

# **CAPÍTULO 11**

*Práticas Indutoras do Crescimento  
Radicular das Principais Culturas  
Anuais, com Ênfase na Cultura do  
Feijoeiro*

*Priscila de Oliveira e João Kluthcouski*



A raiz é o órgão da planta que tipicamente se encontra abaixo da superfície do solo. Tem duas funções principais: servir como meio de fixação ao solo e como órgão absorvente de água, nutrientes, e outras substâncias minerais.

## **Profundidade de exploração das raízes**

Rovira (1975) concluiu que a faixa de solo com dominância de absorção de nutrientes pelo feijoeiro é localizada entre 10 e 20 cm de profundidade. Estudos sobre a resistência à seca com essa cultura mostram que as raízes mais profundas do feijoeiro foram positivamente correlacionadas com a produção de grãos e crescimento das plantas (SPONCHIADO et al., 1989), e alguns genótipos, apesar de enraizarem mais intensamente na superfície do solo, podem ter o sistema radicular explorando até 100 cm de profundidade (GUIMARÃES et al., 1996).

De maneira similar às demais culturas, mais de 70% das raízes do arroz de terras altas concentram-se nos primeiros 20 cm de profundidade (STONE; PEREIRA, 1994a; STONE; MOREIRA, 1998). Guimarães e Moreira (1997) concluíram que, na profundidade até 40 cm, a densidade radicular do arroz diminui com o aumento da compactação a partir da massa específica do solo, em torno de 1,2 g cm<sup>-3</sup>. Guimarães (1997) concluiu que, comparativamente ao SPD, a aração promoveu maior desenvolvimento das raízes em profundidade. No SPD, observou-se também a redução no desenvolvimento da parte aérea do arroz.

Na cultura do milho, a maior concentração de raízes ocorre nos 20 cm superficiais (MENGEL; BARBER, 1974; DURIEUX et al., 1994), e a profundidade efetiva de exploração depende do tipo de solo (RESENDE et al., 1990). Anderson (1987) concluiu que o desenvolvimento mais intenso das raízes do milho ocorre até a oitava semana após a semeadura. Jansen e Weert (1977), Pedo et al. (1986) e Hughes et al. (1992) observaram que em solo compactado ocorre restrição ao desenvolvimento radicular do milho, quase sempre refletindo na produção de grãos.

Gill et al. (1996) relataram que as raízes do milho se desenvolvem melhor em solo descompactado com escarificação em relação a grade aradora. Comparando o preparo convencional com arado de disco, escarificação e SPD, Newell e Wilhelm (1987) verificaram maior concentração de raízes do milho no SPD e

escarificação no perfil 0-15 cm. Melhor distribuição radicular do milho em profundidade devido à subsolagem também foi verificada por Manfron et al. (1991).

Correlação positiva entre melhor desenvolvimento radicular e rendimento de grãos de milho foi registrada por Choudhury et al. (1991) e Gill et al. (1996).

A soja, similarmente às demais culturas anuais, é extremamente sensível à compactação do solo, por isso, responde significativamente aos manejos que descompactam o solo, como relata Kaiser et al. (2005).

### **Principais fatores que interferem no desenvolvimento radicular das plantas**

As alterações nas propriedades do solo, devidas tanto ao manejo inadequado da adubação quanto às interferências nas propriedades físicas, químicas e biológicas, podem afetar profundamente o desenvolvimento radicular das plantas. Aumentos nos níveis de adubação, sobremaneira localizada, têm resultado na redução do desenvolvimento de raízes de soja (RODER et al., 1989), do arroz de terras altas irrigado suplementarmente por aspersão (STONE; PEREIRA, 1994a), do milho (NANAGARA et al., 1976) e do feijão (STONE; PEREIRA, 1994b).

Submeter as plantas ao estresse hídrico após a emergência para incrementar a profundidade do seu sistema radicular tem sido bastante contraditório, já que os resultados obtidos com essa prática têm sido inconsistentes (ROBERTSON et al., 1980; NEWELL; WILHELM, 1987; GUIMARÃES et al., 1996).

O excesso de umidade no solo, por outro lado, tem sido prejudicial ao crescimento das raízes em profundidade nas plantas de soja (STANLEY et al., 1980), feijão (AZEVEDO et al., 1993), milho (MACKAY; BARBER, 1985) e arroz de terras altas (SEGUY; BOUZINAC, 1993). Várias pragas e doenças também podem afetar o desenvolvimento das raízes.

### **Atributos físicos do solo**

A compactação do solo traz, como consequências, mudanças bruscas nas relações solo-ar-água, principalmente nos processos dinâmicos, tais como: movimentação da água, ar e nutrientes; crescimento

radicular das plantas; e difusibilidade térmica ao longo do perfil (CANALLI; ROLOFF, 1997; PAULETTO et al., 1997). As características físicas do solo são interdependentes. Com isto, a modificação de uma delas, normalmente, leva à modificação de todas as outras (VIEIRA, 1985). Por outro lado, a compactação do solo é um conceito complexo e uma propriedade de difícil descrição e mensuração. Está intimamente relacionada com as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que, reconhecidamente, são importantes no desenvolvimento das plantas. O uso indiscriminado de implementos que revolvem o solo superficialmente, caso das grade pesadas, causa, sistematicamente, a compactação da camada subsuperficial do solo (SEGUY et al., 1984).

Da mesma forma, a utilização continuada do SPD pode resultar em aumento da massa específica do solo em alguma (TORRES et al., 1995b), ou em todas as profundidades, reduzindo, principalmente, a porosidade (HILL, 1990). Mesmo nos sistemas de manejo onde não se faz a movimentação do solo, caso do SPD, ocorre compactação com conseqüente redução nos valores de macroporosidade e aumento da massa específica do solo e microporosidade, pelo trânsito de máquinas nas operações de pulverização, semeadura e colheita (VIEIRA, 1981; VIEIRA; MUZILLI, 1984; CORRÊA, 1985; CASTRO, 1989). Wagger e Denton (1989) destacam que a massa específica do solo no SPD é sempre maior na posição onde passam as rodas do maquinário agrícola, reduzindo a porosidade em cerca de 21% e, com o tempo, tende a aumentar também nas posições não trafegadas.

Aumento na massa específica do solo e da microporosidade e a redução na macroporosidade e a porosidade total no SPD foram também observados por Vieira (1985). Vieira e Muzilli (1984) observaram que os valores de massa específica, de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob diferentes sistemas de manejo, foram significativamente maiores a 10 cm de profundidade no SPD, inexistindo diferenças nas camadas inferiores a 20 cm. A porosidade total e macroporosidade também foram mais baixas no SPD em relação ao manejo convencional.

Corrêa (1985) verificou no SPD, em relação ao manejo convencional e enxada rotativa, maior adensamento e menores valores de macroporosidade e porosidade total na camada superficial, 0-10 cm. Depsch et al. (1991) ao estudarem o efeito de diferentes manejos em Latossolo Roxo, verificaram que a massa específica do solo foi maior, no caso do SPD, na camada 0-20 cm, enquanto que no preparo convencional, maiores massas específicas do solo estavam localizadas no perfil 20-30 cm de profundidade.

Moreira et al. (1995) estudaram diferentes manejos de solo em área irrigada por pivô central, num Latossolo Vermelho-Amarelo, verificando que a massa específica do solo também foi superior no SPD na camada 0-10 cm, comparativamente à grade aradora e ao arado de aivecas. Neste estudo, os autores verificaram também a redução da porosidade total no sistema de SPD, consequência da redução da macroporosidade.

Alguns estudos têm demonstrado não haver diferenças significativas na massa específica do solo entre os sistemas convencional e direto (FERNANDES et al., 1983; ALBUQUERQUE et al., 1995).

Segundo Fernandes et al. (1983) e Reeves (1995), a massa específica do solo no SPD pode vir a diminuir com o passar dos anos, em parte, pelo aumento do conteúdo da matéria orgânica, favorecendo a melhoria da estrutura do solo. Por outro lado, os sistemas de manejo com maior mobilização do solo, tais como escarificação e preparo convencional com arado de discos, apresentam menores valores de massa específica do solo, maior macroporosidade e porosidade total em relação ao SPD (OLIVEIRA et al., 1990; ROS et al., 1997).

Reeves (1995) relatou que práticas de manejo do solo influenciam as condições físicas, principalmente, pelo efeito da matéria orgânica, cujo aumento, característica do SPD, influencia tanto as propriedades físicas como químicas e biológicas do solo. No processo de decomposição dos resíduos orgânicos, os micro-organismos excretam substâncias que agregam as partículas do solo, resultando em menor massa específica e compactação. No SPD, a relativa manutenção das propriedades físicas do solo é feita tanto pela atividade biológica como pelos canais das raízes. Balbino (1997) mencionou que o maior adensamento das camadas subsuperficiais do solo mantido sob SPD é, muitas vezes, compensado pela continuidade dos poros resultantes da atividade biológica e da decomposição das raízes.

Outro aspecto importante relacionado ao manejo do solo é a estabilidade dos agregados. O uso intensivo dos Latossolos de Cerrado, com práticas de manejo inadequadas, tem causado a desagregação estrutural do solo, evidenciada pela diminuição do conteúdo da matéria orgânica e redução do tamanho dos agregados (VIEIRA; MUZILLI, 1984; DÉRPSCH et al., 1991; CAMPOS et al., 1995). No sistema de SPD, a cobertura vegetal e os resíduos orgânicos protegem os agregados da superfície do solo contra a desagregação resultante do impacto das chuvas. Além disto, os subprodutos derivados da decomposição da matéria orgânica funcionam

como agentes de formação e estabilização dos agregados (HARRIS et al., 1966). Assim, Vieira e Muzilli (1984), Carpenedo e Mielniczuk (1990), Derpsch et al. (1991), Resck et al. (1995) e Campos et al. (1995) verificaram que, no SPD, ocorreu o maior percentual de agregados maiores, bem como com maior estabilidade em água, em relação aos manejos que revolvem o solo.

Ainda assim, o impedimento causado por camadas de solo compactadas tem sido o principal fator que influencia o alongamento e a proliferação das raízes (TU; TAN, 1991). Sob compactação, a massa específica do solo aumenta e a porosidade diminui, principalmente em relação aos macroporos. As raízes não conseguem reduzir seu diâmetro para penetrar nos microporos menores que as suas extremidades (WIERSUM, 1957). Neste caso, as raízes têm que deslocar as partículas de solo, sendo que a força necessária rapidamente se esgota e o alongamento das raízes é restringido (MARSCHNER, 1986).

Da mesma forma que os diferentes manejos afetam as propriedades do solo, via de regra, também afetam o desenvolvimento radicular das culturas. Primavesi (1990) relata que massa específica do solo entre 1,2 e 1,4 Mg m<sup>-3</sup> já pode constituir uma barreira para o crescimento radicular das plantas, sendo crítico na densidade de 1,6 Mg m<sup>-3</sup>. Kaspar et al. (1978) observaram que o máximo grau de crescimento das raízes de soja, independente do manejo ou das propriedades físicas do solo, ocorreu durante o florescimento e diminuiu na fase inicial de enchimento dos grãos. Da mesma forma, a maior concentração de raízes ocorreu na superfície, entre 0 a 15 cm de profundidade (KASPAR, 1985). Redução no desenvolvimento radicular da soja devido à compactação é mencionada por Benez et al. (1986), Pedo et al. (1986), Borges et al. (1988) e Torres et al. (1995a).

Moraes et al. (1991) observaram reduções no desenvolvimento radicular da soja a partir de massas específicas do solo superiores a 1,26 Mg m<sup>-3</sup>, em Terra Roxa Estruturada, e 1,17 Mg m<sup>-3</sup>, em Latossolo Roxo. As reduções da massa radicular foram superiores a 50% na Terra Roxa Estruturada, para massa específica do solo de 1,30 Mg m<sup>-3</sup>, e de cerca de 60%, no Latossolo Roxo, com massa específica de 1,23 Mg m<sup>-3</sup>. Em condições de laboratório, Borges et al. (1988) verificaram que a partir da massa específica de 1,25 Mg m<sup>-3</sup> em Latossolo Vermelho-Escuro, não mais se observou crescimento de raízes de soja. Moraes et al. (1991) verificaram reduções na matéria seca de raízes de soja, em Latossolo Roxo, de 29% e 41%, quando se elevou a massa específica do solo de 0,9 para 1,23 e 1,30 Mg m<sup>-3</sup>, respectivamente.

No SPD, o adensamento das camadas superficiais e subsuperficiais é, muitas vezes, compensado pela continuidade dos

poros resultantes da atividade biológica e da decomposição das raízes (GASSEN; GASSEN, 1996; BALBINO, 1997). Neste sentido, Vieira (1981) observou que, após seis anos de SPD contínuo, as condições físicas do solo não ofereceram restrição ao crescimento radicular da soja. Em outro trabalho, Vieira (1985) menciona, inclusive, que o sistema radicular da soja é melhor distribuído no perfil do solo no SPD do que no manejo convencional com grade aradora ou arado de disco. Veiga e Oliveira (1976) salientaram também que o SPD propicia um melhor desenvolvimento radicular da soja nas fases de crescimento vegetativo e florescimento e que, em condições de campo, os diversos modos de preparo do solo não influenciam a profundidade da raiz principal, nem o comportamento das raízes laterais. Entretanto, Cardoso (1993) mostrou que, nos Cerrados, as raízes da soja se desenvolvem melhor em profundidade quando o solo é preparado com arado de aivecas, em relação ao arado de disco ou SPD.

Torres e Saraiva (1997) observaram, no SPD, que houve melhor desenvolvimento das raízes quando o solo, Latossolo Roxo, foi previamente descompactado com escarificação, apresentando massa específica de  $1,20 \text{ Mg m}^{-3}$ . No solo compactado, com massa específica de  $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$ , houve restrição ao crescimento radicular nas cinco cultivares testadas. A compactação afetou negativamente a produtividade de todas as cultivares avaliadas. Jaster et al. (1993) relataram que, no SPD, as raízes da soja se desenvolvem mais intensamente na camada superficial (0-5 cm), entretanto, na aração se verificou boa distribuição das raízes até a profundidade de 30 cm. Superioridade no desenvolvimento radicular na cultura da soja em solo descompactado com escarificação profunda foi descrita por Maia e Eltz (1992), Torres e Saraiva (1995) e Torres et al. (1995a). As grades aradoras, por outro lado, resultam na pior distribuição radicular, sendo esta bastante superficial (MAIA; ELTZ, 1992; TORRES; SARAIVA, 1995). Correlação positiva entre desenvolvimento radicular e rendimento de soja foram observados por Torres e Saraiva (1995, 1997) e Torres et al. (1995a).

### **Atributos químicos do solo**

No início da década de 60, Vieira e Gomes (1961) demonstraram que alguns fertilizantes potássicos e fosfatados podem causar injúrias à germinação de sementes do feijoeiro comum (Tabela 1), enfatizando que o contato direto de sementes de feijão com  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples e  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de cloreto de potássio reduziu o estande de plantas em 44% e 58%, respectivamente, e na aplicação da mistura de ambos a redução foi de 74%.



**Tabela 1.** Estandes médios de plantas, em porcentagem, em ensaio de adubação, em Muriaé, MG, atribuindo-se valor 100 para o tratamento sem adubo.

<i>Doses de superfosfato simples (kg ha<sup>-1</sup>)</i>	<i>Doses de cloreto de potássio (kg ha<sup>-1</sup>)</i>		
	0	70	140
0	100	65	42
300	56	43	35
600	41	33	26

Fonte: Vieira e Gomes (1961).

Ao pesquisarem, em 1982, o efeito da mistura N-P-K, Kluthcouski et al. (1982) concluíram que, com a alteração na profundidade usual de adubação, a qual, na prática, tem sido próxima das sementes, é possível aumentar o rendimento do feijoeiro comum (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resultados médios da produtividade do feijoeiro, semeado na época seca, em março de 1979 e 1980, utilizando-se a adubação de 20-80-30 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

<i>Profundidade de adubação</i>	1979	1980	
	<i>Sequeiro<sup>1</sup></i>	<i>Sequeiro<sup>2</sup></i>	<i>Irrigado<sup>3</sup></i>
		<i>kg ha<sup>-1</sup></i>	
Convencional	570	536	1.156
15 cm	760	933	1.304
20 cm	795	848	1.203

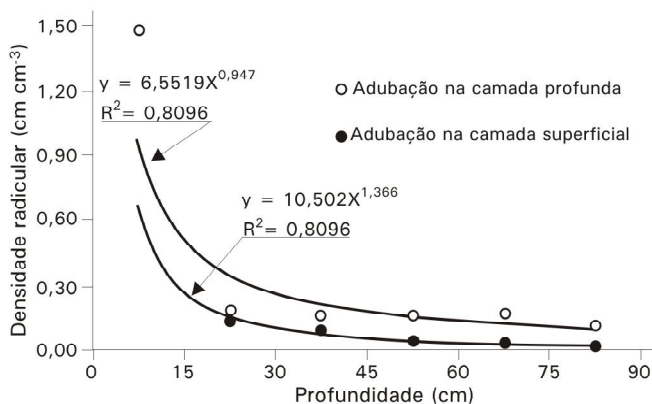
<sup>1</sup>Média de quatro cultivares/linhagens: Venezuela 350, Piratã, Porillo Sintático e PI 318.818.

<sup>2</sup>Cultivar Venezuela 350.

<sup>3</sup>Cultivar Venezuela 350, com irrigação suplementar.

Fonte: Kluthcouski et al. (1982).

Neste contexto, aumentos no rendimento de grãos, devidos à incorporação mais profunda do fertilizante, também foram registrados na cultura de feijão (THUNG et al., 1982) e milho (BARBER, 1985; ALONÇO; FERREIRA, 1992). Guimarães e Castro (1982), quando observaram que a disposição mais profunda dos fertilizantes pode interferir, positiva ou negativamente, no desenvolvimento das raízes do feijoeiro comum, concluíram que a aplicação de fertilizantes na camada mais profunda do solo e com maior disponibilidade de água induz o crescimento radicular do feijoeiro do período das secas, com semeadura em janeiro/fevereiro, comparativamente à aplicação na camada superficial do solo com baixa disponibilidade de água (Fig. 1), pois, neste ambiente/época de cultivo, a baixa disponibilidade de água prejudica a absorção de nutrientes e retarda o desenvolvimento da planta como um todo.



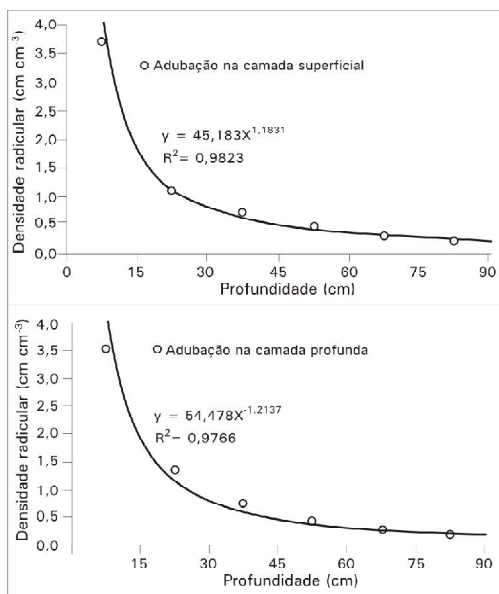
**Fig. 1.** Densidade radicular do feijoeiro da seca, cultivar Venezuela 350, em 1980, em condições de adubação aplicada nas camadas superficial e profunda, utilizando-se 20, 80 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Fonte: Kluthcouski e Stone (2003).

Por outro lado, nesse estudo, o mesmo não foi observado durante o período com chuvas distribuídas mais uniformemente, sem ocorrência de veranicos, semeadura em outubro/novembro (Fig. 2), quando o solo está adequadamente suprido com água, tanto na sua camada superficial como nas mais profundas, e o crescimento radicular é adequado em ambos os sistemas de aplicação de fertilizantes.

Ao relacionarem as vantagens da aplicação diferenciada dos fertilizantes, no que se refere à profundidade, Kluthcouski et al. (1982) destacam:

- Efeito da erosão superficial-laminar, no arrastamento de adubo, por ocasião das chuvas pesadas é eliminado;
- Adubo pulverizado ou misturado ao solo superficialmente é aproveitado em proporções reduzidas pela planta. Sua aplicação profunda e localizada coloca maior quantidade de fertilizante à disposição da planta, ao reduzir o contato adubo-solo;
- Maior utilização do adubo pela planta, porque a maior umidade do solo na profundidade de 15 cm facilita a solubilização e o transporte de fertilizante;
- Desenvolvimento da cultura é melhorado, mesmo em condições de chuva escassa, devido ao melhor contato e melhor absorção do adubo pelo maior desenvolvimento radicular;
- A planta que se desenvolve em condições favoráveis de água e nutrientes torna-se mais resistente ao ataque de pragas e doenças; consequentemente, tais condições resultam em maior produção de grãos.



**Fig. 2.** Densidade radicular do feijoeiro das águas, cultivar Venezuela 350, em 1980, em condições de adubação aplicada nas camadas superficial e profunda, utilizando-se 15, 60 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de K<sub>2</sub>O, respectivamente.

Fonte: Kluthcouski e Stone (2003).

### *Toxidez de alumínio*

A toxidez de Al é um fator importante e limitante da produção agrícola em solos tropicais e subtropicais do mundo (ADAMS; PEARSON, 1967). De acordo com Olmos e Camargo (1976), existem problemas de toxidez de alumínio praticamente em todo o território brasileiro.

Considerando que a toxidez do alumínio é função da saturação desse elemento no total de bases, ela ocorre em mais de 50% dos solos do país.

A toxidez de Al é particularmente severa em pH abaixo de cinco, mas pode ocorrer em solo com pH até 5,5. Para uma dada espécie, o pH crítico das concentrações tóxicas depende de vários fatores do solo, como os minerais argilosos predominantes, nível de matéria orgânica e concentrações de outros cátions, ânions e sais totais (FAGERIA, 1984). O excesso de alumínio inibe a formação normal de raiz, interfere nas reações enzimáticas, desregula a deposição de polissacarídeos nas paredes celulares e interfere na absorção de vários nutrientes (FOY, 1974). Uma alternativa para se contornar o problema de toxidez é a neutralização, pelo menos em parte, do Al trocável da solução do solo pela aplicação de calcário. O uso de germoplasmas mais tolerantes a altos níveis de Al pode ser uma solução complementar à calagem para solucionar a toxidez de Al. Tem sido

amplamente relatado, para diversas culturas, inclusive forrageiras, que existem grandes diferenças entre fenótipos dentro da espécie na sua tolerância a altos níveis de Al (FAGERIA et al., 1988).

Os sintomas de toxidez de alumínio nas plantas não são, em geral, facilmente perceptíveis no campo, mas os dados de análises químicas dos solos fornecem informações muito válidas para a sua interpretação.

### *Calagem*

Segundo Ritchey et al. (1982), o Ca é essencial ao crescimento do sistema radicular. Conforme Rosolem (1996), a calagem na cultura do feijão promove modificações no sistema radicular, além de fornecer Ca e Mg, e aumenta o pH, que por sua vez, aumenta a disponibilidade de nutrientes. Esse mesmo autor destaca que é importante que o cultivo do feijoeiro seja feito em solos com pH em água na faixa de 6,0 a 6,5. Segundo o mesmo autor, nessa faixa de pH, a fixação simbiótica do nitrogênio é mais eficiente e a fitotoxicidade do Al e Mn é nula, o que permite maior desenvolvimento do sistema radicular, tornando a planta mais apta para produzir em condições de déficit hídrico. Fageria e Stone (1999) constataram que o sistema radicular do feijoeiro aumentou até pH de 5,9, por causa do efeito da calagem e da aplicação de P, que proporcionaram maior absorção de nutrientes e água do solo.

Silva et al. (2004), ao estudarem quatro cultivares de feijão do grupo comercial carioca (Campeão 1, Carioca, FT-Bonito e Pérola) e quatro doses de calcário (0, 1,59, 3,18 e 4,48 t ha<sup>-1</sup>), observaram efeito significativo das cultivares em relação à superfície e ao volume do sistema radicular; da calagem em todas as variáveis estudadas; e da interação entre o comprimento e o volume radicular (Tabela 3).

A resposta no aumento da superfície radicular ocorre em virtude do maior comprimento radicular causado pelo incremento das doses de calcário. Assim, o aumento do comprimento das raízes decorrente da calagem e, conseqüentemente, da superfície radicular do feijoeiro torna-se um fator benéfico, uma vez que, com maior superfície de contato, as raízes têm melhores condições de absorção de nutrientes e água da solução do solo, o que pode resultar em estabilidade de produtividade. A resposta positiva do crescimento radicular ao aumento dos teores de Ca e Mg está relacionada à síntese da parede celular, uma vez que esses nutrientes participam da formação dos compostos de pectatos de Ca e Mg (MALAVOLTA, 1980), além da redução no teor de alumínio. Por fim, observou-se que as cultivares de feijão em condições de elevada acidez do solo reduzem o diâmetro radicular à custa do crescimento em comprimento.

**Tabela 3.** Comprimento, superfície, volume e diâmetro do sistema radicular, no período de florescimento ( $R_f$ ) de cultivares (C) de feijão, em razão das doses de calcário (DC)<sup>1</sup>.

<i>Cultivar</i>	<i>Comprimento (cm planta<sup>-1</sup>)</i>	<i>Superfície (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>)</i>	<i>Volume (cm<sup>3</sup> planta<sup>-1</sup>)</i>	<i>Diâmetro (mm)</i>
Campeão 1	12.714 a	3.595 ab	50,48 b	0,09 a
Carioca	10.997 a	3.399 ab	47,49 b	0,09 a
FT-Bonito	12.782 a	4.185 a	99,44 a	0,09 a
Pérola	10.943 a	3.025 b	68,85 b	0,08 a
C	2,12 <sup>ns</sup>	3,61*	14,71**	1,61 <sup>ns</sup>
DC	114,6**	78,04**	51,57**	15,78**
C x DC	4,43**	1,85 <sup>ns</sup>	2,93**	1,14 <sup>ns</sup>
CV (%)	23,77	28,71	37,39	12,34

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. <sup>ns</sup>Não significativo. \* e \*\*Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.  
Fonte: Silva et al. (2004).

### *Disponibilidade de nutrientes*

Um sistema radicular eficiente é aquele que otimiza a relação entre a quantidade de recursos adquiridos (inclusive P) com os empregados para a sua obtenção (MOREIRA, 2004). Quando nitrogênio, fósforo ou água são fatores limitantes, ocorre um aumento da proporção de recursos alocados para o desenvolvimento radicular (STITT; SCHEIBLE, 1998). Modificações no substrato afetam, através de mecanismos desconhecidos, a condutância estomática, a taxa de expansão foliar e, conseqüentemente, a taxa de fixação de carbono (JACKSON, 1993).

O tamanho e a distribuição da parte aérea influenciam o sistema radicular através do suprimento de carbono. Além disso, mecanismos de controle interno, relacionados com a força de dreno da parte aérea, podem exercer grande influência no desenvolvimento radicular (JACKSON, 1993). O custo relativo, em termos de uso de carbono para a construção de uma nova raiz, e o benefício de aquisição de nutriente podem diferir em função de características do solo (CAMPBELL et al., 1962; GROSS et al., 1993).

A deficiência de fósforo em solos tropicais e subtropicais tem limitado a produção de muitas culturas, inclusive a do feijoeiro, uma das principais fontes de proteínas na dieta de países localizados nessas regiões. Estudos anteriores mostram uma ampla variação com relação

à eficiência no uso do elemento fósforo no germoplasma do feijoeiro comum, viabilizando adaptação às condições de baixa disponibilidade deste elemento no solo. Devido a sua baixa mobilidade no solo, genótipos que apresentem plasticidade do sistema radicular com relação a esse elemento são considerados mais eficientes (MOREIRA, 2004).

A capacidade da planta em adquirir fósforo em condições adversas depende de características adaptativas, que incluem mecanismos que elevam a exploração do solo (SCHACHTMAN et al., 1998; LÓPEZ-BUCIO et al., 2002). Esses mecanismos envolvem plasticidade radicular, taxa de alongamento das células radiculares e de raízes (MARSCHNER, 2002), arquitetura radicular, proliferação de pêlos radiculares (BATES; LYNCH, 1996) e a simbiose com micorrizas e algumas bactérias (LYNCH; BEEBE, 1995).

### *Adubação potássica*

Ao se analisarem os critérios de essencialidade dos nutrientes para as plantas, encontramos que o potássio é classificado como macronutriente essencial, desempenhando inúmeras funções, tais como as apontadas por Malavolta (1967):

- Manutenção da organização celular, hidratação e permeabilidade influenciando, direta ou indiretamente, em vários sistemas enzimáticos;
- Sob sua carência, a fotossíntese fica reduzida, aumentando a respiração, ocorrendo assim aumento de compostos nitrogenados solúveis em detrimento das proteínas;
- Participação na fosforilação oxidativa;
- Auxílio na translocação de carboidratos.

Além dessas, Fageria (1984) destaca como funções do potássio:

- Melhoramento da resposta ao fósforo;
- Resistência a algumas doenças, como a brusone do arroz;
- Conservação da água nas folhas;
- Desenvolvimento do sistema radicular das plantas;
- Fortalecimento da parede celular com lignina;
- Estímulo à absorção de silício.

Não obstante o reconhecimento de tais funções, o potássio pode tornar-se vilão em razão de seu índice salino, que equivale a 116,3%, quando aplicado na forma de cloreto de potássio.

Lobo Junior (2005) assegura que a proximidade entre adubo e semente causa clorose nos bordos das folhas primárias das plantas, em especial do feijoeiro, provocada pela queima de raízes, devido ao seu contato com o cloreto de potássio das fórmulas NPK, tradicionalmente utilizadas no cultivo do feijoeiro (Ver capítulo 10).

Essa fitotoxidez, geralmente, não é mais observada nas folhas trifolioladas; contudo, o maior dano ocorre nas raízes que são queimadas pelo KCl, onde o tecido morto serve como porta de entrada para patógenos de solo como *Fusarium solani* e *Rhizoctonia solani*. Esses patógenos, causadores de podridões no sistema radicular, estão presentes em todas as regiões produtoras de feijão ou soja e causam, junto aos danos da queima, perdas em torno de 20% na produção.

Nesse contexto, os dados até então disponíveis sugerem que o manejo da adubação, no que se refere à profundidade ou posicionamento em relação às sementes, deve ser alterado com as seguintes observações:

- Dar maior prioridade às pesquisas sobre os possíveis efeitos danosos do potássio, tanto no que diz respeito às raízes como na produtividade das culturas;
- Dar preferência a formulados sem ou com pouco potássio, aplicando-os, preferencialmente, em pré ou pós-emergência das culturas, incorporados ou não, a lanço ou em linha;
- Na adubação de fundação, não utilizar mais que cerca de 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O;
- Nos cultivos sob manejo convencional do solo, desalinhar o mecanismo sulcador das plantadoras em pelo menos 8 cm em relação ao alinhamento das sementes;
- No SPD, caso não seja possível fazer o desalinhamento descrito no item anterior, aprofundar a adubação o máximo possível, ou até pelo menos 5 cm abaixo das sementes;
- No SPD, usar preferencialmente sulcadores providos de facão, ou seja, as botinhas;
- Em solos muito estruturados, como é o caso do SPD, ou ricos em matéria orgânica, a terra removida pelos sulcadores, em geral, não retorna facilmente para cobrir as sementes, para evitar que estas



sejam depositadas juntamente com o fertilizante. Neste caso, deve-se soldar dois ou três elos de corrente atrás dos sulcadores, para que estes removam o solo e, assim, distancie o espaço entre a semente e o fertilizante.

### **Atributos biológicos do solo**

O solo é um ambiente dinâmico que abriga processos importantes mediados por micro-organismos, tais como ciclagem de nutrientes, ocorrência de doenças do sistema radicular, controle biológico de patógenos e pragas, absorção de nutrientes via simbiose, entre outros. Todos os micro-organismos habitantes no solo compõem a comunidade microbiana que, junto a processos biológicos, têm sido investigados como indicadores da sustentabilidade da produção agrícola e/ou da qualidade do solo (CARTER, 2002; BENDING et al., 2004). As espécies da comunidade microbiana do solo respondem de modo distinto a eventos como adição de matéria orgânica, revolvimento, cobertura do solo com palhada, compactação e aplicação de insumos, que estressam ou estimulam os micro-organismos. Deste modo, a capacidade produtiva de um solo não depende unicamente de suas características físico-químicas, mas também da interação entre diversos fatores no sistema solo-planta-microbiota. Saber manejar o solo de modo a preservar, ou mesmo melhorar suas características em sistemas sustentáveis é um dos desafios para a agricultura atual (LOBO JUNIOR et al., 2004).

Toda a atividade bioquímica no solo ocorre por meio de processos enzimáticos que, junto à biomassa microbiana (componentes vivos da microbiota do solo que regulam as transformações da matéria orgânica e suas funções, atuando como fonte e dreno de nutrientes), estão sujeitos a variações causadas por diferentes práticas agrícolas, sendo utilizados como indicadores de qualidade do solo, para planejamento e avaliação de práticas culturais (TABATABAI, 1994; CARTER, 2002; MATSUOKA et al., 2003). Fungos e bactérias do solo, e seus grupos específicos de interesse agrônômico, também podem ser monitorados. O manejo do solo e a sequência de cultivos em sucessão também afetam de modo diferente espécies como *F. solani* e *R. solani*. Ambas têm sido avaliadas em terras altas por serem patógenos que sobrevivem no solo, causando podridões-radiculares de culturas, como feijoeiro e soja (CANTERI et al., 1999).

A atividade biológica é um indicativo da qualidade e do potencial produtivo do solo. A micorriza faz parte dessa atividade e consiste na associação natural e benéfica entre fungos micorrízicos arbusculares



do solo e raízes das plantas. Parte dos filamentos dos fungos penetram nas raízes e a parte externa funciona como um sistema radicular adicional, ocupando maior volume do solo e aumentando a absorção de nutrientes pelas plantas, principalmente do fósforo.

Um grande número de espécies de fungos micorrízicos arbusculares ocorre naturalmente nos solos de cerrado, e participa do processo de crescimento das plantas. Na Embrapa Cerrados foi identificado um gênero e duas espécies novas desses fungos nativos e que fazem parte do acervo dos Bancos Internacionais de Fungos Micorrízicos Arbusculares (INVAM - EUA e BEG - França).

Além de aumentar a absorção de nutrientes pelas plantas, a micorriza arbuscular melhora a resposta das culturas aos diversos corretivos e adubos aplicados ao solo. A adubação fosfatada pode ser mais eficiente para a planta com a micorriza.

As culturas anuais (soja, feijão, milho) e adubos verdes (mucuna, crotalária, feijão-de-porco, guandu, girassol, milheto, mamona), assim como as forrageiras (estilosantes e andropogon), apresentam elevado grau de dependência micorrízica. Quando utilizadas em um sistema de rotação, essas plantas aumentam a população dos fungos micorrízicos arbusculares nativos no solo e beneficiam os cultivos subseqüentes (Tabela 4).

**Tabela 4.** Produção de grãos e colonização radicular de feijão e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares nativos em Latossolo Vermelho-Escuro, após pousio e cultivo de diferentes culturas.

Parâmetros	Culturas anteriores					
	Pousio	Arroz	Milho	Feijão-de-porco	Girassol	Mamona
Grãos (kg ha <sup>-1</sup> )	1500	1499	1891	1950	1699	2026
Col. Radicular (%)	28	34	84	76	73	81
Esporos (n <sup>o</sup> /50 g)	4	4	53	67	20	47

Fonte: Miranda et al. (2001).

### Fixação de N x tratamento de sementes

A maioria das combinações de fungicidas indicados para o tratamento de sementes reduz a nodulação e a Fixação Biológica de Nitrogênio - FBN (CAMPO; HUNGRIA, 2000).

A maior frequência de efeitos negativos do tratamento de sementes com fungicidas na FBN ocorre em solos de primeiro ano de

cultivo com soja, com baixa população de *Bradyrhizobium* spp. Nesse caso, para garantir melhores resultados com a inoculação e o estabelecimento da população do *Bradyrhizobium* spp. ao solo, o agricultor deve evitar o tratamento de sementes com fungicidas, desde que: as sementes possuam alta qualidade fisiológica e sanitária, estejam livres de fitopatógenos importantes (pragas quarentenárias A2 ou pragas não quarentenárias regulamentadas), definidos e controlados pelo Certificado Fitossanitário de Origem (CFO) ou Certificado Fitossanitário de Origem Consolidado (CFOC), conforme legislação (Instrução Normativa nº 6, de 13 de março de 2000, publicada no D.O.U. no dia 05 de Abril de 2000); e o solo apresente boa disponibilidade hídrica e temperatura adequada para rápida germinação e emergência.

Caso essas condições não sejam atingidas, o produtor deve tratar a semente com fungicidas, dando preferência às misturas Carboxin + Thiram, Difenconazole + Thiram, Carbendazin + Captan, Thiabendazole + Tolyfluanid ou Carbendazin + Thiram, que demonstraram ser os menos tóxicos para o *Bradyrhizobium*.

Também, a aplicação dos micronutrientes juntamente com fungicidas, antes da inoculação, reduz o número de nódulos e a eficiência da FBN. Assim, quando se utilizar fungicidas no tratamento de sementes, como alternativa, pode-se aplicar os micronutrientes por pulverização foliar (CAMPO; HUNGRIA, 2000; CAMPO et al., 2000, 2001).

## **Pragas e doenças com origem no solo**

De acordo com Salvadori (1999), as pragas-de-solo compreendem pragas subterrâneas típicas e pragas de superfície intimamente associadas ao solo e dele dependentes. São insetos e outros pequenos animais que se alimentam de órgãos subterrâneos de plantas, havendo casos em que órgãos aéreos também são consumidos.

O controle de pragas-de-solo é tarefa complexa, tendo em vista a dificuldade de se localizar, monitorar e atingir o alvo. Pelas mesmas razões, o estudo de pragas-de-solo se reveste de maior dificuldade e é mais lento em relação ao estudo de pragas da parte aérea. Em geral, as pragas de solo não são específicas, sendo possível identificar alguns grupos mais importantes e comuns em gramíneas (arroz, aveia, cevada, milho e trigo) e em leguminosas (feijão e soja) produtoras de grãos.

## Fungos do solo

Os fitopatógenos *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani* são causadores de doenças importantes relacionadas à infecções do sistema radicular, sobretudo nas culturas do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e da soja (*Glycine max* (L.) Merr.). Pela frequente incidência e pelas perdas na produção encontradas nas principais regiões lavoureiras no Brasil, pode-se concluir que essas doenças estão mais sérias na cultura do feijoeiro comum (KIMATI, 1980). Por outro lado, outro fungo habitante do solo de importância é o *Trichoderma* spp., que pode atuar no controle biológico de *Fusarium* spp. e *R. solani* em muitas culturas de expressão, dentre elas, o feijoeiro comum.

*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* é agente causal do amarelamento-de-fusarium em cultivos de feijão. Sob condições de umidade elevada, esse fungo desenvolve sobre o caule estruturas de coloração rosada, constituídas de micélio e conídios do patógeno (RAVA et al., 1996; BIANCHINI et al., 1997). Quanto à *F. solani* e *R. solani*, tratam-se de fungos necrotróficos que causam, comumente, tombamento e podridões de raiz e de colo. No Brasil, também podem causar perdas consideráveis a outras plantas cultivadas, como soja e amendoineiro (*Arachis hypogaea* L.) (YORINORI, 1977; ALMEIDA et al., 1980; CERESINI et al., 1996; CERESINI; SOUZA, 1997).

Em relação a *Trichoderma* spp., algumas espécies têm sido estudadas com relação à sua capacidade competitiva com fungos fitopatogênicos, devido à sua rápida taxa de crescimento micelial e a um antagonismo direto, envolvendo enrolamento de hifas e penetração, com secreção de antibióticos deletérios ao hospedeiro (JEFFRIES; YOUNG, 1994). Ainda, segundo Melo (1991), *Trichoderma* spp. apresenta-se como um fungo endêmico dos solos brasileiros, especialmente, em solos ricos em matéria orgânica, podendo viver saprofiticamente ou parasitando outros fungos.

Nos cultivos do feijoeiro comum em sequeiro ou irrigado, geralmente, existem condições favoráveis para elevadas densidades de inóculo de *F. solani*, *F. oxysporum* e *R. solani* no solo, devido à alta frequência do hospedeiro susceptível e, ainda, devido à umidade adequada para o desenvolvimento dos patógenos. Outros fatores que podem favorecer esses patógenos são: ineficiência de fungicidas para seu controle, redução da matéria orgânica e concentração superficial do sistema radicular e de nutrientes, provocados, principalmente, pela compactação do solo, pelo

pH próximo do ideal para desenvolvimento dos patógenos e pela dispersão dos restos culturais (COSTA, 1997). Essas doenças causadas por patógenos “de solo” têm maior severidade sob SPD, o qual favorece o acúmulo desses patógenos junto às raízes do feijoeiro comum.

Neste sentido, práticas culturais como a rotação de culturas e a eliminação de restos culturais podem contribuir para o controle dessas doenças, eliminando hospedeiros alternativos e reduzindo o potencial de inóculo para a cultura subsequente (COSTA, 2000a). Entretanto, devido à versatilidade ecológica desses fungos, isto pode não ocorrer em todas as rotações (COSTA, 2000b; OLIVEIRA; COSTA, 2000).

## Nematóides

Os nematóides são vermes de corpo aproximadamente cilíndrico, geralmente esguios e alongados, afilando-se de modo gradual ou abrupto nas extremidades anterior e posterior. Há importantes exceções, em que as fêmeas tornam-se “obesas”, com forma aberrante, lembrando um limão, uma maçã, um rim ou apresentando outra conformação. O tamanho é muito variável. Os nematóides que vivem no solo e nas águas, ditos de vida livre (comedores de algas, fungos, bactérias), bem como os que se especializaram em parasitar as plantas, ocorrendo principalmente associados às raízes destas, medem de 0,3 a 3,0 mm de comprimento; os que se especializaram no parasitismo de animais, vertebrados ou invertebrados, podem medir desde 0,3 mm até vários centímetros (cerca de 15, como na lombriga intestinal do homem, *Ascaris lumbricoides*), havendo alguns que chegam a atingir metros (até oito, como por exemplo *Placentonema gigantissima*, parasito da baleia de espermacete).

Vivem em quaisquer ambientes/ecossistemas onde exista água, sendo no geral sensíveis a fortes estresses hídricos. Algumas espécies, no entanto, desenvolveram a habilidade de suportar ambientes com baixa umidade por meses ou anos, como o interior de sementes de plantas mantidas armazenadas. Ocorrem na água salgada, na água doce, no vinagre, no solo, em órgãos vegetais (raízes, tubérculos, caule, folhas, sementes) e tecidos de diferentes tipos de animais. Temperaturas muito baixas ou excessivamente altas também podem afetá-los negativamente, causando-lhes redução na atividade e/ou morte.

## Corós

Corós é o nome vulgar dado às larvas de grande número de espécies de besouros, as quais possuem tamanho variável e aspecto

tipicamente escarabeiforme: corpo em forma de “c”, coloração geral branca, com cabeça e pernas de cor marrom. Existem corós rizófagos (comem raízes), que podem danificar as culturas e ser pragas, bem como espécies saprófagas (alimentam-se de matéria orgânica em decomposição), que possuem importante papel na reciclagem de matéria, na natureza. Os principais corós-praga no Brasil são o coró-do-trigo (*Phyllophaga triticophaga*), o coró-da-soja (*P. cuyabana*), o coró-das-pastagens (*Diloboderus abderus*) e o coró-do-arroz (*Euetheola humilis*). Os corós possuem longo ciclo biológico, levando de um a dois anos para completarem uma geração. Atacam praticamente todas as culturas produtoras de grãos, causando sérios prejuízos em todo o país. Outras espécies estão sendo registradas à medida que cresce a ocupação de áreas com grandes extensões de culturas anuais, principalmente sob sistemas de manejo conservacionista do solo.

### **Larva-alfinete**

A larva-alfinete trata-se da forma jovem da vaquinha verde-amarela (*Diabrotica speciosa*), praga desfolhadora de diversas plantas. A fêmea faz a postura no solo próximo a plantas hospedeiras, de onde eclodem as larvas que vão se alimentar dos órgãos subterrâneos das plantas. A larva é branca, mede cerca de 1 cm de comprimento, possui a parte anterior do corpo afilada e a posterior mais robusta, com uma placa escura no último segmento. Ocorrem várias gerações anuais. Entre as culturas graníferas, é em milho que a larva-alfinete tem maior importância, pelos danos que causa e pela ampla distribuição geográfica. Pode-se encontrar mais de uma dezena de larvas junto ao sistema radicular, destruindo as raízes, deixando a planta debilitada, com sintomas de deficiência nutricional e mais suscetível a estiagens e a acamamento. Normalmente, os danos são mais intensos entre quatro e seis semanas após a emergência do milho.

### **Larvas-aramé**

As verdadeiras larvas-aramé são formas jovens de besouros elaterídeos (vaga-lumes), que quando colocados de costas dão um estalido com o corpo e se colocam novamente na posição normal. Das diversas espécies existentes, *Conoderus scalaris* e *C. stigmosus* parecem ser as mais comuns. Possuem ciclo longo, provavelmente com uma geração anual. As larvas são subterrâneas, de cor amarelada, e apresentam corpo rígido, cilíndrico ou ligeiramente achatado, com até 3 cm de comprimento. Consomem sementes, raízes e a base do caule de

plantas. Ocasionalmente, podem causar danos em cereais, logo após a emergência das plantas. As falsas larvas-aramé são semelhantes às verdadeiras, porém pertencem à espécie de tenebrionídeo *Blapstinus punctulatus* e vivem próximo à superfície do solo. O adulto é um besouro marrom conhecido por ligeirinho, que possui em torno de 1 cm de comprimento e vive na superfície do solo ou a pequenas profundidades. Tanto larva como adulto atacam as plantas, especialmente soja em períodos de estiagem.

### **Gorgulhos-do-solo**

Gorgulhos-do-solo são larvas ápodas, que atingem até 1,2 cm de comprimento, de corpo branco, onde se destacam as peças bucais escuras. Os adultos são besouros de asas atrofiadas, do gênero *Pantomorus*, que possuem cabeça com um bico projetado para frente. Medem cerca de 1,5 cm de comprimento e têm coloração parda-acinzentada. As larvas consomem a parte subterrânea de diversas culturas. Normalmente, vivem enterradas próximo à superfície do solo, aprofundando-se em épocas de secas.

### **Cupins**

Os cupins são insetos sociais, que vivem em colônias de indivíduos ápteros e alados, que constituem castas com funções específicas (operários, soldados e reprodutores). Uma das espécies mais conhecidas é o cupim-de-montículo (*Cornitermes cumulans*), comum em pastagens e que começa a ser mais freqüente em áreas sob SPD. Os cupins-subterrâneos, principalmente dos gêneros *Syntermes* e *Procornitermes*, vivem em ninhos subterrâneos e atacam pastagens e lavouras que sucedem gramíneas após a abertura de campos e cerrados. Os cupins consomem sementes e raízes.

### **Percevejos-da-raiz**

Algumas espécies de percevejos vivem e se multiplicam no solo, sugando as raízes de plantas. O percevejo-castanho (*Scaptocoris castanea*) é a espécie mais conhecida. O adulto tem o corpo marrom, que atinge até 0,9 cm de comprimento, e possui pernas anteriores escavatórias. As formas jovens são quase totalmente brancas, logo após a eclosão, e vão se tornando marrom-claras à medida que se desenvolvem. Adultos e jovens (ninfas) sugam raízes, provocando sintomas típicos na parte aérea. Quando se escava o solo infestado, o

odor característico de “fede-fede” revela a presença dessa praga. Outras espécies de percevejos de raiz, como *Atarsocoris brachiariae* e *Cyrtomenus mirabilis* (percevejo-preto), também ocorrem.

### **Pulgões-da-raiz**

Os pulgões-da-raiz são insetos sugadores que formam colônias, constituídas por ninfas e adultos, nas raízes de plantas. Possuem corpo arredondado, mole e de pequeno tamanho (2-3 mm). Em períodos de deficiência hídrica para as plantas, seus danos se tornam mais evidentes na parte aérea (murcha, amarelecimento, secamento e até morte). As espécies mais comuns são *Rhopalosiphum rufiabdominale* e *Smynthuodes betae*, que podem atacar diversas culturas gramíneas e leguminosas.

### **Moscas-da-semente**

Trata-se de uma pequena mosca (*Delia platura*) que é atraída para colocar seus ovos em solos com vegetais em decomposição ou mesmo por plântulas com dificuldade de emergência. As larvas são brancas e ápodas, com a parte anterior do corpo pontiaguda, e se desenvolvem em sementes e na parte da planta que fica enterrada. Grupos de larvas podem ser encontrados alimentando-se e destruindo os tecidos, caracterizando o que muitos chamam de “bicheira”. A pupação ocorre no mesmo local onde as larvas se desenvolveram. A ocorrência dessa praga está associada a fatores que dificultam e retardam a germinação de sementes e a emergência de plantas, como baixas temperaturas de solo em culturas de primavera-verão, semeadura muito profunda, compactação superficial do solo e sementes com baixo vigor.

### **Larva-angorá**

Trata-se da forma jovem de um besouro amarelo com manchas pretas (*Astylus variegatus*), que mede aproximadamente 0,8 cm de comprimento e no verão é facilmente encontrado em flores de plantas. A larva desenvolve-se no solo, do verão à primavera, alimentando-se essencialmente de sementes de plantas cultivadas ou não. Em seu desenvolvimento máximo, atinge 1 cm de comprimento. O corpo tem coloração geral marrom, revestido por pêlos finos, sendo mais robusto na extremidade posterior, onde apresenta dois prolongamentos maiores que os pêlos.



### **Broca-do-azevém**

A broca-do-azevém é também chamada de broca-da-coroa-do-trigo, a larva do curculionídeo *Listronotus bonariensis* ataca a região de onde se formam os perfilhos de gramíneas, bloqueando em diversas direções e destruindo os tecidos de crescimento. Besouro e larva são de tamanho diminuto, medindo cerca de 2 e 3 mm de comprimento, respectivamente, o que os torna difíceis de ser encontrados. A postura pode ser feita em azevém e em cereais de inverno. No entanto, ao contrário de azevém, a alta incidência não é muito frequente, nestes últimos.

Danos expressivos podem ocorrer em milho semeado sobre culturas de inverno infestadas, dessecadas quimicamente, em decorrência de migração dos insetos para as plantas recém-emergidas.

### **Broca-do-colo**

A broca-do-colo é larva do lepidóptero *Elasmopalpus lignosellus*, também denominada lagarta-elasma. É polífaga, podendo atacar gramíneas e leguminosas produtoras de grãos. Seus danos são mais intensos em clima e ambientes quentes e secos. Bloqueia plântulas na região do colo, onde penetra e faz galeria ascendente. Quando em repouso, aloja-se num abrigo que constrói no solo, junto ao orifício de entrada na planta, juntando partículas de solo e excrementos com fios de seda. Dificilmente causa danos em culturas sob SPD.

### **Lagartas**

São larvas de lepidópteros que vivem na superfície do solo ou enterradas a pequenas profundidades e que saem para atacar as plantas à noite ou em dias nublados. Em geral, são capazes de causar danos quando o ataque ocorre logo após a emergência de plantas e nas duas ou três semanas seguintes. As principais espécies são a lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), a lagarta-militar (*Spodoptera frugiperda*) e a lagarta-do-trigo (*Pseudaletia sequax*). As duas últimas espécies, além do comportamento descrito, também agem como pragas da parte aérea de plantas já desenvolvidas. A lagarta-rosca corta as plântulas ao nível do solo e seus danos são maiores quando já se encontra na área por ocasião do plantio. Pode migrar de outras plantas, como língua-de-vaca e caruru. A lagarta-do-trigo tem sido problema quando presente em aveia-preta, que é dessecada quimicamente para plantio de milho, passa para as plantas recém-emergidas, comendo toda a parte aérea das plantas. A lagarta-militar ocorre



na fase inicial da cultura de trigo, em regiões onde o inverno é seco e não-rigoroso. O ataque se dá em manchas na lavoura, que aumentam à medida que as lagartas crescem e onde os danos ao estande de plantas podem ser severos. Aproximadamente, as lagarta-do-trigo e a lagarta-militar têm duração de três semanas e a lagarta-rosca, de quatro semanas. Ultimamente, tem aparecido outra espécie de lagarta (*Peridroma saucia*) em culturas de inverno, como em nabo, e em milho semeado em sucessão.

## Grilos

Os grilos são insetos pantófaos, mais conhecidos como pragas de hortas e jardins. Em lavouras, começam a ter maior importância no SPD. O grilo-preto (*Gryllus assimilis*) vive em ambientes úmidos, sob torrões e restos culturais. O grilo-marrom (*Anurogryllus muticus*) faz galerias, deixando montículos de terra na entrada destas, denunciando sua presença na área. Os grilos têm hábitos noturnos e se alimentam na superfície ou cortam e carregam partes de plantas para dentro do solo. Os maiores danos às culturas ocorrem na primavera e no verão, especialmente logo após a emergência das plantas.

## Fatores genéticos e o desenvolvimento radicular das plantas

Na prática, existe grande variabilidade no desenvolvimento radicular ao se comparar diferentes gêneros ou espécies de plantas. Dentro de uma mesma espécie, entretanto, as variações no crescimento das raízes não parecem ser importantes, exceto ao se considerar, por exemplo, resistência ou tolerância às pragas e doenças com origem no solo ou não.

No tocante às outras limitações, tal qual o impedimento físico, praticamente todas as cultivares de uma determinada espécie têm suas raízes prejudicadas a partir de determinada massa específica de solo.

## Referências

ADAMS, F.; PEARSON, R. W. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R. W.; ADAMS, F. (Ed.). **Soil acidity and liming**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 161-206. (Agronomy, 12).

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, jan./abr. 1995.

ALMEIDA, O. C.; ROBBS, C. F.; AKIBA, F.; KIMURA, O. Enfermidade nova em pimentão causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn, no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 5, n. 1, p. 7-10, fev. 1980.

ALONÇO, A. dos S.; FERREIRA, O. O. Incorporação profunda de fertilizantes e calcário: sua influência na produção de milho (*Zea mays* L.) sob stress hídrico e sobre algumas propriedades físicas e químicas de um solo cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. p. 1206-1225.

ANDERSON, E. L. Corn root growth and distribution as influenced by tillage and nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 3, p. 544-549, May/June 1987.

AZEVEDO, C. S. S.; ANTUNES, I. F.; SANTOS FILHO, B. G. Peso da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular mais as raízes adventícias na caracterização de dois cultivares de feijão submetidas a excesso de umidade no solo: In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 4., 1993, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 1993. p. 17.

BALBINO, L. C. Sistema plantio direto. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1997. v. 2, p. 219-228. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 70).

BARBER, S. A. Fertilizer rate and placement effects on nutrient uptake by soybeans. In: WORD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings**. Boulder: Westview, 1985. p. 1007-1115.

BATES, T.; LYNCH, J. P. Stimulation of root hair elongation in *Arabidopsis thaliana* by low phosphorus availability. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 19, n. 5, p. 529-538, May 1996.

BENDING, G. D.; TURNER, M. K.; RAYNS, F.; MARX, M. C.; WOOD, M. Microbial and biochemical soil quality indicators and their potential for differentiating areas under contrasting agricultural management regimes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 36, n. 11, p. 1785-1792, Nov. 2004.

BENEZ, S. H.; GAMERO, C. A.; FURLANI JUNIOR, J. A. Efeitos da compactação do solo no desenvolvimento do sistema radicular da soja (*Glycine max* L. Merrill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15., 1986, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEA, 1986. p. 310.

BIANCHINI, A.; MARINGONI, A. C.; CARNEIRO, S. M. T. G. Doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; RESENDE, J. A. M. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. v. 2, p. 376-399.

BORGES, E. N.; NOVAIS, R. F. de; REGAZZI, A. J.; FERNANDES, B.; BARROS, N. F. de. Respostas de variedades de soja à compactação de camadas do solo. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 35, n. 202, p.553-568, nov./dez. 1988.

CAMPBELL, A. G.; PHILLIPS, D. S. M.; O'REILLY, E. D. An electronic measurement for pasture yield estimation. **Journal of British Grassland Society**, Oxford, v. 17, p. 89-100, 1962.

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M. **Compatibilidade de uso de inoculantes e fungicidas no tratamento de sementes de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2000. 32 p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 26).

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M.; ALBINO, U. B.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R. Estudo da compatibilidade em aplicação conjunta nas sementes, entre fungicidas, micronutrientes e inoculantes, sobre a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e a eficiência de fixação biológica do nitrogênio. In: EMBRAPA SOJA. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1999**. Londrina, 2000. p. 239-248. (Embrapa Soja. Documentos, 142).

CAMPO, R. J.; HUNGRIA, M.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R. Compatibilidade de aplicação conjunta nas sementes, de fungicidas, micronutrientes e inoculantes, sobre a sobrevivência do *Bradyrhizobium* e a eficiência de fixação biológica do nitrogênio. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SARAIVA, O. F. (Org.). **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 2000: microbiologia de solos**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. p. 29-39. (Embrapa Soja. Documentos, 163).

CAMPOS, B. C. de; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 121-126, jan./abr. 1995.

CANALLI, L. B.; ROLOFF, G. Influência do preparo e da correção do solo na condição hídrica de um Latossolo Vermelho escuro sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 99-104, jan./mar. 1997.

CANTERI, M. G.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C. da (Ed.). **Principais doenças fúngicas do feijoeiro**. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 1999. 178 p.

CARDOSO, A. N. Manejo e conservação do solo na cultura da soja. In: SIMPÓSIO SOBRE A CULTURA DA SOJA NO CERRADO, 1992, Uberaba. **Cultura da soja nos cerrados: anais**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 71-104.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, jan./abr. 1990.

CARTER, M. R. Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 1, p. 38-47, Jan./Feb. 2002.

CASTRO, O. M. de. Compactação do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Assis: FEALQ: ESALQ, 1989. p. 129-139.

CERESINI, P. C.; SOUZA, N. L. de. Associação de *Rhizoctonia spp.* binucleadas e de *R. solani* Kühn GA 4 HGI e GA 2-2 IIIB ao feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 14-24, jan./mar. 1997.

CERESINI, P. C.; FENILLE, R. C.; SOUZA, N. L. de. Associação de *Rhizoctonia spp.* binucleadas e de *R. solani* Kühn GA 4 HGI a vagens de amendoineiro (*Arachis hypogaea*) no Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 145-156, abr./jun. 1996.

CHOUHDURY, E. N.; MELLO, C. A. de O.; MORGADO, L. B. **Preparo do solo e adubação residual na cultura do milho em áreas irrigadas**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1991. 21 p. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de pesquisa, 40).

CORRÊA, J. C. Efeito de métodos de cultivo em algumas propriedades físicas de um Latossolo amarelo muito argiloso no Estado do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 11, p. 1317-1322, nov. 1985.

COSTA, J. L. da S. Influência da rotação de culturas na ocorrência de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* em solos cultivados com feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, p. 366. ago. 2000a. Suplemento, ref. 233. Edição dos Resumos do XXXIII Congresso Brasileiro de Fitopatologia, Belém, PA, ago. 2000.

COSTA, J. L. da S. **Influência da rotação de culturas na ocorrência de *Rhizoctonia solani* e *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* em solo de Cerrado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000b. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em foco, 44).

COSTA, J. L. S. Relatório dos grupos de trabalho "Doenças do feijoeiro-comum causadas por fungos de solo: epidemiologia e manejo" e "situação do mofo-branco no feijão de inverno". In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1997. v. 2, p. 255-263. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 70).

DERPSCH, R.; ROTH, C. H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DURIEUX, R. P.; KAMPRATH, E. J.; JACKSON, W. A.; MOLL, R. H. Root distribution of corn: the effect of nitrogen fertilization. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 958-962, Nov./Dec. 1994.

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura do arroz**. Rio de Janeiro: Campus; Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341 p.

FAGERIA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 92).

FAGERIA, N. K.; MORAIS, O. P.; BALIGAR, V. C.; WRIGHT, R. J. Response of rice cultivars to phosphorus supply on an oxisol. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 16, n. 3, p. 195-206, July 1988.

FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D.; MANNERING, J. V. 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, set./dez. 1983.

FOY, C. D. Effect of aluminum on plant growth. In: CARSON, F. W. (Ed.) **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 601-642.

GASSEN, D. N.; GASSEN, F. R. **Plantio direto**: o caminho do futuro. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

GILL, K. S.; GAJRI, P. R.; CHOUDHARY, J.; SINGH, B. Tillage, mulch and irrigation effects on corn (*Zea mays* L.) in relation to evaporative demand. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 39, n. 3/4, p. 213-227, Nov. 1996.

GROSS, K. L.; PETERS, A.; PREGITZER, K. S. Fine root growth and demographic responses to nutrient patches in four old-field plant species. **Oecologia**, Berlin, v. 95, n. 1, p. 61-64, Aug. 1993.

GUIMARÃES, C. M. Desenvolvimento radicular e da parte aérea do arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) em sistemas de plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, PA. **Resumos...** Belém: SBFV, 1997. p. 400.

GUIMARÃES, C. M.; CASTRO, T. de A. P. Sistema radicular do feijoeiro condicionado aos efeitos da profundidade de aplicação e tipo de adubo fosfatado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 138-141. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Influência da compactação do solo sobre o desenvolvimento da parte aérea e radicular do arroz de terras altas (*Oryza sativa* L.) In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., 1997, Belém, PA. **Resumos**. Belém: SBFV, 1997. p. 401.

GUIMARÃES, C. M.; BRUNINI, O.; STONE, L. F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. 1. Densidade e eficiência radicular.

**Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, n. 6, p. 393-399, jun. 1996.

HARRIS, R. F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O. N. Dynamics of soil aggregation.

**Advances in Agronomy**, New York, v. 18, p. 107-169, 1966.

HILL, R. L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, n. 1, p. 161-166, Jan./Feb. 1990.

HUGHES, K. A.; HORNE, D. J.; ROSS, C. W.; JULIAN, J. F. A 10-year maize/oats rotation under three tillage systems: 2. plant population, root distribution and forage yields. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 22, n. 1/2, p. 145-157, Jan. 1992.

JACKSON, M. B. Are plant hormones involved in root to shoot communication? **Advances in Botanical Research**, London, v. 19, p. 3-7, 1993.

JANSEN, B. H.; WEERT, R. Van Der. The influence of fertilizer, soil organic matter and soil compaction on maize yields on the Surinam zanderej soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 46, n. 2, p. 445-459, 1977.

JASTER, F.; ELTZ, F. F. L.; FERNANDES, F. F.; MERTEN, G. H.; GAUDENCIO, C. de A.; OLIVEIRA, M. C. N. de. **Rendimento de grãos de diferentes sistemas de preparo e manejo do solo**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 37 p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 61).

JEFFRIES, P.; YOUNG, T. W. K. **Interfungal parasitic relationships**. Cambridge: University Press, 1994. 296 p.

KAISER, D. R.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; STRECK, C. A. Influência da compactação adicional e da escarificação na resistência do solo e no desenvolvimento radicular e produtividade do trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS: Embrapa Solos-UEP Recife: UFRPE, 2005. 1 CD-ROM.

KASPAR, T. C. Growth and development of soybean root system. In: WORLD SOYBEANS RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Ames. **Proceedings**. Boulder: Westview, 1985. p. 841-847.



KASPAR, T. C.; STANLEY, C. D.; TAYLOR, H. M. Soybean root growth during the reproductive stages of development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 6, p. 1105-1107, Nov./Dec. 1978.

KIMATI, H. Doenças do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: GALLI, F. (Coord.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. v. 2, p. 297-318.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. Principais fatores que interferem no crescimento radicular das culturas anuais, com ênfase no potássio. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 103, p. 5-11, set. 2003. Encarte técnico.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; TEIXEIRA, M. G.; CHAGAS, J. M.; CASTRO, T. de A. P. e; GUIMARÃES, C. M. Profundidade de incorporação de adubos para o feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 142-143. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

LOBO JUNIOR, M. Efeito da adubação básica de plantio na severidade de podridões radiculares em feijoeiro. In: COBUCCI, T.; WRUCK, F. J. (Ed.). **Resultados obtidos na área pólo de feijão no período de 2002 a 2004**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. p. 25-28. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 174).

LOBO JUNIOR, M.; SOUZA, J. N. G. de; SANTOS, A. B. dos. **Processo biológicos e densidade de microrganismos em solo de várzea tropical cultivado com forrageiras para implantação do arroz no sistema plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 6 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 89).

LÓPEZ-BUCIO, J. L.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M. F.; SIMPSON, J.; HERRERA-ESTRELLA, L. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the Arabidopsis root system. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 129, n. 1, p. 244-256, May 2002.

LYNCH, J. P.; BEEBE, S. E. Adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris*) to low phosphorus availability. **Hortiscience**, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1165-1171, Oct. 1995.

MACKAY, A. D.; BARBER, S. A. Soil moisture effects on root growth and phosphorus uptake by corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, n. 4, p. 519-523, July/Aug. 1985.



MAIA, J. C. S.; ELTZ, F. L. F. Avaliação da cultura da soja (*Glycine max* L.) submetida a dois sistemas de preparo do solo sob vegetação de cerrados. III. percentagem de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 20., 1991, Londrina. **Anais...** Londrina: SBEA, 1992. v. 2, p. 869-882.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 256 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606 p.

MANFRON, P. A.; LIBARDI, P. L.; PAULETTO, E. A.; MORAES, S. O. Efeito do método de preparo do solo na distribuição radicular do milho (*Zea mays* L.) em terra roxa estruturada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 353-366, set./dez. 1991.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic Press, 2002. 889 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 624 p.

MATSUOKA, M.; MENDES, I. C.; LOUREIRO, M. F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícola anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 425-433, maio/jun. 2003.

MELO, I. S. de. Potencialidades de utilização de *Trichoderma* spp. no controle biológico de doenças de plantas. In: BETTIOL, W. (Org.) **Controle biológico de doenças de plantas**. Jaguariúna: EMBRAPA-CNPDA, 1991. p. 135-156.

MENGEL, D. B.; BARBER, S. A. Development and distribution of the corn root system under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 66, n. 3, p. 341-344, May/June 1974.

MIRANDA, J. C. C. de; MIRANDA, L. N de; VILELA, L.; VARGAS, M. A.; CARVALHO, A. M. de. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 3 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado técnico 42).

MORAES, M. H.; BENEZ, S. H.; LIBARDI, P. L. Influência de camadas compactadas de subsuperfície no desenvolvimento do sistema radicular de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Científica**, Jaboticabal, v. 19, n. 1, p. 195-206, 1991.

MOREIRA, J. A. A.; SANTOS, A. B. dos; DINIZ, A. J. Relação massa/volume e retenção de água de um Latossolo Vermelho amarelo de Jussara, GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 4, p. 2154-2156.

MOREIRA, M. F. **Desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea do feijoeiro comum em função da distribuição e do teor de fósforo no solo.** 2004. 135 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NANAGARA, T.; PHILLIPS, R. E.; LEGGETT, J. E. Diffusion and mass flow of nitrate-nitrogen into corn roots grown under field conditions. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, n. 1, p. 67-72, Jan./Feb. 1976.

NEWELL, R. O.; WILHELM, W. W. Conservation tillage and irrigation effects on corn root development. **Agronomy Journal**, Madison, v. 79, n. 1, p. 160-165, Jan./Feb. 1987.

OLIVEIRA, E. F. de; BAIRRÃO, J. F. M.; CARRADO, I. M. **Efeito do sistema de preparo do solo nas suas características físicas e químicas e no rendimento de trigo e soja em latossolo roxo: I. resultados obtidos de 1982 a 1988.** Cascavél: OCEPAR, 1990. 54 p. (OCEPAR. Resultados de pesquisa, 4).

OLIVEIRA, V. C.; COSTA, J. L. da S. Plantio direto: um possível veículo para adaptação de patógenos à novos hospedeiros. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 27, n. 160, p. 72-73, 2000.

OLMOS, I. R.; CAMARGO, M. N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 171-180, 1976.

PAULETTO, E. A.; PEDROTTI, A.; CRESTANA, S. Avaliação da compactação de um planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivos através da tomografia computadorizada e do penetrômetro. In: SEMINÁRIO INTERAMERICANO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 2., 1997, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1997. p. 143-146.

PEDO, F.; MIELNICZUK, J.; MEDEIROS, J. C. Rendimento e distribuição de raízes em dois níveis de compactação do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 6., 1986, Campo Grande, MS. **Resumos...** Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 14.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1990. 549 p.

RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; COSTA, J. G. C. da. Reações de genótipos de feijoeiro comuns ao *Fusarium oxysporum* f. sp. *Phaseoli* em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 296-300, jun. 1996.

REEVES, D. W. Soil management under no-tillage soil physical aspects. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO, 1., 1995, Passo Fundo. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 121-125.

RESCK, D. V. S.; FERREIRA, C. de A.; GOMES, A. C.; SILVA, J. E. da. Efeito do plantio direto e do arado de discos nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho escuro argiloso sob vegetação de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 4, p. 1840-1842.

RESENDE, M.; FRANÇA, G. E.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; ALVES, V. M. C. Estimativa do desenvolvimento radicular do milho irrigado em dois tipos de solo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 1990, Vitória. **Resumos...** Vitória: EMCAPA, 1990. p. 133. (EMCAPA. Documentos, 65).

RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; COSTA, U. F. Calcium deficiency in clayey-B horizons of savanna Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v. 133, n. 6, p. 378-382, 1982.

ROBERTSON, W. K.; HAMMOND, L. C.; JOHNSON, J. T.; BOOTE, K. J. Effects of plant-water stress on root distribution of corn, soybeans, and peanuts in sandy soil. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 3, p. 548-550, May/June 1980.

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, v. 53, n. 5, p. 1464-1470, Sept./Oct. 1989.

ROS, C. O. da; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, abr./jun. 1997.

ROSOLEM, C. A. Calagem e adubação mineral. In: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coord.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 353-385.

ROVIRA, L. A. A. **Estudo do sistema radicular do feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.) var carioca. 1975. 87 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SALVADORI, J. R. Pragas de solo. **Cultivar**, Pelotas, n. 5, p. 27-33, jun. 1999.

SCHACHTMAN, D. P.; REID, R. J.; AYLING, S. M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 116, n. 2, p. 447-453, Feb. 1998.

SEGUY, L.; BOUZINAC, S. **Os sistemas de culturas para a região do Médio Norte do Mato Grosso**: recomendações técnicas. [S.l.]: Cooperlucas: CIRAD-CA, 1993. 58 p.

SEGUY, L.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J.G. da; BLUMENSCHNEIN, F. N.; DALL’ACQUA, F. M. **Técnicas de preparo do solo**: efeitos na fertilidade e na conservação do solo, nas ervas daninhas e na conservação de água. Goiânia: EMBRAPA–CNPAP, 1984. 26 p. (EMBRAPA–CNPAP. Circular técnica, 17).

SILVA, L. M. da; LEMOS, L. B.; CRUSCIOL, C. A. C.; FELTRAN, J. C. Sistema radicular de cultivares de feijão em resposta à calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 701-707, jul. 2004.

SPONCHIADO, B. N.; WHITE, J. W.; CASTILLO, J. A.; JONES, P. G. Root growth of four common bean cultivars in relation to drought tolerance in environments with contrasting soil types. **Experimental Agriculture**, London, v. 25, n. 2, p. 249-257, Apr. 1989.

STANLEY, C. D.; KASPAR, T. C.; TAYLOR, H. M. Soybean top and root response to temporary water tables imposed at three different stages of growth. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 2, p. 341-346, Mar./Apr. 1980.

STITT, M.; SCHEIBLE, W. R. Understanding allocation to shoot and root growth will require molecular information about which compounds act as signals for the plant nutrient status, and how meristem activity and cellular growth are regulated. **Plant and Soil**, The Hague, v. 201, n. 2, p. 259-263, Apr. 1998.

STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A. Desenvolvimento radicular de cultivares de arroz em diferentes sistemas de preparo do solo, sob irrigação suplementar por aspersão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6., 1998, Goiânia. **Perspectivas para a cultura do arroz nos ecossistemas de várzeas e terras altas**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1998. p. 103-106. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 85).

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 10, p. 1577-1592, out. 1994a.

STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. Sucessão arroz-feijão irrigados por aspersão: efeitos de espaçamento entre linhas, adubação e cultivar no crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 6, p. 939-954, jun. 1994b.

TABATABAI, M. A. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W. (Ed.). **Methods of soil analysis**: microbiological and biochemical properties. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-833. (SSSA. Book Series, 5).

THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p. 205. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Comportamento da compactação do solo no plantio direto e avaliação do seu efeito sobre o desenvolvimento do sistema radicular e produtividade de cultivares de soja. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. 19., 1997, Jaboticabal, SP. **Ata e resumos...** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1997. p. 181. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 107).

- TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Doze anos de manejo do solo em soja: sistema radicular, produtividade e algumas características físicas do solo. In: CONGRESSO BRASIEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos...** Viçosa, MG: SBCS, 1995. v. 4, p. 1802-1803.
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F.; FARIAS, J. R. B. Resposta de diferentes cultivares de soja à compactação do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 17, 1995. Goiânia. **Ata e resumos...** Goiânia: EMGOPA, 1995a. p. 126. (EMGOPA, Documentos, 28).
- TORRES, E.; GALERANI, P. R.; SARAIVA, O. F. Avaliação de sistemas de produção de soja: manejo, rotação e cultivares. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 17., 1995, Goiânia. **Ata e resumos...** Goiânia: EMGOPA, 1995b. p. 117. (EMGOPA. Documentos, 28).
- TU, J. C.; TAN, C. S. Effect of soil compaction on growth, yield and root rots of white beans in clay loam and sandy loam soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 23, n. 3, p. 233-238, 1991.
- VEIGA, C. L.; OLIVEIRA, L. B. de. Influência do preparo do solo sobre a distribuição de raízes de soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) em solo podzólico vermelho amarelo. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 6, n. 3, p. 295-307, set. 1976.
- VIEIRA, C.; GOMES, F. R. Ensaio de adubação química do feijoeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 11, n. 65, p. 253-264, 1961.
- VIEIRA, M. J. Comportamento físico do solo em plantio direto. In: FANCELLI, A. L. (Coord.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p. 161-179.
- VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina, 1981. p. 19-30. (IAPAR. Circular, 23).
- VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 19, n. 7, p. 873-882, jul. 1984.

WAGGER, M. G.; DENTON, H. P. Influence of cover crop and wheel traffic on soil physical properties in continuous no-tillage corn. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 53, n. 4, p. 1206–1210, July/Aug. 1989.

WIERSUM, L. K. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. **Plant and Soil**, The Hague, v. 9, p. 75-85, 1957.

YORINORI, J. T. Epifítia de podridão da raiz na soja causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn no Estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 2, n. 1, p. 106-107, fev. 1977.