

INFLUÊNCIA DA COMPACTAÇÃO DO SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA¹

SANDRA DOS SANTOS SEVÁ NOGUEIRA² e SIDNEIDE MANFREDINI³

RESUMO - Em experimento conduzido em vasos, simulou-se a existência de camada de compactação mecânica que ocorre em alguns solos argilosos cultivados com soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Cilindros de ferro, contendo solo compactado a três densidades diferentes (1,22, 1,44 e 1,75 g/cm³), foram colocados no terço médio dos vasos, intercalando-se duas camadas de solo com densidade original (0,90 g/cm³). Analisou-se o comportamento da variedade Santa Rosa, obtendo-se os dados de peso seco de raiz, caule, folhas e vagens, altura das plantas, número de internódios e estado nutricional. Verificou-se que a densidade de 1,75 g/cm³ impediu totalmente a penetração de raízes e que o aumento da densidade do solo induziu um maior desenvolvimento de raízes na camada superior. Na parte aérea, nenhuma diferença significativa foi observada entre os parâmetros analisados. Neste experimento, a compactação não teve efeito na produção de soja, provavelmente por causa da abundância de água e ao nível adequado de nutrientes.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, parâmetros fisiológicos.

INFLUENCE OF SOIL COMPACTION ON THE DEVELOPMENT OF SOYBEANS

ABSTRACT - An attempt was made to simulate the mechanical soil layer compaction that may develop in clay soils and to study its effect on the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) growth. The experiment was carried out in cylindrical pots filled with clay soil in such a way that the medium third was prepared at three density values (1.22, 1.44 and 1.75 g/cm³), keeping the top and bottom layers the original density (0.90 g/cm³). Soybean plants of Santa Rosa cultivar were analyzed as to dry weight of roots, leaves, stems and pods, as well as length of stem, and number of internodes. Compaction of the middle layer at the density of 1.75 g/cm³ hindered root passage and induced a greater root development in the upper parts of the plants induced by the treatments. In this experiment, compaction had no effect on the soybean yield, most likely due to sufficiency of water and nutrients in the soil.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merrill, physiological parameters.

INTRODUÇÃO

Na região da alta Sorocabana, SP, onde o cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) vem se intensificando nos últimos anos, tem sido observada a presença de camadas compactadas em alguns solos de textura argilosa, como conseqüência da forma de manejo. Em levantamento preliminar, efetuado no município de Assis, foi constatado que a densidade da camada compactada, em Latossolo Roxo, variava entre 1,20 e 1,45 g/cm³. Quebras sensíveis na produção têm sido atribuídas à presença de tal camada.

A compactação do solo pode reduzir os fluxos de ar e água, pela redução dos espaços vazios, bem

como aumentar sua resistência mecânica.

O desenvolvimento do sistema radicular das plantas depende basicamente da pressão de turgescência das células de alongação que deve contrabalançar a tensão desenvolvida pelo meio externo. As condições físicas do solo afetam a grandeza das forças envolvidas (Taylor 1974).

A redução no suprimento de oxigênio pode afetar o desenvolvimento do sistema radicular, quer pela redução da pressão de turgescência quer pelo aumento da tensão na parede celular, paralisando a alongação da raiz quase que instantaneamente (Huck 1970).

O potencial da água e a densidade global do solo também afetam o desenvolvimento do sistema radicular. Foi verificado que, a um dado potencial de água no solo, a penetração de raízes diminui em função do aumento da densidade global. Para uma dada densidade, a penetração de raízes diminui em função do decréscimo do potencial de água no solo. Nos dois casos, o aumento na resis-

¹ Aceito para publicação em 10 de agosto de 1983.

² Eng.^a Agr.^a, Dr.^a, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Caixa Postal 28, CEP 13100 - Campinas, SP.

³ Eng.^a Agr.^a, Dr.^a, Seção de Pedologia, Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Campinas, SP.

tência do solo limitava a penetração de raízes (Taylor & Gardner 1963).

O sistema radicular da soja, considerado difuso ou fracamente pivotante, é constituído por uma raiz principal e um grande número de raízes secundárias que, em condições normais de cultivo, distribuem-se quase totalmente (70 a 80% do peso seco nos primeiros 15 cm de solo, devido principalmente ao engrossamento da raiz pivotante e à maior concentração de nódulos). Essa massa de raízes corresponde a 40%, no mínimo, da superfície radicular (Mitchell & Russel 1971, Raper & Barber 1970). Em soja cultivada em solo não-irrigado, 67% das raízes localizam-se nos primeiros 30 cm; 16% entre 30 cm e 90 cm; e 17% abaixo de 90 cm, em comparação a 71%, 21% e 9% para as respectivas camadas, em soja irrigada (Mayaki et al. 1976). Conseqüentemente, o aprofundamento do sistema radicular é extremamente importante para culturas normalmente não-irrigadas, como acontece com a soja, em nossas condições. Stone et al. (1976) observaram que uma pequena porção do sistema radicular localizado nas camadas mais profundas do solo, é suficiente para fornecer a maior parte da água necessária para a soja.

O objetivo do presente trabalho foi verificar a fisiologia do crescimento da soja, variedade Santa Rosa, em função da variação da densidade global na camada compactada, desenvolvida na profundidade de aração, como efeito da forma de manejo, em um solo argiloso, semelhante àqueles utilizados na região produtora de soja no Estado de São Paulo, onde tem ocorrido o problema de compactação mecânica.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de barro vitrificados, com 21,5 cm de diâmetro e 40 cm de altura. Utilizaram-se amostras da camada superficial (20 cm) de um Latossolo Roxo, do Centro Experimental de Campinas, com as seguintes características físicas: argila 51%; limo = 8%; areia grossa = 23%; areia fina = 18%; densidade real = 2,63 g/cm³; densidade global = 0,90 g/cm³ e volume total de poros = 66%. A análise química do solo utilizado revelou as seguintes características: matéria orgânica = 2,5%; pH = 5,5; Ca = 3,5%; Mg = 1,7%; K = 2,1 µeq/100 ml P = 2,1 mg/ml.

As características físicas e químicas foram consideradas adequadas para a cultura da soja.

O delineamento experimental utilizado foi o inteira-

mente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. No tratamento que serviu como testemunha (T₁), uma massa conhecida de solo foi acondicionada homogeneamente nos vasos, de maneira a ser conservada a densidade global original do solo, 0,90 g/cm³. Os demais tratamentos continham solo com densidade original no terço superior e inferior dos vasos. O terço médio continha uma pastilha de solo compactado nas densidades 1,22; 1,44 e 1,75 g/cm³, correspondendo aos tratamentos T₂, T₃, T₄. Cada pastilha, feita com solo previamente umedecido, foi compactada em prensa hidráulica e acondicionada em cilindro de ferro, de diâmetro correspondente ao vaso.

As sementes de soja, variedade Santa Rosa, foram inoculadas com *Rhizobium japonicum* e semeadas no dia 7.11.81, sendo utilizadas dez sementes por vaso. Após a germinação (11.11), foi feito um desbaste, sendo deixadas duas plântulas por vaso. Os vasos foram irrigados periodicamente de forma a manter o nível de água sempre próximo à capacidade de campo. A superfície foi coberta com pedriscos de cor clara, para reduzir as perdas de água por evaporação. Os vasos foram mantidos ao ar livre, sendo recolhidos em casa de vegetação, à noite, e em períodos de chuva.

O estado nutricional das plantas foi avaliado pela análise química da terceira folha a partir da extremidade superior de cada planta, segundo recomendações da Seção de Química Analítica do IAC, coletadas aos 63 dias após a germinação, na fase de pleno florescimento. Foram determinados os teores de macronutrientes, de acordo com os métodos utilizados no laboratório da Seção de Química Analítica do IAC.

Aos 108 dias após o plantio, as plantas já continham vagens com grãos totalmente formados, embora verdes. Neste estágio de desenvolvimento, não há mais crescimento do sistema radicular (Kaspar et al. 1978). Nesta data, foram, então, medidos os seguintes parâmetros fisiológicos: peso seco de vagem, folhas, caules e raízes, altura das plantas e número de internódios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos resultados apresentados na Tabela 1, verificou-se que os teores de macronutrientes nas folhas, determinados pela análise química não diferiram estatisticamente em função dos tratamentos. Neste experimento, a absorção não foi afetada pela compactação do solo.

O peso seco de raízes diminuiu com o aumento da compactação do solo (Tabela 2). Observou-se, após a lavagem cuidadosa de todo o solo no qual cresceram as plantas, que as raízes variaram o tipo de desenvolvimento, com o tratamento. Em T₁, distribuíram-se uniformemente ao longo de toda a profundidade do vaso e apresentaram nodulação abundante. A camada compactada induziu um au-

TABELA 1. Teores médios de macronutrientes nas folhas de soja, variedade Santa Rosa, coletadas no florescimento, de plantas cultivadas em solo com camada de compactação de diferentes densidades globais.

Elementos %	Tratamentos *			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
N	3,53 a	3,75 a	3,66 a	3,94 a
P	0,23 a	0,25 a	0,25 a	0,23 a
K	1,92 a	1,95 a	1,92 a	2,06 a
Ca	1,28 a	1,20 a	1,33 a	1,24 a
Mg	0,38 a	0,38 a	0,40 a	0,39 a
S	0,24 a	0,27 a	0,28 a	0,27 a

* Densidades globais (g/cm³): T₁ = 0,90; T₂ = 1,22; T₃ = 1,44; e T₄ = 1,75. Médias seguidas de letras em comum não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

mento na densidade de raízes no terço superior do vaso, nos tratamentos T₂, T₃, T₄, local este considerado pelos autores, correspondente à camada arada de um solo cultivado de forma convencional (uma aração e uma ou duas gradagens). Em T₂, ocorreu um raleamento no terço médio, porém as raízes conservaram o mesmo padrão estrutural e apresentaram nodulação. Em T₃, a compactação induziu a mudança estrutural nas raízes, com grande redução no diâmetro e impediu a formação de nódulos. A nodulação foi apenas verificada visualmente, não sendo objeto de estudo neste experimento.

Em T₄, o adensamento no terço superior foi muito maior que nos outros tratamentos. As raízes enovelaram-se em círculos e algumas apareceram com diâmetro muito grande. Nenhuma raiz conseguiu atravessar a camada compactada. Verificou-se, no entanto, que, em alguns vasos, as plantas forçaram passagem por um espaço mínimo existente entre o cilindro de ferro e o vaso, conseguindo que uma única raiz penetrasse através desta fenda, alcançasse o terço inferior e voltasse a ramificar-se produzindo uma massa seca considerável. Este fato provavelmente contribuiu para minimizar o efeito da camada compactada no desenvolvimento global do sistema radicular e, conseqüentemente, na parte aérea.

TABELA 2. Peso seco de raízes e parte aérea, altura e número de internódios de plantas de soja, var. Santa Rosa, cultivadas em vasos com Latossolo Roxo, com camada de compactação de diferentes densidades globais. Médias de seis repetições.

	Tratamentos *			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Raízes (g matéria seca/vaso)				
Terço superior	-	6,4 a	6,9 ab	10,0 b
Terço inferior	-	8,2 a	7,8 a	5,7 a
Camada compactada	-	4,9 a	2,3 b	0,0 c
Fenda lateral	-	-	-	1,2
Total	26,7 a	19,5 ab	17,0 b	16,9 b
Parte aérea (g matéria seca/vaso)				
Vagens	8,6 a	6,7 a	6,7 a	7,3 a
Folhas	15,7 a	13,2 a	13,3 a	12,6 a
Caulé	19,4 a	16,0 ab	15,3 b	15,3 b
Total	43,7 a	35,0 ab	35,3 b	35,2 b
Altura de plantas (cm)				
	69,0 a	66,9 a	65,9 a	71,1 a
Número de internódios				
	13 a	14 a	14,0 a	15,0 a

* Densidades globais na camada compactada (g/cm³): T₁ = 0,90; T₂ = 1,22; T₃ = 1,44 e T₄ = 1,75. Letras diferentes na mesma linha expressam diferenças significativas, pelo teste de Tukey a 5%.

Em condições de campo, a camada compactada não se apresenta como uma massa contínua, de densidade global constante, ao longo de grandes extensões de área. No levantamento preliminar efetuado no município de Assis, SP, verificou-se que a densidade global da camada compactada, situada a 20 cm de profundidade no solo, variava de 1,25 g/cm³ a 1,45 g/cm³, em apenas 50 cm de distância horizontal, significando que, em condições de campo, as raízes devem procurar os pontos de menor resistência, através dos quais possam penetrar.

A diminuição do peso seco de raízes pela compactação do solo e mudança na estrutura radicular não implicou a variação no peso seco das folhas e vagens, variando apenas o peso seco do caule.

Como não ocorreu variação na altura das plantas, nem no número de internódios com os tratamentos, evidentemente houve redução no diâmetro dos caules.

O solo contido nos vasos foi mantido com teor de água equivalente à capacidade de campo durante todo o tempo do experimento. Em condições naturais dificilmente isto ocorre. A camada superficial apresenta, freqüentemente, teores de água correspondentes a potenciais inferiores a -2 bares, considerados um valor crítico para penetração de raízes através de uma camada compactada (Taylor et al. 1964).

A impedância mecânica do solo aumenta exponencialmente com a redução no teor de água. Assim, já a densidade $1,22 \text{ g/cm}^3$ poderá se tornar restritiva à penetração de raízes neste tipo de solo, para potenciais de água inferiores à capacidade de campo.

A presença de uma camada compactada, pelo fato de ter induzido aumento na densidade de raízes na camada mais superficial do solo, significa que a cultura da soja poderá tornar-se mais suscetível a deficiências hídricas em períodos de seca, podendo esta ser a explicação para as reduções de até 50% na produção, em anos de baixa pluviosidade, nas áreas em que se tem constatado a presença destas camadas.

Sugerem-se novas pesquisas, simulando vários graus de deficiência hídrica e nutricional e verificando a influência da compactação do solo em condições de baixa umidade e de solo pobre na produtividade da soja.

CONCLUSÕES

1. A compactação do solo influencia o tipo de desenvolvimento radicular em soja, fazendo-o variar em densidade e estrutura. No entanto, o fato não influencia a absorção de água e nutrientes, co-

mo foi comprovado por determinações na parte aérea.

2. A compactação do solo poderá ser responsável pela diminuição na produção, apenas, em condições de deficiência hídrica. Em condições de umidade suficiente no solo, a planta desenvolve meios de contornar o problema pela variação no sistema radicular. A camada superior arada e bem suprida de água e nutrientes é suficiente para o bom desempenho da planta. Conclui-se que a presença da camada compactada em si não é um fator restritivo na cultura de soja.

REFERÊNCIAS

- HUCK, J.E. Variation in tap-root elongation rate as influenced by composition of soil air. *Agron. J.*, 62:815-8, 1970.
- KASPAR, T.C.; STANLEY, C.D. & TAYLOR, H.M. Soybean root growth during the reproductive stages of development. *Agron. J.*, 70:1105-97, 1978.
- MAYAKI, W.C.; STONE, L.R. & TEARE, I.D. Irrigated and non-irrigated soybean, corn and grain sorghum root systems. *Agron. J.*, 68:532-4, 1976.
- MITCHELL, R.L. & RUSSEL, W.J. Root development and rooting patterns of soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill) evaluated under field conditions. *Agron. J.*, 63:313-6, 1971.
- RAPER, D.C. & BARBER, S.A. Rooting systems of soybean. I. Differences in root morphology among varieties. *Agron. J.*, 62:581-4, 1970.
- STONE, L.R.; TEARE, I.D.; MICKELL, C.D. & MAYAKI, W.C. Soybean root development and soil water depletion. *Agron. J.*, 68:677-80, 1976.
- TAYLOR, H.M. Root behaviour as affected by soil structure and strength. In: CARSON, E.W. ed. *The plant root and its environment*. s.l., 1974. p.271-91.
- TAYLOR, H.M. & GARDNER, H.R. Penetration of cotton seedling tap-roots as influenced by bulk density, moisture content and strength of soil. *Soil Sci.*, 96:153-6, 1963.
- TAYLOR, H.M.; MATHERS, A.C. & LOTSPEICH, F.B. Pans in Southern Great Plains Soils. I. Why root-restricting pans occur. *Agron. J.*, 56:328-32, 1964.