

## NOTA

# DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA RADICULAR DA SOJA EM SUCESSÃO À CROTALÁRIA <sup>(1)</sup>

ROBERTO TETSUO TANAKA <sup>(2,3)</sup> e HIPÓLITO ASSUNÇÃO ANTONIO MASCARENHAS <sup>(2,3)</sup>

### RESUMO

A obtenção de elevada produtividade agrícola depende, entre muitos fatores, do bom desenvolvimento radicular das plantas. Neste trabalho, investigaram-se as causas das diferenças no desenvolvimento do sistema radicular da soja, cultivada em duas glebas adjacentes de um mesmo tipo de solo, sendo uma implantada em semeadura direta em sucessão ao cultivo da crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e a outra, em sistema convencional de manejo do solo. As variáveis analisadas indicaram que: (1) a partir de 10 cm até a profundidade estudada de 120, a gleba com manejo convencional mostrou melhores condições químicas para o desenvolvimento das plantas; (2) as concentrações de fósforo, potássio e cálcio da parte aérea das plantas de soja cultivadas tendo como substratos as sete camadas dos dois perfis do solo também comprovaram a superioridade quantitativa da amostra oriunda da gleba do manejo convencional; (3) a gleba do manejo com adubo verde e semeadura direta mostrou valores de resistência à penetração do solo superiores aos da outra gleba, indicando presença de camadas mais compactadas; (4) apesar dessas condições menos favoráveis na gleba com manejo do solo em semeadura direta, a raiz da soja desenvolveu-se mais profundamente (superior a 1,2 m) e com nódulos distribuídos ao longo do perfil, que não foi observado no sistema convencional de manejo de solo. Atribuiu-se esse fato ao crescimento do sistema radicular pivotante e vigoroso da crotalária, que, após a sua decomposição, teve seu espaço aproveitado fisicamente pelo sistema radicular da soja.

**Termos de indexação:** *Crotalaria juncea* L., adubo verde, raiz, manejo do solo, soja.

---

<sup>(1)</sup> Trabalho recebido para publicação em 9 de agosto de 1994 e aceito em 7 de março de 1995.

<sup>(2)</sup> Seção de Leguminosas, Instituto Agronômico (IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

<sup>(3)</sup> Com bolsa de pesquisa do CNPq.

## ABSTRACT

### DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEM IN SOYBEANS AFTER CROTALARIA CROP

Among the various factors that contribute to high yields in agriculture, the good development of root system is considered one of the most important. In this research, the cause of soybeans root system growth variation was investigated. Soybeans sowing was made in two adjacent areas in the same type of the soil. In one of the areas, a no tillage system was used following *Crotalaria juncea* crop. In another area, the conventional management of soil was used. The variables analyzed showed that: 1) using the conventional management, the soil fertility starting from 10 cm layer to the depth of 120 cm showed adequate conditions for plant growth; 2) the concentrations of P, K and Ca of the aboveground parts of soybeans cultivated in the seven layers of the two soil profiles also confirm the better growth conditions under conventional management; 3) the area where *C. juncea* was planted and followed by soybeans in the no tillage management, showed hardness of the soil when compared with the conventional system. This result indicates a compactness of the soil at different layers; 4) in spite of the unfavourable conditions for the development of the root system, in the area where no tillage system was used, soybeans roots penetrated deeper than 1.2 m with nodules distributed along the profile. This was not observed in the conventional system of soil management. A probable explanation is that the vigorous taproot of *C. juncea* which penetrated the soil after its decomposition left the space to be filled up by the root system of the soybeans.

**Index terms:** *Crotalaria juncea* L., green manure, roots, soil management, soybeans.

O solo fornece a maioria dos nutrientes às plantas, é importante, pois, que proporcione as melhores condições físicas, químicas e biológicas para que o potencial genético de produtividade das culturas econômicas não seja limitado por tais fatores.

Geralmente, os solos que sofreram elevado intemperismo na sua formação caracterizam-se por apresentar, por um lado, condições físicas (profundidade efetiva e macroporos) ótimas para o desenvolvimento do sistema radicular e, por outro, condições químicas adversas em todo o perfil, devido à presença de elementos químicos ( $Al^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$  e  $H^+$ ) em nível tóxico e à baixa disponibilidade dos nutrientes P, K, Ca, Mg, etc. (Lopes, 1983). A correção dessas condições adversas para o desenvolvimento do sistema radicular na camada arável é exequível, pelas práticas adequadas e recomendadas de calagem e adubação. Camadas abaixo da arável (0-20 cm) são difíceis de corrigir por manejos convencionais e, em razão do gasto excessivo de energia, tornam-se antieconômicas.

Além dessas condições adversas, o cultivo contínuo efetuado com determinados implementos, como o arado de discos e a grade, e o próprio trânsito das máquinas e implementos agrícolas, compactam, gradativamente, o solo, em geral na camada de 10-30 cm, podendo, no quinto ano de cultivo, reduzir o desenvolvimento normal das raízes de soja em 53%, com conseqüente queda da produtividade (Kawasaki et al., 1980). Baligar et al. (1975) verificaram que a maior densidade do solo (1,95 g/cm<sup>3</sup>) alterou a anatomia da raiz de soja. Nelson et al. (1975) observaram que a compactação induzida pelo tráfico de trator foi inversamente proporcional à disponibilidade de água e ao rendimento de soja. A importância do desenvolvimento radicular foi relatada por Roder et al. (1989), que mostraram haver uma relação direta entre o rendimento de grãos de soja e o comprimento total e o peso total das raízes.

Um manejo do solo e cultura que proporcionem às plantas condições adequadas para o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, a

fim de permitir a exploração de maior volume do solo, é de suma importância para a maior resistência aos efeitos negativos de veranicos e também para aumentar a produtividade. Arnold & Jones (1987) relataram, por meio de levantamento de dados, que a menor profundidade efetiva do solo em função de algum tipo de restrição ao desenvolvimento da raiz reduzia a produtividade da soja.

Este trabalho visa relatar a diferença no desenvolvimento do sistema radicular da soja (semeadura direta) após o cultivo da crotalaria em relação ao manejo convencional do solo.

## Material e Métodos

Em abril-setembro de 1989, em uma gleba de aproximadamente 1,5 ha de um latossolo roxo distrófico, localizado no Centro Experimental de Campinas (IAC) cultivou-se a *Crotalaria juncea*. Esta apresentou desenvolvimento normal e boa produção de fitomassa, que foi roçada e deixada sobre a superfície. Em novembro, pelo quinto ano consecutivo, semeou-se a soja 'IAC-14' em sistema de semeadura direta. Em janeiro de 1990, devido à exuberância no desenvolvimento da parte aérea das plantas, que estavam no estágio R<sub>6</sub> da escala de Fehr et al. (1971), efetuou-se um estudo exploratório do seu sistema radicular por meio de trincheiras escavadas mecanicamente, nas dimensões de 1,2 x 2,0 m, com 1,2 m de profundidade. Para que uma das faces de 2,0 m coincidisse com a linha das plantas, raspou-se a terra e cortaram-se as raízes de forma perpendicular à superfície do solo. Para melhor visualizar o desenvolvimento do sistema radicular, procedeu-se ao seguinte método: aplicaram-se, na face aplainada, jatos de água com pulverizador agrícola manual até o aparecimento de raízes representativas das plantas. Aguardaram-se algumas horas até a perda de umidade da parte externa das raízes, aplicando-se, em seguida, tinta automotiva branca naquele perfil do solo. À impregnação e secagem da tinta, seguiu-se a aplicação de água, a fim de fazer contrastar, pela cor, as raízes da terra. A tinta permaneceu nas raízes, enquanto o solo foi lavado com a desintegração dos agregados. Para verificar a compactação ou a resistência à pe-

netração do solo, mediu-se sua resistência ao impacto do penetrômetro, conforme o método de Stolf et al. (1983), em vinte pontos da gleba. Empregaram-se os mesmos métodos em uma área adjacente cultivada com a mesma variedade, diferindo somente quanto ao manejo do solo, que sempre foi em sistema convencional (aração e gradagem com posterior semeadura).

Na mesma operação de aplainar o perfil, coletou-se solo das camadas de 0-10, 10-20, 20-30, 30-45, 45-60, 60-90 e 90-120 cm, para determinar o nível de fertilidade mediante a análise química (Raij & Quaggio, 1983) e biológica, através de cultivo em vasos, de quatro plantas de soja, do mesmo cultivar do campo, contendo aquelas sete amostras de solo/gleba. Aos 25 dias, as plantas foram cortadas rente ao solo e, posteriormente, secas e moídas, determinando-se os teores de macronutrientes, conforme Bataglia et al. (1983).

## Resultados e Discussão

No quadro 1, apresentam-se os resultados de análise química das camadas do solo das duas glebas. Comparando-as, camada a camada, verificou-se que, em quase todas as variáveis, as condições químicas do solo da gleba com semeadura convencional alcançaram melhores índices de fertilidade, sem, no entanto, causar desbalanço entre os nutrientes, revelando condições adequadas dessa gleba para o desenvolvimento radicular. Logicamente, essas diferenças foram provocadas pelo calcário e adubos aplicados ao longo dos anos agrícolas e pelas exportações diferenciadas de nutrientes entre as espécies cultivadas nessas glebas. Observou-se acentuada redução na saturação de bases na camada de 20-30 cm, notadamente na gleba com semeadura direta. Em camadas mais profundas de ambas as glebas, a saturação de bases revela valores considerados razoavelmente bons, sugerindo que os solos das duas glebas não apresentavam nem impedimento químico por toxicidade de Mn ou Al, nem baixo teor de nutrientes trocáveis, essenciais para o crescimento do meristema apical das raízes.

Quadro 1. Resultados das análises das amostras, coletadas de diversas camadas das glebas de manejo do solo em semeadura direta e convencional

Camada ( <sup>1</sup> )	Características									
	pH	M.O.	P resina	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	S	T	V
cm	(CaCl <sub>2</sub> )	g/kg	mg/kg	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			%			
0-10 D	5,2	41	39	1,6	40	25	31	67	98	68
0-10 C	5,2	38	53	3,7	38	15	28	57	85	67
10-20 D	4,5	29	16	0,8	20	8	34	29	63	46
10-20 C	5,2	42	49	2,6	36	14	26	53	79	67
20-30 D	4,4	19	9	0,6	11	5	33	17	50	34
20-30 C	4,8	33	14	1,9	19	9	29	30	59	51
30-45 D	4,7	15	3	0,6	14	6	25	21	46	46
30-45 C	5,0	22	3	2,0	16	8	24	26	50	52
45-60 D	5,1	17	3	0,6	18	6	20	25	45	56
45-60 C	5,5	18	2	1,7	17	7	18	26	44	59
60-90 D	5,4	16	4	0,4	18	4	17	22	39	56
60-90 C	5,8	16	2	1,1	16	6	16	23	39	59
90-120 D	5,5	12	2	0,4	17	4	18	21	39	54
90-120 C	6,2	12	2	0,9	18	4	15	23	38	61

(<sup>1</sup>) D = Semeadura direta da soja após o cultivo de crotalária; C = semeadura convencional da soja.

No quadro 2, estão as concentrações de macronutrientes da parte aérea das plantas de soja com 25 dias, cultivadas em vasos.

Verificou-se menor concentração de N, P e K nas plantas à medida que se aprofundou no perfil do solo, devido ao menor teor desses nutrientes e de matéria orgânica. Apesar da diminuição no teor de Ca e Mg no solo proporcional à profundidade, não se observou decréscimo correspondente desses nutrientes nas plantas, evidenciando que se encontravam acima do nível exigido no solo para atingir tal crescimento. Ao contrário do que se esperava, a concentração de enxofre nas plantas não acompanhou o menor teor de matéria orgânica do solo, conforme a maior profundidade amostrada. Isso indicou que não houve uma predominância na fonte de S no solo, como é enfatizada na literatura, devendo ser considerada de suma importância a fonte do S mineral presente na solução do solo e na forma adsorvida. Hue & Cope Jr.

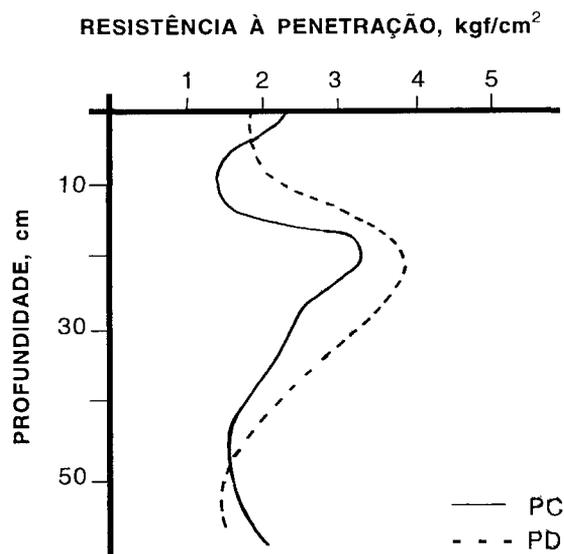


Figura 1. Resistência à penetração do solo em profundidade de duas glebas com diferenças no manejo. PD = Semeadura direta da soja após o cultivo da crotalária; PC = Semeadura convencional da soja.

(1987) também haviam relatado que o subsolo (20-60 cm) contém teores de sulfato suficientes para atender às necessidades das plantas de soja cultivadas em vasos.

A figura 1 permite comparar a resistência à penetração do solo das duas glebas, até a profundidade aproximada de 50 cm. Verificou-se que a gleba sob semeadura direta esteve sempre com maior resistência à penetração do equipamento, o que era previsível, devido à ausência, havia cinco anos, de revolvimento do solo com arado, grade e subsoador. Esses dados corroboraram os de Abrão et

al. (1979): estudando seis métodos de preparo do solo, verificaram que a menor mobilização apresentou não só maior índice de estabilidade dos agregados em água, mas, também, maior resistência à penetração do penetrômetro.

Apesar das condições químicas desfavoráveis (Quadro 1) do perfil do solo da gleba com semeadura direta, comprovadas pela menor concentração de P, K e Ca nas plantas (Quadro 2) e das condições físicas adversas (Figura 1) pela maior resistência à penetração, a soja cultivada nessa gleba apresentou o sistema radicular mais profundo.

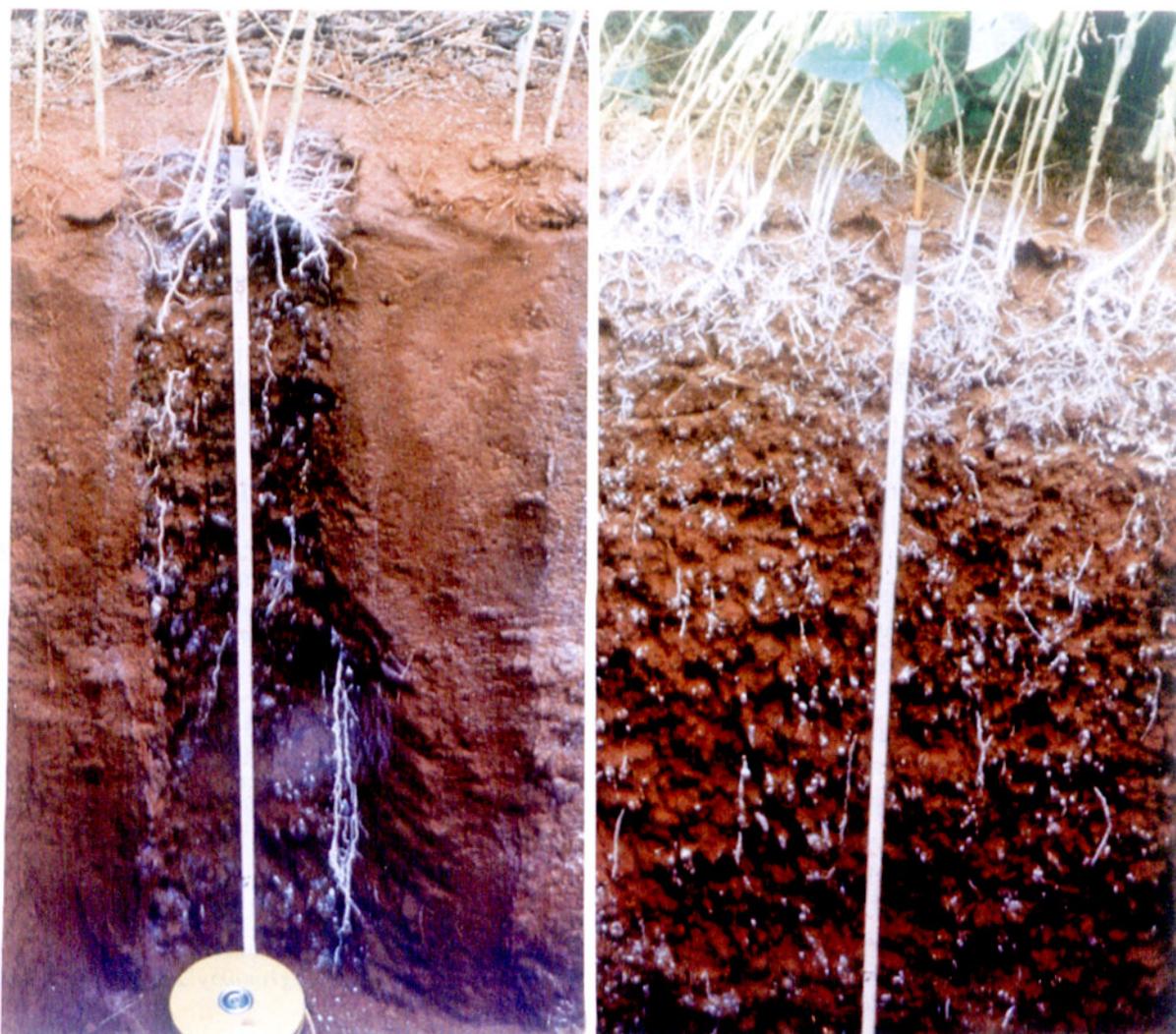


Figura 2. Diferenças no desenvolvimento do sistema radicular da soja IAC-14. À esquerda, sistema radicular bem profundo e com nódulos nas camadas subsuperficiais, na gleba com semeadura direta após o cultivo da crotalária; à direita, sistema radicular na gleba com semeadura convencional.

Quadro 2. Teores de nutrientes na matéria seca da parte aérea de plantas de soja cultivadas em vasos contendo solos de sistema de manejo, solo convencional e plantio direto

Camada ( <sup>1</sup> )	Teor na parte aérea					
	N( <sup>2</sup> )	P	S	K	Ca	Mg
cm	g/kg					
0-10 D	39,7	1,2	1,9	16,3	11,5	5,6
0-10 C	31,6	1,9	1,8	23,3	10,4	3,7
10-20 D	45,0	1,3	2,1	20,5	11,2	5,7
10-20 C	34,2	1,4	1,6	24,6	11,8	4,1
20-30 D	—	0,6	1,6	11,8	7,3	5,0
20-30 C	33,1	1,1	2,0	16,3	9,7	3,9
30-45 D	38,6	0,8	2,3	13,4	10,4	5,0
30-45 C	41,6	0,8	2,6	17,2	10,3	4,6
45-60 D	31,5	0,7	2,5	13,0	14,3	5,5
45-60 C	—	0,4	1,7	17,5	10,7	4,5
60-90 D	30,3	0,7	1,9	10,5	14,9	4,6
60-90 C	27,5	0,7	1,9	16,3	14,5	4,6
90-120D	22,2	0,6	1,7	7,1	11,5	3,7
90-120C	26,2	0,7	1,9	11,0	16,6	4,8

(<sup>1</sup>) D = Semeadura direta após cultivo de crotalária; C = Semeadura convencional. (<sup>2</sup>) —: Material vegetal insuficiente para análise.

A figura 2 ilustra o melhor desenvolvimento do sistema radicular da soja cultivada após a crotalária. Tal efeito pode ser atribuído, em grande parte, ao sistema radicular pivotante e vigoroso da crotalária, adubo verde cultivado no outono-inverno, que permitiu à soja cultura sucessora, aprofundar-se mais do que a porção escavada (trincheira de 1,2 m) em função do aproveitamento dos poros deixados pelo referido adubo. O outro manejo, por sua vez, teve o sistema radicular das plantas restrito, principalmente, à camada arável, apesar das condições químicas e físicas aparentemente melhores. Saliente-se que o sistema radicular profundo das plantas cultivadas tem a vantagem de possibilitar a exploração de maior volume do solo e conseqüente maior absorção de nutrientes e água e maior tolerância ao déficit hídrico, este, tão comum em cultivos de verão no Brasil. A presença de nódulos da simbiose também foi verificada nas raízes mais profundas do solo do tratamento com a crotalária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRÃO, P.U.R.; GOEPFERT, C.F.; GUERRA, M.; ELTZ, F.L.F. & CASSOL, E.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo sobre características de um latossolo roxo distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3:169-172, 1979.
- ARNOLD, R.W. & JONES, C.A. Soil and climate effects upon crop productivity and nutrient use. In: Soil fertility and organic matter as critical components of production systems. *Soil Science Society of America*, Madison, 1987. p.9-17. (SSSA Special publication, 19)
- BALIGAR, V.C.; NASH, V.E.; HARE, M.L. & PRICE JR., J.A. Soybean root anatomy as influenced by soil bulk density. *Agronomy Journal*, Madison, 67:842-844, 1975.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R. & GALLO, J.R. *Métodos de análise química de plantas*. Instituto Agronômico, Campinas, 1983. 48p. (Boletim técnico, 78)

- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E.; BURMOOD, D.T. & PENNINGTON, J.S. Stage of development description for soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Crop Science*, Madison, **11**(6):929-931, 1971.
- HUE, N.V. & COPE JR., J.T. Use of soil-profile sulfate data for predicting crop response to sulfur. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, **51**(3):658-664, 1987.
- KAWASAKI, H.; IWATA, F. & MESQUITA FILHO, M.V. Desenvolvimento do sistema radicular de soja em solos de cerrado. In: RELATÓRIO PARCIAL DA COOPERAÇÃO EM PESQUISA AGRÍCOLA NOS CERRADOS DO BRASIL - 1978-1980. Brasília, EMBRAPA-CPAC e Japan International Cooperation Agency-JICA, 1980. p.157-173.
- LOPES, A.S. *Solos sob cerrado*: características, propriedades e manejo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato, 1983. 162p.
- NELSON, W.E.; RAHI, G.S. & REEVES, L.Z. Yield potential of soybean as related to soil compaction induced by farm traffic. *Agronomy Journal*, Madison, **67**:769-772, 1975.
- RAIJ, B. & QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Instituto Agrônomo, Campinas, 1983. 31p. (Boletim técnico, 81)
- RODER, W.; MASON, S.C.; CLEGG, M.D. & KNIEP, K.R. Crop root distribution as influenced by grain sorghum-soybean rotation and fertilization. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, **53**(5):1464-1470, 1989.
- STOLF, R.; FERNANDES, J. & FURLANI NETO, V. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. *Revista STAB*, Piracicaba, **1**(3):18-23, 1983.