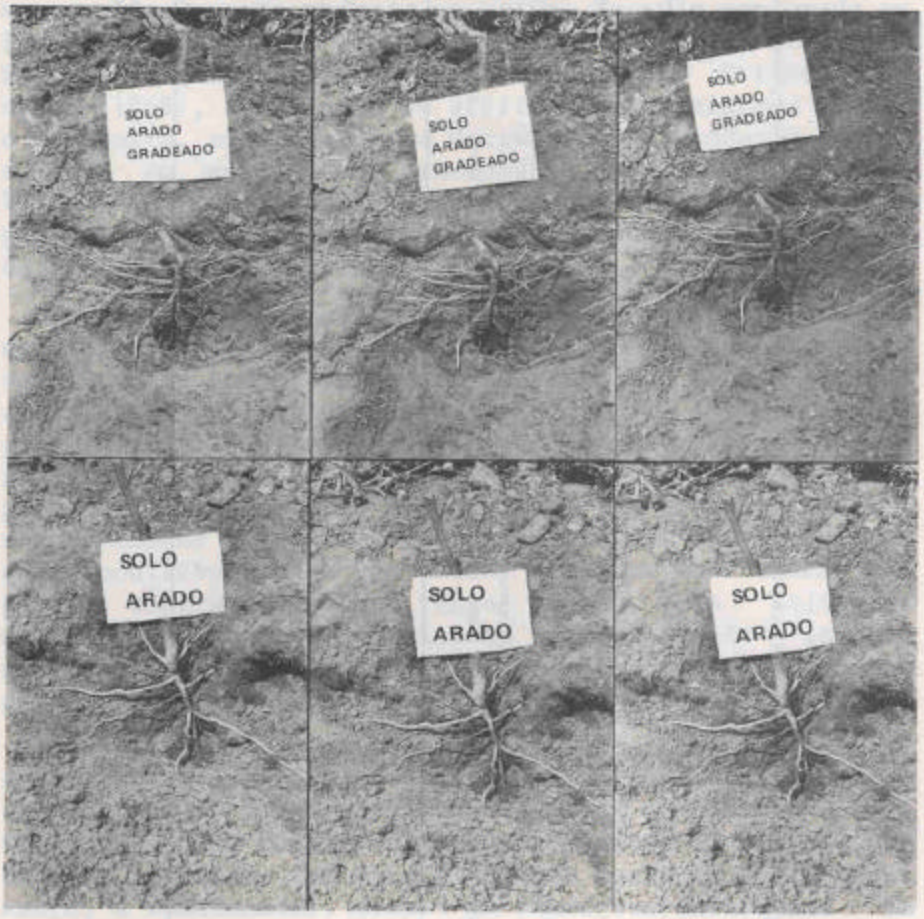

FIGURA 2. Sistema radicular da cultura de melancia em diferentes sistemas de preparo do solo.

TABELA 2. Dados de produção, sistema radicular da melancia e irrigação sob diferentes sistemas de preparo do solo.

Tratamentos	Produção (t/ha)	Camada do solo com ramificação da pivotante (cm)	Profundidade de bifurcação da pivotante (cm)	Lâmina líquida total/ experimento (mm)	Potencial matricial para manejo (bar)	Freqüência média de irrigação (dia)	Número de Irrigações
Solo arado	38,8 a	0-35	40	9.256	-0,1	3,4	22
Solo arado e gradeado	32,5 b	0-15	15 e 40	9.256	-0,1	3,4	22

lidade, que a produção da melancia obtida no tratamento com aração foi superior à produção obtida no tratamento com aração e gradagem. Ocorreu um aumento de 6,3 t/ha, o que corresponde a um acréscimo da ordem de 19%. Isto pode ser explicado pela redução no volume de solo explorado pelas raízes devido ao efeito da compactação pela grade (Tabela 2 e Figura 2). Estudos realizados por Wittsell & Hobbs (1965), analisando os efeitos de compactação sobre o tomateiro, constataram um decréscimo de produção de 11% e 58% em solos com densidades aparentes de 1,6 e 1,7 g . cm^{-3}, respectivamente. Observaram, também, redução no tamanho médio de frutos, com o aumento da densidade aparente.

Analisando-se os efeitos dos dois tipos de preparo dos solos sobre a produção de melancia e compactação do solo, verificou-se ser o tratamento com aração o menos prejudicial. Este contribuiu para uma redução das operações de preparo do solo para o plantio, do tempo necessário para instalação de culturas e, conseqüentemente, do custo de produção. Outro aspecto a considerar é a presença de torrões deixados pela aração, na superfície do solo, os quais contribuem para uma melhor fixação dos ramos das plantas contra a ação dos ventos fortes. Vale salientar que, neste tratamento, o sistema radicular não atingiu uma profundidade além de 35 cm, devido à camada compactada.

Elmstrom (1973), estudando a influência do plantio direto e transplantio da melancia, em um ambiente favorável ao crescimento de raízes, observou que, no plantio direto, a variedade Charleston Gray apresentou um sistema radicular profundo, com raiz pivotante bastante ramificada. Assim, é fundamental, dentro de condições favoráveis de clima e solo, verificar o comportamento do sistema radicular da melancia e sua influência sobre a produção e custo de produção.

CONCLUSÕES

1. A análise estatística constatou, ao nível de 1% de probabilidade, que o tratamento com a aração e gradagem aumentou a densidade aparente da camada de 15 a 30 cm, o que não ocorreu no tratamento com aração.

2. A compactação da camada logo abaixo da profundidade de 30 cm, nos tratamentos estudados, pode ser atribuída à existência de um fator pedogenético, migração de partículas de areia fina pela água de irrigação e ao uso sucessivo de máquinas e implementos agrícolas ao longo dos anos.

3. A densidade aparente de 1,68 g. cm^{-3} restringiu a ramificação da raiz pivotante da cultura de melancia na camada de 0-30 cm, nos tratamentos com aração e gradagem e com aração.

4. A análise de variância mostrou, ao nível de 1% de probabilidade, que a produção de melancia obtida no tratamento arado foi superior à produção obtida no tratamento com aração e gradagem, com um aumento de 6,3 t/ha.

REFERÊNCIAS

ADAMS, E.P.; BLAKE, G.R.; MARTIN, W.P. & BOELTER, D.H. Influences of soil compaction on crop growth and development. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7., Madison, Wisc., 1960. **Transactions...** Amsterdam, Elsevire, 1961. v1, p.607-15.

BATEY, T. **Uso e manejo do solo tropical**. Santa Maria, RS., Curso de Pós-Graduação Biodin. Produt. Solo, 1973. n.p.

BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARK, F.E. **Methods of soil analysis.** Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1965. 2v. il. (ASA. Agronomy, 9).

CASSEL, D.K.; BOWEN, H.D. & NELSON, L.A. An evaluation of mechanical impedance for three tillage treatments on norfolk sandy loam. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 42(1): 116-20, Jan./Fev. 1978.

CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Pesquisa em irrigação no Trópico Semi-Árido: solo, água, planta.** Petrolina, PE., 1981. p. 1-14. EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).

EAVIS, B.W. Soil physical conditions affecting seedling root growth. I. Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk desinty and moisture levels in a sandy loam soil. **Plant Soil, 36:** 613-22, 1972.

ELMSTROM, G.W. Watermelon root development affected by direc seeding and transplanting. **Hort. Science, 8**(2): 134-6, 1973.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **"Registro de Observações meteorológicas";** Bebedouro. Petrolina, PE, 1980. n.p.

FAO, Roma, Itália. Some effects of irrigation and drainage on soils. In: _____. **Irrigation, drainage and salinity;** an international source book. Paris, UNESCO/ FAO, 1973. Cap. 12, p.387-408. il.

FLOCKER, W.J.; TIMM, H. & VOMOCIL, J.A. Effect of soil compaction on tomato and potato yields. **Agron. J.,** **52**(6):345-8,1960.

FUKUDA, H. **Irrigation in the world;** comparative developments. Tokio, University Press, 1976.

GOMES, A.S.; PATELLA, J.F. & PAULLETTO, E.A. Efeito de sistemas e tempo de cultivo sobre a estrutura de um solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **R. bras. Ci. Solo,** Campinas, SP., **2**(1):17-21, jan./abr. 1978.

GRANDAGE, A. Orthogonal coefficients for unequal intervals. **Biometrics,** **14**(2):287-9, 1958.

HARGREAVES; G.H. **Climate and irrigation requirements for Brazil.** Logan, Utha State University, 1976. 44p.

OLIVEIRA, L.B. de; DANTAS, H.da S.; CAMPELO, A.B.; GALVÃO, S.J. & GOMES, I.F. Caracterização de adensamento no subsolo de uma área de "Tabuleiro" da Estação Experimental do Curado, Recife. **Pesq. agropec. bras. Ser. Agron.,** **3**: 207-14, 1968.

PEREIRA, J.M.de A. & SOUZA, R.A.de. **Mapeamento detalhado da área do Bebedouro Petrolina-PE.;** relatório. Recife, SUDENE, Departamento de Recursos Naturais, 1967. 57p. il. (BRASIL. SUDENE-DRN. Série Irrigação, 21).

PEREIRA, J.R. & SIQUEIRA, F.B. Alterações nas características químicas de um oxissolo sob irrigação. **Pesq. agropec. bras.,** Brasília, **14**(2):189-95, 1979.

PORTAS, C.A.M. **Acerca do sistema radical de algumas culturas hortícolas.** Luanda, Universidade de Luanda, 1970. 243p. il.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo;** a agricultura em regiões tropicais. 2.ed. São Paulo,SP., Nobel, 1980. 541p. il.

RUSSEL, E.W. & RUSSEL, E.J. **Soil conditions and plant growth.** 10.ed. London Longman, 1973. 849p. il.

SILVA, J.G.C. da. **A estrutura do delineamento e seu uso na especificação do esquema da análise de variação.** Brasília, EMBRAPA-DMQ, 1977. 20p.

SILVA, L.F. da; PEREIRA, C.P. & MELO, A.O. de. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento de plântulas de cacau (*Theobroma cacao* L.) e na penetração das suas raízes. **Theobroma,** 7(1):13-8, 1977.

SOANE, B.D. & PIDGEON, J.D. Tillage requirement in relation to soil physical properties. **Soil Sci., 119**(5):376-84, 1975.

TANCHANDRPHONGS, S. & DAVIDSON, J.M. Bulk density, aggregate stability, and influenced by two wheatland soil management pratices. **Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34**(2):302-5, 1970.

TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Water relations of cotton. I. Root growth and water use as related to top growth and soil water content. **Agron. J., 66**(4):584-8, 1974.

VEIGA, C.L. & OLIVEIRA, L.B.de. Influência do manejo sobre a porosidade do solo e sobre a produtividade da soja (*Glycine max* (L.) Merril) em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **R. Centro Ci.Rurais,** Santa Maria, RS., **7**(2):91-9, 1977.

VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. Soil density and root penetration. **Soil Sci., 65**:487-93, 1948.

WEAVER, H.A. & JAMISON, V.C. Effects of moisture on tractor tire compaction of soil. **Soil Sci., 71**:15-23, 1951.

WITTSELL, L.E. & HOBBS, J.A. Soil compaction effects on field plant growth. **Agron. J.**, **57**(6):534-7, 1965.