



Produção de aveia preta em solos com diferentes densidades em função da adubação de fósforo e manganês

Oat production in soils with different densities as a function of fertilizer phosphorus and manganese

Piero Iori^[a], Anna Hoffmann Oliveira^[b], Ayeska Hübner Braga Nunes^[c], Thiago Tadeu Teixeira Souza^[d], Janice Guedes de Carvalho^[e]

^[a] Engenheiro agrônomo, doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG - Brasil, e-mail: pieroiori@hotmail.com

^[b] Doutoranda em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG - Brasil, e-mail: anna.ufla@gmail.com

^[c] Mestre em Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG - Brasil, e-mail: ayeskahubner@yahoo.com.br

^[d] Engenheiro agrônomo, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG - Brasil, e-mail: thiagottsouza@hotmail.com

^[e] Professora da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Departamento de Ciência do Solo, Lavras, MG - Brasil, e-mail: janicegc@ufla.br

Resumo

Diversos fatores afetam o crescimento e o desenvolvimento de uma planta. A compactação é um destes fatores, na qual afeta, principalmente, o crescimento da planta, o desenvolvimento radicular e o coeficiente de difusão dos íons, prejudicando a absorção de nutrientes, que é um dos principais fatores necessários para uma boa produção. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a produção de matéria seca de aveia preta (*Avena strigosa Schreb*) em função da adubação com fósforo e manganês em solos com diferentes densidades. A cultivar de aveia preta utilizada foi a Sonora 64. Por meio do ensaio de Proctor normal, foram escolhidas duas densidades do solo, 1,04 kg dm⁻³ e 1,18 kg dm⁻³, ou seja, com graus de compactação de 65 e 75%, respectivamente, combinados com duas doses de fósforo (50 e 250 mg kg⁻¹) e quatro doses de manganês (0, 5, 10 e 20 mg kg⁻¹). A semeadura foi realizada utilizando-se 10 sementes por vaso. Dez dias após a emergência das plântulas, foi efetuado o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. A densidade do solo exerceu influência negativa na produção de aveia preta. A adubação com fósforo funcionou como um fator de alívio da densidade do solo, resultando em uma maior produção para uma mesma densidade do solo em relação à maioria das características da planta de aveia avaliada. A adubação de manganês não refletiu em melhora da produção de aveia.

Palavras-chave: *Avena strigosa*. Gramínea. Matéria seca.

Abstract

Several factors affect the growth and development of a plant. The soil compactation is one of these factors, that mainly affects the plant growth, root development and diffusion coefficient of ions, hindering the absorption of nutrients, which is one of the key factors needed for a good quality production. The objective of this study was to evaluate the dry matter production of oat (*Avena strigosa* Schreb) as a function of fertilization with phosphorus and manganese in soils with different densities. The oat cultivar used was the Sonora 64. Based on the standard Proctor test, two densities of soil were chosen, 1.04 kg dm^{-3} and 1.18 kg dm^{-3} , with 65% and 75% degrees of compression, respectively, combined with two levels phosphorus (50 and 250 mg kg^{-1}) and four levels of manganese (0, 5, 10 and 20 mg kg^{-1}). Sowing was performed using ten seeds per pot. Ten days after seedling emergence, thinning was done, leaving four plants per pot. Soil bulk density exerted negative influence on production of oats. Fertilization with phosphorus was considered as a factor of alleviating in soil density, resulting in an increased production for the same bulk density in relation with characteristics of the oat plant evaluated. Manganese fertilization did not reflect in an improvement concerning the production of oats.

Keywords: *Avena strigosa* Schreb. Poaceae. Dry matter.

Introdução

Os solos podem apresentar teores de nutrientes considerados adequados, mas, graças à sua condição física, a eficiência da utilização desses nutrientes pelas plantas pode ser severamente afetada, traduzindo-se em redução na produtividade. Assim, mesmo não recebendo a devida importância, os efeitos das condições físicas e estruturais do solo possuem sim, relação direta com os processos físico-químicos ligados à absorção dos nutrientes pelas plantas (ARAUJO, 2008). De tal maneira que, na moderna e sustentável agricultura, quando se fala em qualidade química ou em qualidade física do solo, não se pode trabalhar isoladamente um ou outro fator, pois ambos fazem parte do todo (DENARDIN et al., 2005).

A compactação do solo toma, muitas vezes, dimensões sérias, pois, ao causar restrição ao crescimento e desenvolvimento radicular e afetar o coeficiente de difusão dos íons, acarreta uma série de problemas que influenciam direta e indiretamente a produção das plantas, prejudicando a absorção de nutrientes, que é um dos principais fatores necessários para uma boa produção (CAMARGO; ALLEONI, 2006).

Porém, a influência da compactação pode ocorrer de maneira inversa, por exemplo, raízes menores que se desenvolvem num solo levemente compactado exsudam uma quantidade abundante de mucilagem, causando uma adesão com as partículas adjacentes

do solo (BALIGAR et al., 1975). A habilidade da aveia em absorver manganês (Mn), por exemplo, num solo deficiente nesse elemento, foi maior num solo compactado, no qual as plantas cresceram bem mais rápido (PASSIOURA; LEEPER, 1963). Com relação ao fósforo (P), Cornish et al. (1984) relataram que a compactação afeta de maneira contrastante a habilidade de raízes de centeio na extração desse elemento do solo. Em solos compactados, o P é colocado em contato com as raízes, favorecendo sua disponibilidade. Entretanto, a redução do comprimento destas diminui a disponibilidade do elemento.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) e solos com diferentes densidades em função de diferentes adubações de fósforo e manganês.

Materiais e Métodos

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência dos Solos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras (MG), no período de setembro a novembro de 2008. A cultivar de aveia preta utilizada foi a Sonora 64, com ciclo de 110 a 130 dias. O solo utilizado para preenchimento dos vasos, classificado como Latossolo Vermelho amarelo distrófico, foi coletado na profundidade de 0 a 20 cm no câmpus da UFLA,

em área que vem sendo ocupada por pastagem, com 47, 14 e 39% de areia, silte e argila, respectivamente. As parcelas foram conduzidas em vasos (anéis de PVC), com 150 mm de diâmetro por 100 mm de altura, colados com placas de isopor de 20x20x2 cm na parte de baixo com cola de silicone. Por meio do ensaio de Proctor normal, com a curva de compactação, foram escolhidas duas densidades do solo, 1,04 kg dm⁻³ (Ds65) e 1,18 kg dm⁻³ (Ds75), ou seja, com graus de compactação de 65 e 75%, respectivamente.

Para preparo do experimento, o solo foi peneirado em malha de 4,76 mm, pesado e separado em quantidades correspondentes à densidade do solo de 1,04 Kg dm⁻³, considerando-se o volume do vaso. Após pesar as quantidades de solo, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos onde foi realizada sua correção, utilizando carbonato de cálcio e magnésio, na proporção de 4:1 para o V% = 60. Após a adição dos corretivos, as amostras permaneceram incubadas por 20 dias, com umidade próxima a 60% do volume total de poros. Com o término do tempo de incubação, os solos foram peneirados em malha de 4,76 mm e em seguida foi realizada uma adubação básica com: enxofre = 50 mg kg⁻¹; potássio = 150 mg kg⁻¹; nitrogênio = 300 mg kg⁻¹; boro = 0,5 mg kg⁻¹; cobre = 1,5 mg kg⁻¹; molibdênio = 0,1 mg kg⁻¹ e zinco = 5 mg kg⁻¹. Para adubação, utilizaram-se soluções contendo nutrientes, oriundas das seguintes fontes: ureia, NH₄H₂PO₄, KCl, H₃BO₃, CuSO₄·5H₂O, MgSO₄·7H₂O, MnSO₄·H₂O, NH₄Mo, ZnSO₄·7H₂O. Após a incubação do solo, foi utilizada uma solução nutritiva para a fertilização e aplicação através de pipetagem para a adubação básica e aplicação das doses de P e Mn. Para o manejo de adubação, foram estudadas duas doses de fósforo (50 e 250 mg kg⁻¹) e quatro doses de manganês (0, 5, 10 e 20 mg kg⁻¹).

Os vasos foram vedados na placa de isopor com cola de silicone para evitar que houvesse escorrimento por ocasião da irrigação. A semeadura foi realizada utilizando-se 10 sementes por vaso. Dez dias após a emergência das plântulas, foi efetuado o desbaste, deixando quatro plantas por vaso. Durante o período experimental, a umidade do solo nos vasos foi mantida em 60% do volume total de poros, por meio de pesagens diárias dos anéis, repondo-se o volume evaporado com água desmineralizada. Após 40 dias da semeadura, as plantas foram cortadas, retiradas do vaso, efetuando-se a separação cuidadosa da planta de

aveia do solo e, posteriormente, separando-a em parte aérea e sistema radicular. Foram realizadas as seguintes avaliações: altura de planta; matéria seca total; matéria seca da parte aérea e matéria seca radicular. O material vegetal foi seco em estufa com circulação de ar a 70 °C até peso constante, para posterior pesagem e determinação da matéria seca.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial. Os fatores foram: solos com 65% de grau de compactação e solos com 75% de grau de compactação, combinados com duas doses de P e quatro doses de Mn com três repetições, totalizando 48 parcelas experimentais. A sistematização dos dados foi feita por planilhas eletrônicas e a análise estatística convencional foi feita utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 1999). Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F, p < 0,05). Realizou-se o teste de médias (Scott Knott, a 5 %) para interação tripla para a densidade do solo e doses de P. Para doses de Mn, apresentaram-se os resultados na forma gráfica contendo sua respectiva barra de erros com erro padrão da média.

A produção relativa entre adubações com P foi obtida por meio da equação:

$$PR = (\text{Valor } 50 \times \text{Valor } 250^{-1})100 \quad (1)$$

Em que, PR = produção relativa entre adubações com P (%); Valor 50 = Valor do desempenho da planta adubada com 50 mg kg⁻¹ de P (g ou cm); e Valor 250 = Valor do desempenho da planta adubada com 250 mg kg⁻¹ de P (g ou cm). Optou-se por demonstrar a produção relativa por meio de gráfico de barras com seu respectivo erro padrão da média. Optou-se também por colocar a barra de erros do erro padrão da média, por ser a mais adequada, segundo Paes (2008), quando se trata de fazer inferências sobre as médias. A construção dos gráficos foi realizada por meio da versão demonstrativa do aplicativo Sigma Plot 11.0 (Systat Software Inc).

Resultados e discussões

Todas as características avaliadas foram submetidas à análise de variância (p < 0,05), cujos resultados são apresentados na Tabela 1. Excluindo as médias da altura e matéria seca radicular das plantas de aveia para o Mn, todas as outras médias (altura, matéria

seca total, matéria seca da parte aérea e matéria seca radicular das plantas de aveia) foram estatisticamente influenciadas pela densidade do solo, P e Mn. As médias de altura de plantas de aveia não foram influenciadas por nenhuma interação dupla, ou seja, P x Mn, P x Ds e Ds x Mn. A média de matéria seca da parte aérea, já citada na frase anterior, não sofreu interferência da densidade do solo combinada com a adubação de P. Já a interação entre Ds x Mn só influenciou as médias de matéria seca total e matéria seca da parte aérea das

plantas de aveia. Por fim, houve interação significativa tripla, ou seja, entre os fatores P, Mn e densidade do solo para todas as médias das características avaliadas da planta de aveia preta.

Na comparação entre densidades do solo, é possível perceber que houve diferença entre todas as médias em todas as combinações de doses de nutrientes para as matérias secas avaliadas (Tabela 2). Houve um grande aumento nos valores de matéria seca da planta de aveia preta com a redução da

Tabela 1 - Resumo dos resultados da análise de variância para as características avaliadas (MSR – matéria seca radicular, MSPA – matéria seca da parte aérea, MST – matéria seca total e Altura) da planta de aveia preta, envolvendo diferentes densidades do solo (Ds), manejo de doses de fósforo (P), manejo de doses de manganês (Mn) e interações

Características avaliadas	\bar{X}	CV (%)	Quadrado médio						
			P	Mn	Ds	PxMn	PxDs	MnxDs	PxMnxDs
MSR (g vaso ⁻¹)	1,44	20,1	6,89**	0,23 ^{NS}	23,77**	0,64**	1,44**	0,10 ^{NS}	0,40**
MSPA (g vaso ⁻¹)	1,68	12,8	13,95**	0,15*	12,40**	0,22**	0,05 ^{NS}	0,35**	0,29**
MST (g vaso ⁻¹)	3,12	11,1	40,44**	0,56**	70,52**	1,55**	2,03**	0,48*	1,18**
Altura (cm vaso ⁻¹)	31,6	7,0	27,00**	10,53 ^{NS}	114,08**	12,67 ^{NS}	8,33 ^{NS}	12,97 ^{NS}	27,78**

Legenda: **,* = F significativo, nos níveis de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente e NS, não significativo; \bar{X} = média geral e CV = coeficiente de variação.

Tabela 2 - Matéria seca radicular (g vaso⁻¹), matéria seca da parte aérea (g vaso⁻¹), matéria seca total (g vaso⁻¹) e altura (cm vaso⁻¹) da planta de aveia preta submetidas a duas doses de fósforo em solos sem e com compactação em quatro níveis de adubação de manganês

Densidade do solo	P (mg Kg ⁻¹)							
	50				250			
	Mn (mg Kg ⁻¹)							
	0	5	10	20	0	5	10	20
Matéria seca radicular (g vaso ⁻¹)								
Ds 75	0,45 b	0,60 b	0,58 b	0,49 b	0,85 b	1,18 b	0,82 b	0,91 b
Ds 65	1,05 a	1,22 a	2,02 a	2,08 a	2,61 a	3,24 a	2,56 a	2,37 a
Matéria seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)								
Ds 75	0,62 b	0,69 b	0,69 b	0,68 b	1,30 b	2,03 b	1,73 b	1,67 b
Ds 65	1,35 a	1,19 a	1,69 a	2,25 a	3,01 a	2,63 a	2,68 a	2,74 a
Matéria seca total (g vaso ⁻¹)								
Ds 75	1,07 b	1,29 b	1,27 b	1,17 b	2,15 b	3,21 b	2,56 b	2,59 b
Ds 65	2,40 a	2,41 a	3,71 a	4,33 a	5,62 a	5,87 a	5,24 a	5,11 a
Altura (cm vaso ⁻¹)								
Ds 75	27 b	30 a	29 b	30 a	28 b	31 b	32 a	34 a
Ds 65	31 a	32 a	35 a	33 a	36 a	36 a	29 a	33 a

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott (1974).

densidade do solo (cerca de 60% de aumento para matéria seca – parte aérea, radicular e total e cerca de 15% para a altura de aveia). Geralmente, nas plantas, a compactação tende a causar diminuição na altura da planta, diminuição da matéria seca radicular e também da parte aérea, sistema radicular superficial e raízes mal formadas (MANTOVANI, 1987; SANTOS et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2005), em que a matéria seca da parte aérea do milho diminuiu com o aumento da densidade do solo.

Comparando as duas densidades do solo, observou-se similaridade entre os valores somente quando a característica da planta avaliada se referia à altura. Tal similaridade para altura, ou seja, o desempenho de altura semelhante entre os solos com 65 e 75% de grau de compactação, somente foi alcançada quando se utilizaram as doses de 50 mg kg⁻¹ de P com 5 e 20 mg kg⁻¹ de Mn e de 250 mg kg⁻¹ de P com 10 e 20 mg kg⁻¹ de Mn (Tabela 2).

Trabalhando com a cultura da soja, Baligar et al. (1975) atribuíram a uma resposta da maior adesão entre as partículas no solo compactado que promoveu às raízes uma maior exsudação de mucilagem. Cornish et al. (1984) citam que, em solos compactados, o P foi colocado em maior contato com as raízes, favorecendo sua disponibilidade

ou absorção. Imaginava-se que o mesmo poderia ocorrer com a cultura da aveia, porém, de acordo com a Tabela 2, tal efeito não ocorreu. Esperava-se que o manejo da adubação com P e Mn poderia amenizar o efeito da densidade do solo, mas a análise da matéria seca (MSPA, MSR e MST) da planta de aveia evidenciou um maior efeito da densidade do solo refletindo em menores valores. Tavares Filho et al. (1999), em seu trabalho, explicam que a estrutura do solo é modificada em função da compactação e que os macroagregados são destruídos, impedindo o crescimento de raízes e diminuindo o volume de solo explorado pelo sistema radicular. Refletindo, dessa forma, a redução, por exemplo, da matéria seca da planta.

Houve diferença estatística entre as duas doses de P em todas as condições para matéria seca da parte aérea e matéria seca total (Tabela 3). Percebe-se que a aplicação de 250 mg kg⁻¹ de P promoveu grandes incrementos na matéria seca (cerca de 60% para matéria seca radicular, 50% para matéria seca da parte aérea, 53% para matéria seca total). Isso ocorre graças à energia que o fósforo desprende quando associado com a fase sólida do solo, na qual somente uma parte do P total está em equilíbrio relativamente rápido com o fósforo da solução e pode ser utilizada pelas plantas durante

Tabela 3 - Matéria seca radicular (g vaso⁻¹), matéria seca da parte aérea (g vaso⁻¹), matéria seca total (g vaso⁻¹) e altura (cm vaso⁻¹) da planta de aveia preta submetidas a duas doses de fósforo em solos sem e com compactação em quatro níveis de adubação de manganês

Densidade do solo	P (mg Kg ⁻¹)							
	Ds 75				Ds 65			
	Mn (mg Kg ⁻¹)							
	0	5	10	20	0	5	10	20
Matéria seca radicular (g vaso ⁻¹)								
50	0,45 a	0,60 b	0,58 a	0,49 a	1,05 b	1,22 b	2,02 b	2,08 a
250	0,85 a	1,18 a	0,82 a	0,91 a	2,61 a	3,24 a	2,56 a	2,37 a
Matéria seca da parte aérea (g vaso ⁻¹)								
50	0,62 b	0,69 b	0,69 b	0,68 b	1,35 b	1,19 b	1,69 b	2,25 b
250	1,30 a	2,03 a	1,73 a	1,67 a	3,01 a	2,63 a	2,68 a	2,74 a
Matéria seca total (g vaso ⁻¹)								
50	1,07 b	1,29 b	1,27 b	1,17 b	2,40 b	2,41 b	3,71 b	4,33 b
250	2,15 a	3,21 a	2,56 a	2,59 a	5,62 a	5,87 a	5,24 a	5,11 a
Altura (cm vaso ⁻¹)								
50	27 a	30 a	29 a	30 b	31 b	32 b	35 a	33 a
250	28 a	31 a	32 a	34 a	36 a	36 a	29 b	33 a

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott Knott (1974).

seu ciclo de desenvolvimento (REICHERT, et al., 2009). Similarmente ao que ocorreu neste trabalho, Santos et al. (2005) observaram em seu trabalho que, em solos compactados, o fósforo funcionou como um fator de alívio do efeito da compactação. Da mesma forma, Santos (2001) informa que uma leve compactação pode possibilitar um maior crescimento de raízes, aumentando a disponibilidade de fósforo, ou seja, maior contato solo raiz favorecendo o processo de difusão.

Para matéria seca radicular em solos mais compactados (75%), apresentou-se resposta à adubação de P (250 em comparação a 50 mg kg⁻¹) quando se aplicou 5 mg kg⁻¹ de Mn. Nas demais doses de Mn, para essa mesma condição (solos mais compactados - 75%), não foi observado resposta ao incremento da adubação com P, refletindo o maior efeito da densidade do solo, como discutido anteriormente. Já para os solos com a menor

densidade (65%), houve diferenças entre as doses de P para todas as doses de Mn, exceto quando se aplicou 20 mg kg⁻¹ de Mn. Para este último, a maior adubação com Mn proporcionou valores similares de MSR entre as doses de P, entretanto, esse valor de MSR foi o menor encontrado para tal condição (densidade - 65%).

A combinação entre as máximas doses de P e Mn promoveu a única diferença, em solos mais compactados (75%), quando se analisou a altura da planta de aveia preta. Prado, Romualdo e Vale (2006), estudando resposta da aveia preta à aplicação de P, também verificaram diferenças significativas no desenvolvimento e produção de massa seca da aveia preta conforme variação das doses de P.

Os maiores valores de produção relativa entre a maior e a menor dose de P foram observados sempre para a condição com menor densidade do solo (Gráfico 1).

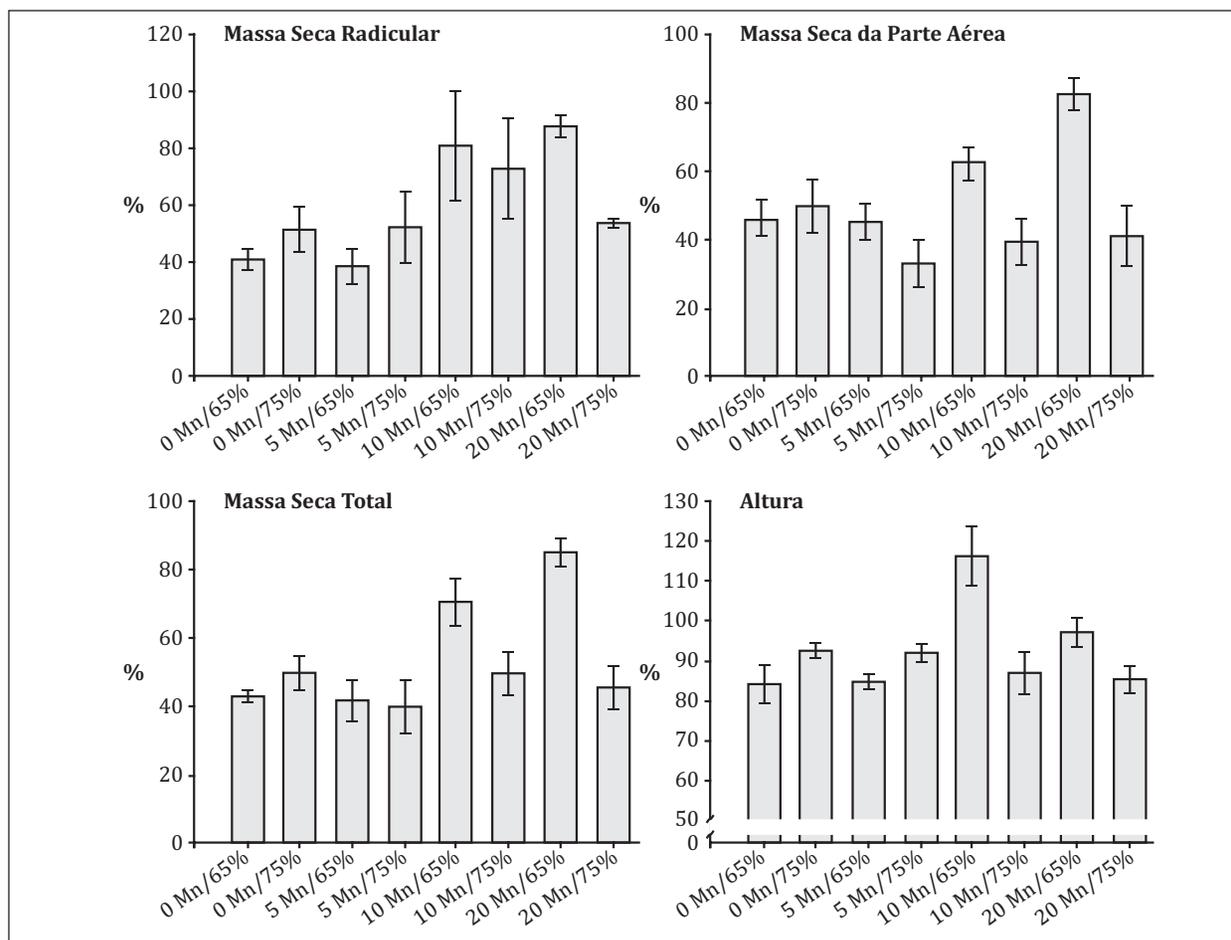


Gráfico 1 - Produção relativa entre adubações com P (relação entre 50 mg Kg⁻¹ com 250 mg Kg⁻¹ de P) nas quatro doses de Mn em solos com ou sem compactação

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: A barra de erros representa o erro padrão da média.

O que, mais uma vez, demonstra o maior efeito da densidade do solo para a planta de aveia. Detalhando a PR, para a maior densidade do solo aqui trabalhada em todas as características da planta de aveia avaliada, verifica-se que a adubação de Mn não demonstrou ser satisfatória. Por exemplo, mesmo aplicando-se mais Mn não houve maior efeito na PR quando não se aplicou Mn.

Mesmo em se tratando de um micronutriente, houve resposta positiva da planta de aveia com adubação de Mn (Gráfico 2). A resposta positiva ocorreu para todas as avaliações na planta de aveia (altura, matéria seca total, matéria seca da parte aérea e matéria seca radicular), com adubação com P de 50 mg kg⁻¹. Houve resposta positiva, ou seja,

incremento na avaliação realizada, também, para os vasos adubados com 250 mg kg⁻¹ de P e com a maior densidade (75%). Porém, esse incremento somente foi observado para a matéria seca da parte aérea, com os maiores valores alcançados com a adubação de 5 mg kg⁻¹ de Mn. Com essa mesma condição (adubação com 250 mg kg⁻¹ de P e com densidade a maior densidade - 75%), o mesmo foi observado ao caso anterior (MSPA) para matéria seca total, em que os maiores valores foram observados com a adubação de 5 mg kg⁻¹ de Mn. Para as outras condições de adubação com P e as diferentes densidades do solo, não foi observado conexão nos resultados, com os valores das avaliações na planta de aveia, aumentando ou reduzindo com a adubação com Mn.

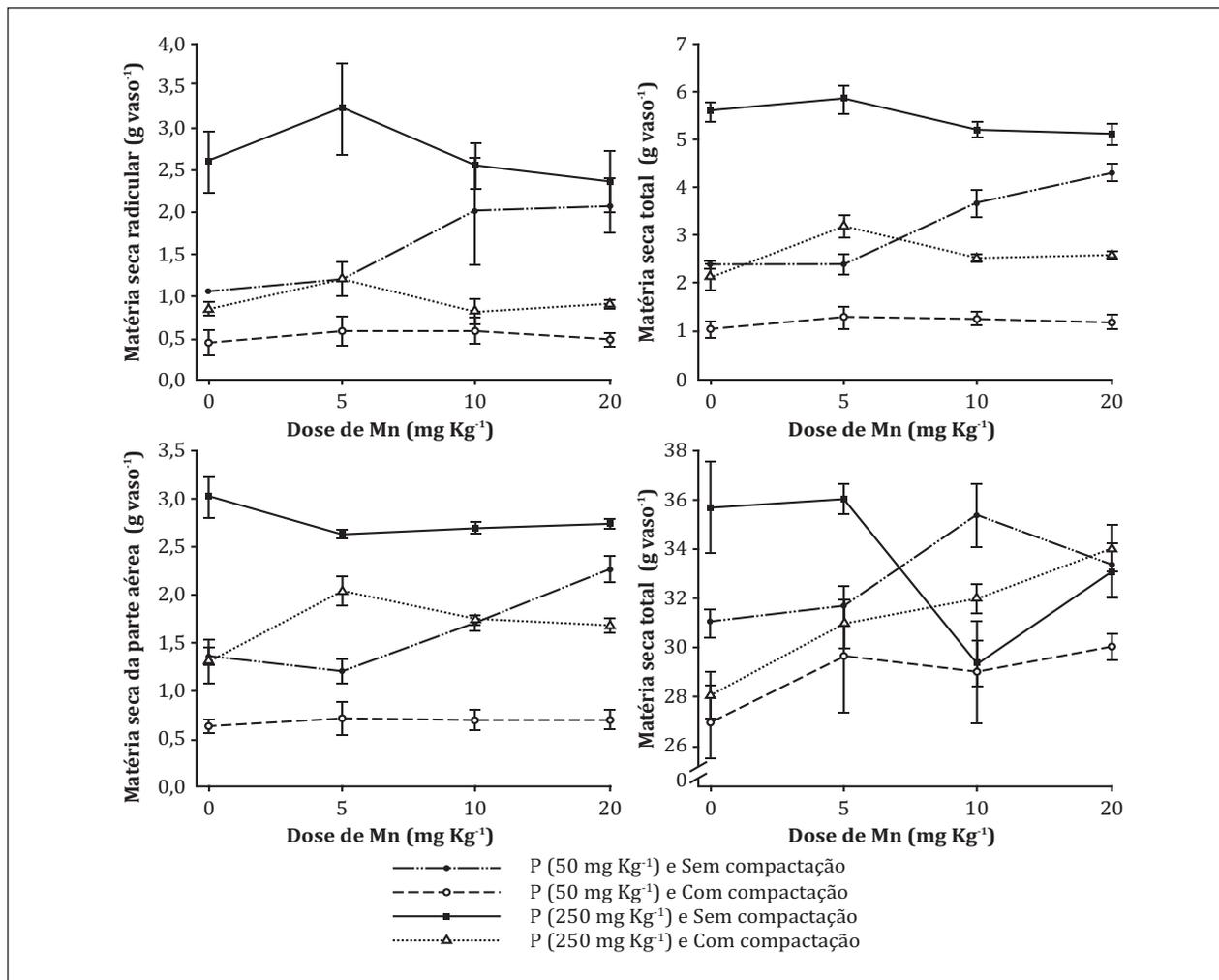


Gráfico 2 - Matéria seca radicular e matéria seca da parte aérea da planta de aveia preta em função de adubação de Mn nas duas doses de P em solos sem e com compactação

Fonte: Dados da pesquisa.

Nota: A barra de erros representa o erro padrão da média.

É bem ilustrado por Ferreira et al. (2009), em seu trabalho, que não obtiveram resposta da cultura trabalhada à aplicação de Mn, e esses autores justificam que já era de se esperar, pois o Mn é exigido em baixas concentrações para a produção de massa seca. Foi possível verificar também que, em solos com a maior densidade (75%) com 50 mg kg⁻¹ de P, não houve diferença entre as doses de Mn, para todas as características avaliadas da planta de aveia, portanto, mesmo aumentando a adubação de Mn em solos mais compactados, não houve o incremento em massa seca nem em altura na planta, graças a uma baixa adubação de P (Gráfico 2). A dose com 5 mg kg⁻¹ de Mn foi a que proporcionou melhor resposta à planta de aveia preta, na maioria dos casos.

Em alguns casos, (adubação com 250 mg kg⁻¹ de P e densidade - 65% e adubação com 50 mg kg⁻¹ de P e densidade - 75%) verificou-se que a maior dose de Mn proporcionou desempenho semelhante ou menor a quando não se adubou com Mn, ou seja, a não resposta à adubação com Mn foi observada nas piores e melhores condições propostas neste estudo, ou seja, menor dose de P e maior densidade do solo e maior dose de P e menor densidade do solo, respectivamente. Salvador et al. (2003) citam em seu trabalho que, em alguns casos, o excesso do nutriente em questão pode ser tão prejudicial quanto sua ausência.

Conclusões

A densidade do solo exerceu influência negativa na produção de aveia preta. A adubação com fósforo funcionou como um fator de alívio da densidade do solo, resultando em maior produção para uma mesma densidade do solo para a maioria das características da planta de aveia avaliada. A adubação de Mn não refletiu em melhora da produção de aveia.

Agradecimentos

Ao Departamento de Ciência do Solo da Universidade de Lavras (UFLA), pela concessão do espaço físico, bem como pelo apoio material e laboratorial.

Referências

- ARAUJO, M. A. Influência das propriedades físicas do solo sobre a nutrição de plantas. **Divulgação Técnica**: Manah, n. 177, mar - abr, 2008.
- BALIGAR, V. C. et al. Soybean root anatomy as influenced by soil bulk density. **Agronomy Journal**, v. 67, n. 6, p. 842-844, 1975.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Conceitos Gerais de Compactação do solo**. 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>.> Acesso em: 16 out. 2009.
- CORNISH, P. S.; SÓ, H. B.; McWILLIAM, J. R. Effects of soil bulk density and water regime on root growth and uptake of phosphorus by ryegrass. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 35, n. 5, p. 631-644, 1984. doi:10.1071/AR9840631.
- DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, N. D. Sistema agrícola produtivo: fator de promoção da fertilidade integral do solo. In: WORKSHOP SOBRE O SISTEMA PLANTIO DIRETO NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005, Campinas. **Anais...** Piracicaba: FUNDAÇÃO AGRISUS; FEALQ; Campinas: IAC, 2005. p. 156-167.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR: Sistema de Análise de Variância para Dados Balanceados**. Lavras: UFLA, 1999.
- FERREIRA, E. V. O. et al. Manganês na nutrição mineral de cultivares de arroz de terras altas. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 39, n. 2, p. 151-157, 2009.
- MANTOVANI, E. C. Compactação do solo. **Informe Agropecuário**, v. 13, n. 147, p. 52-55, 1987.
- PAES, A. T. Desvio padrão ou erro padrão: Qual utilizar? **Einstein: Educação Continuada em Saúde**, v. 6, (3 Pt2), p. 107-108, 2008.
- PASSIOURA, J. B.; LEEPER, G. W. Soil compaction and manganese deficiency. **Nature**, v. 200, p. 29-30, 1963. doi:10.1038/200029a0.
- PRADO, R. M.; ROMUALDO, L. M.; VALE, D. W. Resposta da aveia preta à aplicação de fósforo sob duas doses de nitrogênio em condições de casa de vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 527-533, 2006. doi:10.4025/actasciagron.v28i4.895.

REICHERT, J. M. et al. **Solos Florestais**. Santa Maria, 2009. Disponível em: < http://www.fisicadosolo.ccr.ufsm.queos.com.br/downloads/ Disciplinas/SolosFlorestais/Apostila_Teorica%20SF.pdf>. Acesso em: 13 out. 2011.

SANTOS, G. A. **Graus de compactação e adubação fosfatada no crescimento e nutrição do milho (*zea mays* L.) em solos distintos**. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SANTOS, G. A. et al. Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. **Ciência e agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 740-752, 2005. doi:10.1590/S1413-70542005000400005

SALVADOR, J. O. et al. Influência do boro e do manganês no crescimento e na composição mineral de mudas de goiabeira. **Ciência e agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 325-331, 2003. doi:10.1590/S1413-70542003000200011.

TAVARES FILHO, J. et al. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 2, p. 405-11, 1999.

Recebido: 08/07/2011

Received: 07/08/2011

Aprovado: 06/08/2012

Approved: 08/06/2012