

DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DE AVEIA PRETA EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO E ESPAÇAMENTO¹

JACOB SILVA SOUTO², TAKAZI ISHIY³,
CIRO ANTONIO ROSOLEM⁴ e CLAUDIO CAVARIANI⁵

RESUMO - O estudo foi realizado na Fazenda São Manuel, da FCA/UNESP, Câmpus de Botucatu, em Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, com o objetivo de verificar a influência da densidade de plantas e espaçamento entre linhas na distribuição do sistema radicular da aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber). Utilizaram-se duas densidades (1,5 milhão e 2,5 milhões de sementes viáveis/ha) e dois espaçamentos (20 cm e 30 cm entre linhas). As coletas de solo e raízes foram realizadas 81 dias após a semeadura, no início do florescimento, utilizando-se trado cilíndrico de 2,6 cm x 20 cm, retirando-se amostras na linha e na entrelinha, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. Na mesma época, coletaram-se amostras de plantas para avaliar o peso seco da parte aérea. Análises do solo mostraram concentração do fósforo nas camadas superiores (principalmente até 10 cm), enquanto que as bases estiveram distribuídas no perfil. Embora a maior concentração de raízes tenha sido obtida também de 0 a 10 cm, não foi possível associá-la às características químicas do solo. Por outro lado, os espaçamentos e densidades populacionais não interferem na distribuição do sistema radicular e peso da matéria seca da parte aérea da aveia.

Termos para indexação: *Avena strigosa*, população de plantas, solos, raízes.

ROOTING PATTERN OF OATS AS AFFECTED BY PLANT POPULATION AND ROW SPACING

ABSTRACT - The experiment was carried out at São Manuel Experimental Farm, Agronomy College, São Paulo State University, Brazil, in a Dark-Red Latosol (loamy sand) to verify oat (*Avena strigosa* Schreber) rooting patterns under different plant populations (1.5 x 10⁶ and 2.5 x 10⁶ plants/ha) and row spacings (0.20 and 0.30 m). Soil and roots were sampled 81 days after planting, at bloom stage. Cylindrical cores with 2.6 cm diameter were taken from soil depths of 0-10, 10-20, 20-40 and 40-60 cm. At the same time, plant canopies were also sampled to determine the dry weight. Soil analysis showed P to be concentrated in the upper 10 cm whereas the bases were uniform in the profile. There was a high root concentration in the 0-10 cm layer (9.9 to 13.0 cm/cm³ under the row and 10.0 to 11.5 cm/cm² in the inter-row), which was not related to chemical characteristics of the soil. There was no effect of plant population or row spacing on oat root distribution or growth in the soil profile.

Index terms: *Avena strigosa*, soil, roots.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre distribuição do sistema radicular na maioria das culturas são considerados fundamentais no fornecimento de subsídios, dentre outros, para técnicas de adubação, tratos culturais e manejo da água de irrigação. Além disso, a distribuição do sistema radicular é considerada como um dos caracteres de planta relacionados com resistência ao déficit (Pereira 1985, Okuyama & Colasante 1987).

Aceito para publicação em 16 de janeiro de 1992

² Eng.-Agr., M.Sc., no Curso de Pós-Graduação, Fac. Ciên. Agron., UNESP. Bolsista da FAPESP.

³ Eng.-Agr., M.Sc., no Curso de Pós-Graduação, Fac. Ciên. Agron., UNESP. EMPASC. Bolsista da EMBRAPA.

⁴ Eng.-Agr., Dr., Prof. Titular, Dep. Agric. e Melhoramento Vegetal/FCA/UNESP. CEP 18600 - Botucatu. SP. Bolsista do CNPq.

⁵ Eng.-Agr., M.Sc., Prof.-Assistente, Dep. de Agric. e Melhoramento Vegetal/FCA/UNESP.

As variações nos padrões de enraizamento de uma cultura são provocadas por diversos fatores do ambiente, tais como: tipo de solo, aeração, temperatura, condição nutricional, pH do solo, disponibilidade de água, clima, prática de cultivo e genótipo (Stone et al. 1976). Schjorring & Nielsen (1987) relatam que a eficiência de absorção de P na cevada depende do comprimento da raiz e da taxa de absorção de P por unidade de comprimento da raiz.

Pesquisas sobre distribuição do sistema radicular em aveia não foram relatadas nas principais bibliografias especializadas. Em outras culturas, os estudos têm demonstrado uma alta concentração de raízes nas camadas superficiais do solo (Inforzato & Myasaka 1963, Inforzato et al. 1964, Okuyama & Colasante 1987, Anderson 1988).

Trabalhos com densidade populacional de plantas mostram que os resultados estão condicionados principalmente a características de cultura e fatores do ambiente.

Lam-Sanchez & Veloso (1974), pesquisando o efeito da interação espaçamento e densidade de plantas na cultura da soja, verificaram que a densidade de plantas influiu mais nas características da planta que o espaçamento entre linhas. Resultados observados por outros pesquisadores não diferem basicamente desses autores. Blumenthal et al. (1988) verificaram que altas populações de soja aceleram a senescência e queda das folhas em consequência do estresse hídrico e, possivelmente, da insolação. Rosolem et al. (1983) observaram influência negativa das elevadas densidades (750 mil a 1 milhão de plantas/ha) nos componentes de produtividade da soja, e maior suscetibilidade ao déficit hídrico.

A aveia tem sido utilizada, no Brasil, principalmente como alimento para animais e como cobertura de solo no inverno em diversas regiões. Desta forma, é importante o conhecimento da capacidade de exploração do solo por essa planta, uma vez que em algumas regiões o cultivo ocorre em épocas secas. Se, por um lado, sistemas de cultivo que maximizem a produtividade de matéria seca são interessantes, este fato

pode levar a maior suscetibilidade ao déficit hídrico.

Existem indicações, na literatura, de que maiores populações podem levar a maiores prejuízos no crescimento da planta quando da ocorrência de seca.

O presente estudo foi levado a efeito com o propósito de verificar a influência da densidade de plantas e espaçamento sobre linhas na distribuição do sistema radicular e no crescimento da parte aérea preta (*Avena strigosa* Schreber).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel, da Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Botucatu, em solo classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, cujas características químicas iniciais eram: pH = 5,2; P = 7,00 ppm; K = 0,11 ppm; Ca = 1,50 meq/100 g e M.O. = 0,8%.

As coordenadas geográficas da Fazenda São Manuel são as seguintes: latitude, 22°46'S; longitude, 48°34'W; e altitude, de 740 m acima do nível do mar.

O experimento constou de duas densidades de semeadura (1,5 milhão e 2,5 milhões de sementes viáveis/ha) e dois espaçamentos (20 cm e 30 cm) entre linhas de semeadura, os quais foram combinados em quatro tratamentos: T1 = 20 cm x 1,5 milhão; T2 = 30 cm x 1,5 milhão; T3 = 20 cm x 2,5 milhões e T4 = 30 cm x 2,5 milhões. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em parcelas de 15 m² (3 m x 5 m), agrupadas em blocos casualizados, com quatro repetições.

A adubação básica foi realizada dentro dos sulcos de semeadura, com NPK, nas doses respectivas de 20, 60 e 30 kg por ha. A adubação e a semeadura foram feitas em 1.6.90. Não foi feita nenhuma adubação em cobertura.

Tratos culturais e fitossanitários foram aplicados na medida do necessário, a fim de minimizar todos os efeitos colaterais capazes de interferir nos resultados.

A coleta de amostras de solo foi realizada 81 dias após a semeadura, no início do florescimento, utilizando-se de trado cilíndrico com capacidade de retirar amostras indeformáveis de solo de 2,6 cm x 20,0 cm, até a profundidade de 0,60 m. Em cada parcela, foram tomadas quatro amostras de solo na linha e quatro na entrelinha, nas camadas de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. Das quatro amostras, duas foram

destinadas à análise química, e duas para a avaliação do sistema radicular. Na mesma ocasião, duas amostras/parcela de plantas contidas em 20 cm de linha foram coletadas com a finalidade de quantificar o peso da matéria seca da parte aérea da aveia.

As amostras de solo para a avaliação do sistema radicular foram acondicionadas em sacos de plástico mantidos sob refrigeração a -18°C até o momento das avaliações. As amostras destinadas a análise química foram postas a secar à sombra. A parte aérea das plantas foi levada à estufa, à temperatura de 65°C , até atingir peso constante, e, após, submetida à pesagem.

Para a avaliação do sistema radicular, as amostras retiradas do refrigerador foram colocadas em copos-de-Becker de 1.000 ml, submersas em água de torneira por alguns minutos, agitadas com bastão de vidro, passadas em peneira com malha de 1 mm, e lavadas em água corrente até completa separação das raízes do solo. Após a lavagem, as raízes foram transferidas para placas-de-Petri e submetidas à avaliação utilizando-se o método descrito por Tennant (1975). A placa contendo as raízes foi colocada sobre uma folha de papel quadriculada (grade) de 1 cm, e por meio de uma lupa com iluminação contaram-se as interseções de raízes com as linhas horizontais e verticais da grade. Para o cálculo do comprimento de raízes, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$R = 11/14 \times N \times G$$

onde: R - comprimento de raízes (cm)

N = número de interseções

G = tamanho da grade (1 cm)

O cálculo da densidade de comprimento de raízes (cm/cm^3) foi realizado dividindo-se o comprimento

(R) obtido pelo volume da amostra de solo. Os valores calculados, ao serem submetidos à análise de variância, foram previamente transformados em raiz de X.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas das diferentes camadas do solo são apresentados na Tabela 1.

A acidez do solo foi relativamente elevada e uniforme em todas as camadas, tanto na linha como na entrelinha (Tabela 1). A recomendação para aveia sugere pH em água ao redor de 6,0 (Siqueira 1987), enquanto que os valores encontrados correspondem a pH em água de 4,8 a 5,5 (IAC 1985).

Dos elementos analisados, somente o P apresentou diferenças entre camadas, havendo um decréscimo nos setores em profundidade. Os teores foram mais elevados na linha do que na entrelinha, na camada de 0-10 cm. De acordo com IAC (1985), na linha, o teor de P foi médio até 20 cm de profundidade, e baixo a muito baixo nas camadas inferiores. Na entrelinha encontraram-se teores médios na camada até 10 cm e teores baixo a muito baixo nas demais camadas. Este resultado aparece como consequência de adubações, calagem e uso anterior do solo do local. Os dados revelam que as bases estiveram distribuídas no perfil, ao passo que o P acumulou-se principalmente na camada arável.

Na Tabela 2 mostram-se os valores da densidade de comprimento da raiz da aveia em

TABELA 1. Acidez e teores médios de elementos contidos nas diferentes camadas de solo, na linha e entrelinha da aveia.

Profundidade	pH ¹		P ²		H + Al		K		Ca		Mg	
	L ³	EL ⁴	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL	L	EL
cm	----- $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ----- $\text{meq}/100 \text{ cm}^3$ -----											
0-10	4,7	4,9	40	16	2,3	2,1	0,07	0,04	1,2	1,2	0,3	0,4
10-20	4,9	4,8	18	15	2,0	2,1	0,03	0,03	1,3	1,2	0,4	0,4
20-40	4,6	4,6	10	8	2,3	2,3	0,03	0,03	1,2	1,1	0,5	0,5
40-60	4,3	4,2	2	1	2,7	2,7	0,03	0,01	1,0	0,9	0,5	0,5

¹ Em CaCl_2 .

³ Amostra na linha.

² Resina.

⁴ Amostra na entrelinha.

TABELA 2. Densidade de comprimento de raízes de aveia em função de populações, espaçamentos, profundidade do solo, e local de amostragem.

Profundidade	1,5 x 10 ⁶ sementes/ha				2,5 x 10 ⁶ sementes/ha			
	20 cm		30 cm		20 cm		30 cm	
	L ¹	EL ²	L	EL	L	EL	L	EL
	----- cm/cm ³ -----							
0-10	12,5	11,5	9,9	10,0	12,8	11,1	13,0	11,3
10-20	2,9	2,4	2,4	2,4	2,4	2,0	3,1	3,1
20-40	1,0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,9
40-60	0,6	0,8	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5

¹ C.V. (linha) = 32,2%.

² C.V. (entrelinha) = 27,6%.

Teste F não significativo.

função dos tratamentos. Os valores determinados no presente trabalho são bem maiores que os encontrados na literatura, na camada de até 20 cm, que variam de 2,0 a 4,2 cm/cm³ para plantas anuais (Barber 1984). Para aveia (*Avena sativa*), foi relatado um valor de 3,4 cm/cm³ (Barber 1984).

A maior densidade de raízes encontra-se na camada até 20 cm, tanto na linha (90,9%) como na entrelinha (90,3%), sendo que somente na camada de 0 a 10 cm concentrara-se cerca de 74% do total estimado. A 60 cm foram encontrados ainda mais de 3% das raízes, o que mostra que camadas relativamente profundas estão sendo exploradas pelas raízes de aveia.

Resultados semelhantes foram observados em feijoeiro, por Inforzato & Miyasaka (1963). Os autores observaram, em seus experimentos de Pindorama e Monte Alegre do Sul, que a planta apresentava 74,5% e 87,4%, respectivamente, de seu sistema radicular na superfície do solo, até 10 cm de profundidade. Em vista desse fato, sugerem evitar tratamentos culturais profundos, para evitar danos às raízes.

Inforzato et al. (1964) estudaram os sistemas radiculares de arroz e feijoeiro, em Pindamonhangaba, constatando que o arroz apresentava 70% das raízes nos primeiros 5 cm de profundidade do solo, cerca de 93% até 10 cm e o res-

tante, até 75 cm. Aproximadamente 99% das raízes estavam contidas na camada de até 25 cm. Em relação ao feijoeiro, verificaram que 62% de suas raízes concentravam-se nos primeiros 10 cm de profundidade, e o restante, até 70 cm.

Anderson (1988), em milho, determinou elevada densidade de comprimento de raiz nos primeiros 14 cm de solo na fase de antese. Com cultivo mínimo do solo, a maior concentração ocorreu na camada de 0 a 7 cm.

Em arroz de sequeiro, trabalho realizado por Okuyama & Colasante (1987) mostrou que 56,3% das raízes encontravam-se na camada de 0 a 20 cm, e 16,8%, entre 20 a 40 cm. Os autores citam Germek et al. (1950), que haviam observado cerca de 95% das raízes nos primeiros 15 cm de solo. Em milho, a profundidade da amostra de raiz não apresenta nenhum efeito sobre a densidade de raízes abaixo de 15 cm (Anderson 1988), fato que foi observado no presente trabalho, conforme dados contidos na Tabela 2. Foi demonstrado, ainda, que diferentes cultivares de trigo apresentavam diferente distribuição relativa de raízes em profundidade (Box & Johnson 1987).

Na comparação das Tabelas 1 e 2, pode ser verificado que na camada de 0 a 10 cm, com maior teor de P, ocorreu maior concentração de raízes. Em milho, soja e trigo, este fenômeno

havia sido observado por Barber (1987), em estudo sobre a influência da disponibilidade de P no solo na distribuição de raízes das referidas culturas. Entretanto, os níveis de P encontrados nas camadas de 10-20 cm ainda seriam suficientes para haver maior crescimento de raízes que o observado.

A deficiência de Ca tem sido um dos fatores responsáveis pelo baixo crescimento de raízes em algumas regiões (Ritchey et al. 1982). Embora os teores de Ca (Tabela 1) fossem relativamente baixos, não estavam em níveis tão reduzidos a ponto de restringir o crescimento das raízes, que foi abundante na primeira camada de solo. Por outro lado, o teor de 0,5 meq Ca/100 cm³ tem sido aceito como limite para o crescimento radicular para muitas espécies (Rosolem 1989), ou, ainda, uma saturação de 20% de Ca na solução do solo (Pearson 1966). No presente trabalho, seguramente estas duas condições foram satisfeitas.

Conseqüentemente, parece improvável que o crescimento das raízes em profundidade tenha sido limitado pelas características químicas do solo.

Por outro lado, por ocasião da amostragem não foram encontrados indicativos de camada compactada que pudesse explicar os resultados obtidos.

Desta forma, a distribuição radicular encontrada parece ser uma característica do material genético utilizado.

A análise do comprimento médio por superfície de solo dá uma idéia da quantidade total de raízes, independentemente de sua distribuição. Também neste caso não foram observadas respostas significativas aos tratamentos empregados (Tabela 3).

Não foram encontradas diferenças significativas para peso da matéria seca (Tabela 4). A análise de variância destes resultados teve poucos graus de liberdade para o resíduo, daí os altos coeficientes de variação. Entretanto, é digno de nota que com 1,5 x 10⁶ sementes/ha, no espaçamento de 20 cm, houve um incremento de mais de 24% na produção de matéria seca, em relação ao espaçamento de 30 cm. Considerando-se a quantidade produzida por metro linear, quando se passou de 20 para 30 cm ocorreu aumento de quase 30% na matéria seca produzida por metro. Como na época de amostragem não havia grãos formados, praticamente toda essa massa corresponde a folhas, e certamente condiciona o aparecimento de diferenças na evapotranspiração.

Por outro lado, estas variações na matéria seca da parte aérea da planta não tiveram conseqüências na distribuição do sistema radicular (Tabela 2). Se for levado em conta que no espaçamento de 20 cm as amostras da entrelinha foram tomadas a 10 cm da linha, e no espaçamento de 30 cm as mesmas foram tomadas a 15 cm da linha, conclui-se que no espaçamento de 30 cm havia, proporcionalmente, mais raízes

TABELA 3. Comprimento médio de raízes de aveia por superfície de solo em função de populações, espaçamentos e local de amostragem*.

População	Espaçamento	Linha Entrelinha	
		cm/m ²	
1,5 x 10 ⁶	20	186	173
	30	149	152
2,5 x 10 ⁶	20	178	155
	30	193	172

* C.V. (linha) = 16,82%.

C.V. (entrelinha) = 16,70%.

Teste F não significativo.

TABELA 4. Peso de matéria seca da parte aérea da aveia, em função de populações e espaçamentos.

População	Espaçamento	Matéria seca	
		g/m ²	g/m
x 10 ⁶	cm		
	20	682	136
	30	549	165
2,5	20	592	118
	30	540	165
F		n.s.	n.s.
C.V. %		31,1	29,6

por unidade de matéria seca produzida por área.

Estes resultados levam ainda à inferência de que o crescimento radicular foi limitado pela competição de raízes, mais do que pela parte aérea da planta.

CONCLUSÕES

1. A maior concentração de raízes de aveia encontra-se na camada de 0 a 10 cm, tanto na linha como na entrelinha de semeadura, possivelmente devido a características genéticas da planta.

2. Espaçamentos e densidades populacionais não interferem significativamente na distribuição do sistema radicular e peso da matéria seca da parte aérea da aveia.

AGRADECIMENTOS

Ao Eng.-Agr., Francisco e Assis Rolim Pereira, pelo valioso auxílio na coleta de amostras de solo.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, E.L. Tillage and N fertilization effects on maize root growth and root:shoot ratio. *Plant and Soil*, v.108, p.245-251, 1988.
- BARBER, S.A. Relation of plant root growth to soil nutrient availability. *Journal of Plant Nutrition*, v.10, n.9/16, p.1309, 1987.
- BARBER, S.A. *Soil nutrition bioavailability: a mechanistic approach*. New York: John Wiley & Sons, 1984. 398p.
- BLUMENTHAL, M.J.; QUACH, V.P.; SEARLE, P.G.E. Effect of soybean population density on soybean yield, nitrogen accumulation and residual nitrogen. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.28, p.99-106, 1988.
- BOX, J.E.; JOHNSON, J.W. Minirrhizotron rooting comparisons of three wheat cultivars. In: TAYLOR, H.M. (Ed.). *Minirrhizotron Observation Tubes: Methods and Applications for Measuring Rhizosphere Dynamics*. Madison: Am. Soc. Agron., 1987. p.123-130.
- IAC. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- INFORZATO, R.; GUIMARÃES, B.; BORGONNOVI, M. Desenvolvimento do sistema radicular do arroz e do feijoeiro em duas séries de solo do Vale do Paraíba. *Bragantia*, v.23, n.30, p.365-369, 1964.
- INFORZATO, R.; MIYASAKA, S. Sistema radicular do feijoeiro em dois tipos de solo do Estado de São Paulo. *Bragantia*, v.22, n.38, p.477-480, 1963.
- LAM-SANCHEZ, A.; VELOSO, E.J. Efeito do espaçamento e da densidade de plantio sobre várias características agrônômicas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) variedade Viçosa, em Jaboticabal, SP. *Científica*, v.2, n.2, p.137-147, 1974.
- OKUYAMA, L.A.; COLASANTE, L.O. Distribuição do sistema radicular do arroz de sequeiro cultivado em Latossolo Roxo distrófico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.22, n.8, p.803-807, 1987.
- PEARSON, R.W. Soil environment and root development. In: PIERRE, W. H.; KIRKHAM, D.; PESEK, J.; SHAW, R. (Eds.). *Plant Environment and Efficient Water Use*. Madison: Am. Soc. Agron., 1966. p.95-126.
- PEREIRA, J.P. Aveia, uma excelente opção para alimentar rebanho leiteiro no inverno. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36p. (Boletim Técnico, 16).
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Science*, v.133, p.378-382, 1982.
- ROSOLEM, C.A. Interpretação das bases trocáveis. In: BULL, L.T.; ROSOLEM, C.A. (Eds.). *Interpretação de análise de solo e plantas para fins de fertilidade*. Botucatu: FEPAP, 1989. p.97-128.
- ROSOLEM, C.A.; SILVERIO, J.C.O.; NAKAGAWA, J. Densidade de plantas na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.18, n.9, p.977-984, 1983.
- SCHJORRING, J.K.; NIELSEN, N.E. Root length and phosphorus uptake by four barley cultivars grown under moderate deficiency of phosphorus in field experiments. *Journal of Plant Nutrition*, v.10, n.9/16, p.1298-1295, 1987.

SIQUEIRA, O.J.F. de. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1987. 100p.

STONE, L.R.; TEARE, I.D.; NICKELL, C.D.; MAYAKI, W.C. Soybean root development and soil

water depletion. **Agronomy Journal**, v.68, p.677-680, 1976.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal Ecology**, London, v.63, p.995-1001, 1975.