



Artigo Original

Impacto da densidade do solo sobre o crescimento de variedades de milho

Tamara Rocha dos Santos^{1*}, Wilson Mozena Leandro², Raiane Ferreira de Miranda¹, Elson de Jesus Antunes Júnior¹, Raysa Marques Cardoso¹

¹Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). Rod. Goiânia-Nova Veneza, Km 0, Campus II (Samambaia), CEP: 74001-970 Goiânia-GO. *Autor de correspondência: tamara.rs@hotmail.com.

²Professor, Universidade Federal de Goiás (EA/UFG). Rod. Goiânia-Nova Veneza, Km 0, Campus II (Samambaia), CEP: 74001-970 Goiânia-GO.

INFO ARTIGO

Histórico do artigo
Recebido: 07 fevereiro 2018
Aceito: 25 abril 2018

Palavras-chaves:

Compactação
Densidade do solo
Sistema radicular

RESUMO

Em solos compactados, as raízes encontram impedimento físico que limita o crescimento e sustentação da planta, por reduzir a exploração de camadas úmidas do solo e o acesso a nutrientes que se encontram distribuídos no perfil. Com a expansão do plantio direto, cresce a busca por cultivares usada como planta de cobertura e atuam na descompactação do solo. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento aéreo e desenvolvimento radicular de três cultivares de milho sob três níveis de compactação do solo. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 3x3, sendo três cultivares de milho: comum, ANM-17 e ANM-25, e três níveis de camada compactada do solo: $1,20 \pm 0,03$; $1,31 \pm 0,03$ e $1,44 \pm 0,03$ Mg m⁻³, com quatro repetições. Foram montados, em tubos PVC, três camadas de solo, onde a superior e inferior apresentavam altura de 0,20 m, enquanto que a camada compactada (média) possuía altura de 0,05 m. Avaliou-se a altura, diâmetro do colmo, área foliar, fitomassa da parte aérea e a do sistema radicular. Os resultados demonstram que o crescimento aéreo e desenvolvimento radicular do milho não diferem entre as cultivares avaliadas, e que o efeito da compactação limita para as três cultivares a produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular

1. Introdução

A compactação do solo pode ser ocasionada trânsito de máquinas e ação de implementos agrícolas durante o preparo do solo, semeadura, tratamentos culturais, colheita e transporte das culturas. Sua ocorrência pode ocasionar retardo no desenvolvimento das culturas, sistema radicular superficial, raízes mal formadas, aumento da resistência mecânica ao crescimento radicular, além da redução na taxa de infiltração da água no solo, na macroporosidade, na aeração e na disponibilidade de água e nutrientes às plantas (Piffer & Benez, 2009).

A ocorrência da compactação resulta no aumento da resistência à penetração do solo e, por consequência, afeta a produtividade das culturas agrícolas (Fagundes et al., 2014). Solos sob acentuada compactação sofre modificações no sistema radicular das culturas (Valadão et al., 2015).

O cultivo em solo compactado acarreta em alterações morfológicas e fisiológicas das raízes, por vezes específicas a cada espécie ou cultivar, com finalidade de se adaptarem ao ambiente (Müller et al., 2001). Impactos negativos nas propriedades físicas do solo podem causar diminuição no

comprimento do sistema radicular e aumento no seu diâmetro, em decorrência do aumento da resistência mecânica oferecida por solos compactados para o desenvolvimento das raízes (Vepraskas, 1994; Santos et al., 2005).

Uma das alternativas para reduzir e amenizar os efeitos da compactação do solo se refere ao uso de espécies que tenham sistema radicular austero com capacidade de crescimento em solos com elevada resistências à penetração. As plantas de cobertura utilizadas como descompactadoras de solo, possibilitam uma ruptura da camada compactada em razão da uniformidade da distribuição de raízes ao longo do perfil (Guimarães et al., 2013).

Neste sentido, o elevado crescimento radicular do milho (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) pode auxiliar na descompactação do solo através da constituição de canais preferenciais para o escoamento da água e crescimento de raízes das culturas anuais sucessoras (Herrada et al., 2017). Além de ser uma gramínea anual que atualmente apresenta um aumento da área plantada, sobretudo nas regiões de Cerrado (Teodoro et al., 2015), bem como, oferece melhores

condições físicas para o desenvolvimento das raízes de espécies sensíveis a solos compactados (Jimenez et al., 2008).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento aéreo e desenvolvimento radicular de cultivares de milho sob três níveis de camada de solo compactada.

2. Material e métodos

O estudo foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Goiás, UFG, em Goiânia, GO, com coordenadas geográficas de 16° 35' 12" S, 49° 21' 14" W, e altitude de 730 m. O clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger é do tipo tropical Aw, quente e semi-úmido com estação seca bem definida. A temperatura média anual é de 22,9 °C. As chuvas concentram-se nos meses de outubro a abril e a média anual de precipitação é de 1.520 mm.

Foram utilizadas amostras deformadas de solo coletado na profundidade de 0-20 cm, sendo peneirado (peneira de 2 mm) e seco ao ar. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho de textura média (EMBRAPA, 2006), cuja frações granulométricas do solo equivaleram a: 380 g kg⁻¹ argila, 220 g kg⁻¹ de silte e 400 g kg⁻¹ de areia (Donagema et al., 2011). Quimicamente, segundo Donagema et al. (2011), o solo apresenta: 16,3 g kg⁻¹ de MO; pH (CaCl₂) = 4,9; 5,2 mg dm⁻³ de P_{melich}; 40 mg dm⁻³ de K; 1,1 cmolc dm⁻³ de Ca; 0,7 cmolc dm⁻³ de Mg; 3,0 cmolc dm⁻³ de H + Al; 5,0 cmolc dm⁻³ de CTC; 39,0% de saturação por bases (V%). Não foi realizada adubação mineral para a condução do experimento, partindo-se do pressuposto de que o milho seria utilizado como cultura de sucessão sem valor econômico, apresentando como principal característica a função de agente biológico na descompactado do solo.

Colunas de PVC foram utilizadas para instalação do experimento. As colunas foram separadas em três camadas: superior e inferior com diâmetro interno de 0,097 m e altura de 0,20 m, e central com diâmetro interno de 0,097 m e altura de 0,05 m. As colunas superior e inferior foram preenchidas com solo na densidade de 1,08 ± 0,02 mg m⁻³, sendo que apenas o solo da camada central foi compactado artificialmente. Em seguida as 3 colunas foram unidas com fita adesiva plástica, que evita a perda de água e saída das raízes entre as junções. Foram semeadas 10 sementes de milho, após germinação foi realizado o desbaste, mantendo-se duas plantas por coluna de solo.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 3 x 3, com quatro repetições. Os tratamentos foram definidos por três cultivares de milho: Comum, ANM-17 e ANM-25, e três níveis de compactação do solo correspondentes às densidades de 1,20 ± 0,03; 1,31 ± 0,03 e 1,44 ± 0,03 Mg m⁻³, respectivamente.

Foi adotado o manejo de irrigação sem restrição hídrica, repondo-se 100% da evapotranspiração máxima do milho, por meio da pesagem das colunas de PVC, com frequência diária.

O crescimento das plantas de milho foi realizado pelas avaliações de altura (partindo da base até a inserção da última bainha completamente visível), diâmetro do colmo (com o auxílio de um paquímetro digital, partindo da base da planta), número de folhas, área foliar (medições do comprimento e diâmetro do limbo foliar na porção mediana da folha diagnóstico da cultura, com auxílio de uma fita métrica) segundo metodologia descrita por Schiavuzzo et al. (1998). Avaliou-se ainda, a produção de fitomassa, separando-se a parte aérea e raízes. Para tanto, as amostras do tecido vegetal foram devidamente lavadas em solução detergente 0,1%, solução ácida 0,3% e água destilada, para posterior secagem em estufa e determinação da fitomassa seca. Todas essas avaliações foram realizadas aos 58 dias após a semeadura.

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade e suas médias

foram submetidas ao teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. Em todos os procedimentos estatísticos descritos foi utilizado o software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011).

3. Resultados e discussão

O diâmetro de colmo (DC), altura da planta (AP) e área foliar do milho (AF) não diferiram estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 1). Para massa seca da parte aérea (MSPA), foi constatada diferenças estatística apenas para as diferentes densidades do solo, não sendo verificada diferença entre as cultivares de milho utilizadas e na interação cultivar e densidade do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância expressa pelo quadro médio das variáveis diâmetro (DC, mm), altura (AP, cm), área foliar (AF, cm²) e massa seca da parte aérea (MSPA, g 2 plantas⁻¹) do milho.

Tratamento	GL	DC	AP	AF	MSPA
Cultivar (C)	2	0,35 ^{ns}	11,75 ^{ns}	81090,70 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Densidade (D)	2	0,63 ^{ns}	73,96 ^{ns}	97604,38 ^{ns}	1,19 [*]
C x D	4	0,25 ^{ns}	140,48 ^{ns}	167464,59 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Resíduo	27	0,29	108,58	75941,52	0,14
	C.V. (%)	13,90	49,27	27,82	32,42
	Média	3,862	21,147	9,904	1,147

^{ns}: não significativo (P>0,05); ^{*} significativo à 5% de probabilidade (P<0,01); C.V.: Coeficiente de Variação

Os resultados demonstram que as cultivares apresentam o mesmo desempenho quanto o desenvolvimento para as variáveis supracitadas, e que a compactação do solo avaliada nesse estudo não limita o desenvolvimento da planta, com exceção à MSPA. Em estudos com plantas de coberturas, diversos autores (Dezordi et al., 2013; Pacheco et al., 2015) evidenciaram o efeito negativo da compactação do solo sobre o crescimento destas, no entanto, tal efeito está associado ao nível de compactação do solo e localização da camada compactada. Como a camada intermediária do solo foi compactada, as plantas conseguiram na camada de 0,20 m desenvolver o sistema radicular e extrair na matriz do solo água e nutrientes necessários ao crescimento da parte aérea.

A produção de MSPA aérea para cultivares de milho em função da densidade do solo é apresentada na Figura 1.

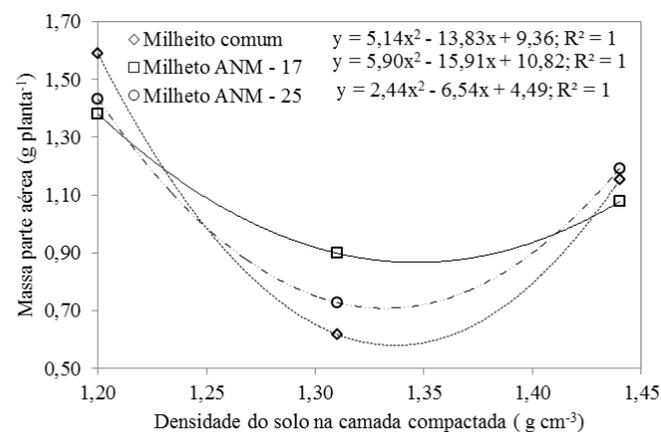


Figura 1. Massa seca da parte aérea, em gramas por duas plantas, do milho e seu respectivo erro-padrão em função da densidade do solo na camada compactada. (Letra maiúscula: densidade, letra minúscula: variedade) y: massa parte aérea; x: densidade do solo.

Lima et al. (2015) verificaram que para o milho ANM 17 os maiores valores de fitomassa seca de parte aérea (FSPA) foram encontrados na densidade calculada de 1,30 e 1,41 Mg m⁻³ respectivamente, reforçando que mesmo em uma densidade maior o milho consegue ter um bom desenvolvimento. Em experimentos feitos por Gonçalves & Jimenez (2006), com híbridos de milho submetidos a compactação, para as quantidades de massa seca de parte aérea houve redução de 27% em média, quando avaliou entre a menor e maior densidade do solo, e por fim, como foi constatado por Piffer et al. (2010), o milho consegue proporcionar grandes quantidades de massa seca de parte aérea mesmo com o aumento da densidade do solo, sendo observado neste experimento que a quantidade de FSPA na densidade de 1,44 Mg m⁻³ foi maior do que a densidade de 1,31 Mg m⁻³.

Quando a produção de fitomassa seca do sistema radicular, não foi observado efeito da interação entre as cultivares de milho avaliadas e os níveis de compactação do solo, o que refuta a hipótese inicial deste estudo. Todavia o aumento gradual da densidade do solo na camada compactada influenciou nos resultados da variável supracitada (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância expressa pelo quadro médio das variáveis fitomassa seca de raízes (g 2plantas⁻¹) do milho na camada superior, compactada e inferior.

Tratamento	GL	Superior	Compactada	Inferior
Variedade (V)	2	0,006 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,006 ^{ns}
Densidade (D)	2	0,064 ^{ns}	0,030 [*]	0,057 ^{ns}
V*D	4	0,012 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Resíduo	27	0,048	0,003	0,035
	C.V. (%)	42,53	45,53	46,68
	Média	0,513	0,124	0,401

^{ns} não significativo (P>0,05); ^{*} significativo à 5% de probabilidade (P<0,05); C.V.: Coeficiente de Variação.

Foi observado efeito negativo da resistência física imposta pela compactação sobre a massa seca de raízes (Figura 2). A tendência crescente na produção de fitomassa de raízes a partir da densidade de 1,31 g cm⁻³, está associada, possivelmente, as alterações fisiológicas e morfológicas no sistema radicular em função da resistência mecânica do solo sob seu desenvolvimento (Foloni, 2003), o que leva ao incremento de diâmetro das raízes e maior acúmulo de carboidratos.

Foi observado, em média das cultivares, maior fitomassa seca de raízes na camada superficial (49,42%), inferior (38,63%) e compactada (11,95%), respectivamente. A distribuição das raízes nessas proporções indicam o efeito do impedimento físico, representado pela camada compactada, sob o desenvolvimento radicular do milho, o que proporcionou menor fitomassa seca de raízes na camada inferior da coluna de solo em comparação à superficial. Por outro lado, os resultados demonstram o potencial dessa cultura para atuar na descompactação e estruturação do solo (Moraes et al., 2016), haja visto que mesmo com o impedimento físico as raízes conseguiram aprofundar na coluna de solo.

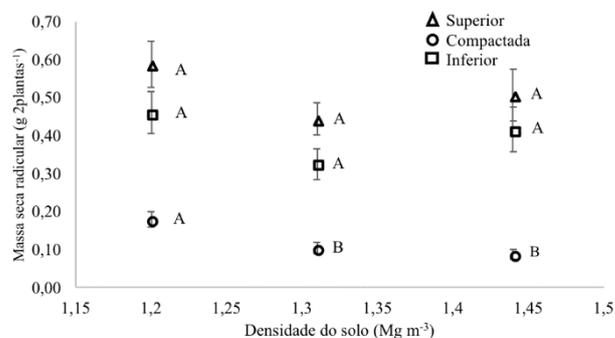


Figura 2. Fitomassa seca de raízes do milho, em gramas por duas plantas, e seus respectivos erros-padrão na camada superior (triângulo), compactada (círculo) e inferior (quadrado) em função da densidade do solo na camada compactada. (Letra igual não apresenta diferença estatística entre as densidades avaliadas).

O crescimento radicular em camadas abaixo da compactada é associado à heterogeneidade do solo, com regiões de maior e menor resistência ao crescimento das raízes, e aos mecanismos que a planta apresenta para penetrar nessas camadas compactadas de menor resistência (Reichert et al., 2007). Estudos neste contexto (Guimarães et al., 2013, Lima et al., 2015) tem demonstrado que o milho apresenta rusticidade que confere à planta capacidade de atuar no rompimento de camadas compactadas do solo, e ainda potencial como planta de cobertura, uma vez que, como apresentado nesse estudo, o desenvolvimento aéreo da planta não é prejudicado pelo gasto de energia no desenvolvimento do sistema radicular para atuar na descompactação do solo.

4. Conclusões

Conclui-se que o crescimento aéreo e desenvolvimento radicular não difere entre as três cultivares de milho avaliadas neste estudo. Por outro lado, o efeito isolado da compactação do solo limita a produção de massa seca da parte aérea e do sistema radicular, para as cultivares avaliadas.

5. Referências

- Dezordi, G. B., Mendes, K. F., Macedo, F. G., Camacho, M. A., Coletti, A. J., & Gouveia, R. G. L. (2013). Desenvolvimento aéreo e radicular de espécies vegetais em Latossolo Vermelho distroférico sob compactação induzida. *Revista Scientia Plena*, 9 (5), 1-6.
- Donagema, G. K., Campos, D. D., Calderano, S. B., Teixeira, W. G., & Viana, J. H. M. (2011). (Org.) *Manual de métodos de análise de solos*. 2. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- Fagundes, E. A. A., Silva, T. J. A. da., & Bonfim-Silva, E. M. (2014). Desenvolvimento inicial de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo submetidas a níveis de compactação do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(2), 188-193.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35 (6), 1039-1042.
- Foloni, J. S. S., Calonego, J. C., & de Lima, S. L. (2003). Efeito da

- compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38(8), 947-953.
- Gonçalves, W. G., & Jimenez, R. L. (2006). Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo. *Engenharia Agrícola*, 26 (1), 67-75.
- Guimarães, C. V., Assis, R. L., Simon, G. A., Pires, F. R., Ferreira, R. L., & Santos, D. C. (2013). Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido a compactação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17 (11), 1188-1194.
- Herrada, M. R., Leandro, W. M., & Ferreira, E. P. B. (2017). Leguminosas isoladas e consorciadas com milho em diferentes sistemas de manejo do solo no feijão orgânico. *Terra Latinoamericana*, 35 (4), 293-299.
- Jimenez, R. L., Gonçalves, W. G., Araujo Filho, J. V., Assis, R. L., Pires, F. R., & Silva, G. P. (2008). Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, 12 (2), 116-121.
- Lima, L. B., Petter, F. A., & Leandro, W. M. (2015). Desempenho de plantas de cobertura sob níveis de compactação em Latossolo Vermelho de Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (11), p. 1064-1071.
- Moraes, M. T., Debiasi, H., Franchin, J. C., & Silva, V. R. (2016). Benefícios das plantas de cobertura sobre as propriedades físicas do solo. In: TIECHER, T. (Org.). *Práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água*. Porto alegre: UFRGS, 34-49.
- Müller, M. M. L., Ceccon, G., & Rosolem, C. A. (2001). Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25 (3), 531-538.
- Pacheco, L. P., Miguel, A. S. D. C. S., Silva, E. M. D., Souza, E. D., & Silva, F. D. (2015). Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45 (4), 464-472.
- Piffer, C. R., & Benez, S. H. (2009). Demanda energética de uma semeadora de fluxo contínuo em três sistemas de manejo do solo. *Revista Energia na Agricultura*, 24 (4), 21-32.
- Piffer, C. R., Benez, S. H., Bertolini, E. V., Cominetti, F. R., & Silva, P. R. A. (2010). Crescimento radicular de três espécies de cobertura vegetal em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 1, 31-43.
- Reichert, J. M., Suzuki, L. E. A. S., & Reinert, D. J. (2007). Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: Cerreta, C. A., Silva, L. S. da., Reichert, J. M. (Ed.). *Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 5, 49-134.
- Santos, G. A., Souza, C. A. S., Dias Junior, M. S., Furtini Neto, A. E., & Guimarães, P. T. G. (2005). Diferentes graus de compactação e fornecimento de fósforo influenciando no crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.) cultivadas em solos distintos. *Ciência Agroecológica*, 29 (4), 740-752.
- Schiavuzzo, P. F., Monteiro, F. A., Carmello, Q. A. C. et al. (1998). Determinação do fator de correção para estimativa da área foliar em braquiária Marandu, cultivada em doses de nitrogênio. In: *Simpósio de Iniciação científica da USP*, São Paulo.
- Teodoro, P. E., Ribeiro, L. P., Corrêa, C.G.C., Luz Junior, R. A. A., Souza, M. C., Simões, M.S., et al. (2015). Phytosociology of weeds in millet under different soil managements in savanna sul-mato-grossense. *Bioscience Journal*, 31(4) 988-996.
- Valadão, F. C. A., Weber, O. L. S., Valadão Júnior, D. D., Scapinelli, A., Deina, F. R., & Bianchini, A. (2015). Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 39, 243-255.
- Vepraskas, M. J. (1994). Plant response mechanisms to soil compaction. In: Wilkinson, R. E. *Plant-environment interactions*. [S.l.: s.n.], 263-287.