
ALTERNATIVAS PARA MELHORAR A ESTABILIDADE PRODUTIVA DA SOJA EM PLANOSSOLOS NO SUL DO BRASIL

Gabriel Donato¹, Enio Marchesan², Eduardo Iansen Cassanego³, Tiago Bernardo Weise⁴, Benhur Sari Severo⁵, Uashington da Silva Riste⁶, Mariana Miranda Wruck⁷, Eduarda Silva Severo⁸.

Palavras-chave: *Glycine max*, terras baixas, sistemas de descompactação do solo.

INTRODUÇÃO

Anualmente, próximo a um milhão de hectares são destinados ao cultivo do arroz irrigado em áreas de terras baixas. Entretanto, de forma mais intensa, na última década vem sendo realizada a rotação de culturas com soja. Na safra 2021/22 a área semeada de soja esteve próxima a 408 mil hectares, ocupando em torno de 40% das áreas anteriormente cultivadas apenas com arroz irrigado (IRGA, 2022). No entanto, a produção nesse ambiente é cercada de desafios, os quais atualmente são responsáveis por manter a produtividade média dessas áreas em torno de 2,2 Mg ha⁻¹ (IRGA, 2022), aproximadamente 40% menos que a média das áreas de terras altas do estado (CONAB, 2022).

Dentre os principais fatores que restringem a produtividade da soja nesse ambiente, pode-se destacar a compactação em sub-superfície (MORAES et al., 2016). No entanto, mesmo dentro da própria classificação dos Planossolos essa compactação superficial varia em profundidade e espessura. O adensamento mais pronunciado é causado pela associação das características naturais desses solos a algumas práticas de preparo das áreas, como gradagem e aplainamento, realizadas muitas vezes sob teor de umidade inadequado (THEISEN et al., 2017). Essa característica é importante para a retenção de água no cultivo do arroz, porém indesejada para a cultura da soja. Nesse sentido, o aumento da densidade tende a agravar problemas relacionados à estrutura do solo, resultando em redução da macroporosidade e, conseqüentemente, da aeração e infiltração de água no solo (SARTORI et al., 2016). Como resultado dessas alterações, podem-se destacar as frequentes oscilações entre períodos de déficit de oxigênio e de déficit hídrico.

Desse modo, práticas de manejo que minimizem os efeitos oriundos da compactação do solo e do déficit hídrico são muito importantes para que se tenha um

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, CEP 97105-900. E-mail: gabriel.donato@hotmail.com

² Prof. Dr. do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: eniomarchesan@gmail.com

³ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: eicassanego@hotmail.com

⁴ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: weisetiago@gmail.com

⁵ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: benhursevero2001@gmail.com

⁶ Acadêmico do curso de Engenharia dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: uashington03@gmail.com

⁷ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: marianamwruck@gmail.com

⁸ Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, E-mail: eduardasevero2000@gmail.com

cultivo de soja com menores riscos nessas áreas de arroz irrigado. Algumas dessas práticas, como escarificação, gradagem e sulcos/camalhão são realizadas antes da semeadura, em período com menor demanda de mão de obra e máquinas na propriedade, aumentando a produtividade de grãos (SARTORI et al., 2016). Outra alternativa é o uso de mecanismos acoplados a semeadora adubadora, com destaque para a haste sulcadora e o disco turbo com os quais é possível romper parte da camada compactada e realizar a semeadura em apenas uma operação (SARTORI et al., 2016; COELHO et., 2020). No entanto, estudos tem sido conduzidos isoladamente, o que limita a projeção de suas informações para as demais regiões produtores do estado.

Dessa forma, fazer um estudo amplo com alternativas que visem reduzir estresses às plantas em diversas condições ambientais é relevante a fim de compreender quais são as maiores restrições ao aumento do cultivo de soja em rotação com o arroz, além de verificar a amplitude das respostas a diferentes sistemas de cultivo. Nesse sentido, o estudo tem por objetivo avaliar os benefícios nos atributos físicos de solo e no crescimento e produtividade de grãos da soja em função de manejos de solo realizados na entressafra e mecanismos sulcadores associados à semeadora-adubadora em Planossolos do estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos a campo em cinco locais do estado do Rio Grande do Sul durante a safra agrícola 2019/20. Foram implantados experimentos nos municípios de Santa Maria, Dom Pedrito, Candelária, Jaguarão, e Arroio Grande. Os experimentos foram alocados em áreas de produção de arroz irrigado, em solos classificados como Planossolos. Entre 15 e 25 dias antes da semeadura, realizou-se a caracterização física dos locais, a fim de mensurar a resistência à penetração mecânica das áreas (Tabela 3). Para isso, foi utilizado penetrômetro digital da marca Falker, modelo PLG 1020, realizando 40 amostras por local até a profundidade de 0,4 m.

Tabela 1 – Caracterização da resistência à penetração mecânica das áreas. Santa Maria, RS. 2022.

Prof.(m)	Resistência à penetração (MPa)				
	Santa Maria	Candelária	Dom Pedrito	Arroio Grande	Jaguarão
0,0-0,1	1,4	1,4	2,1	1,3	1,5
0,1-0,2	2,1	3,4	2,7	2,8	2,9
0,2-0,3	2,2	3,2	3,2	2,0	2,7
0,3-0,4	2,5	2,2	2,8	1,3	2,6

Os experimentos foram alocados a campo no delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por manejos de solo realizados no período da entressafra e por mecanismos sulcadores na deposição do fertilizante à semeadora-adubadora, sendo eles: (A1) semeadura sem preparo do solo + disco duplo (0,08m de profundidade) na semeadora (SSPS+DD); (A2) semeadura sem preparo do solo + haste sulcadora (0,20m) (SSPS+HS); (A3) semeadura em solo gradeado (0,15m) + DD (Gradagem+DD); e (A4) semeadura em solo escarificado (0,35m) + DD (Escarificação+DD).

A semeadura da soja foi realizada com semeadoras-adubadoras pantográficas com espaçamento de 0,5 m entre linhas. A densidade de semeadura foi de 30,6 sementes m⁻². A adubação de base foi de 18 kg ha⁻¹ de N, 72 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 72 kg ha⁻¹ de K₂O na linha de semeadura. No estágio fenológico V3 (FEHR; CAVINESS, 1977), aplicou-se em

superfície mais 40 kg ha⁻¹ de K₂O. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a cultura (CARAFFA et al., 2018).

Para as avaliações de comprimento radicular, coletou-se um monólito de solo de 0,3 x 0,2 m (largura e profundidade) contendo três plantas em sequência na linha de cultivo. Após, foi realizada a lavagem das mesmas para a separação do solo. O comprimento radicular (CRP) foi determinado com o auxílio de uma régua graduada.

O rendimento de grãos foi avaliado através da colheita de área de 7,5 m², sendo posteriormente realizada a trilha, pesagem e retirada da impureza das amostras. A umidade dos grãos foi corrigida para 13% e expressa em kg ha⁻¹.

A análise da variância foi realizada através do teste F, sendo as médias quando significativas, comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As áreas onde foram realizados os experimentos apresentavam histórico de elevada resistência à penetração mecânica, com presença de camada compactada variando em grau de intensidade, profundidade e espessura em função de cada local (Tabela 1). Estas variações podem ter influenciado nos parâmetros avaliados.

Para o comprimento da raiz principal (CRP), pode-se verificar na análise conjunta dos ambientes diferenças significativas entre os manejos de solo estudados (Tabela 2). As respostas estão relacionadas diretamente a profundidade de atuação de cada sistema. Nesse sentido, quando utilizado manejos que melhoram os atributos físicos do solo, principalmente em camadas mais profundas, verifica-se o aumento do crescimento de raízes. Foi observado que os tratamentos escarificação+DD apresentou maior crescimento radicular, seguido da SSPS+HS gradagem+DD e do SSPS+DD. Em função disso, as plantas de soja ficaram menos predispostas à ocorrência de estresses hídricos, tanto por falta como por excesso de água.

Tabela 2 - Comprimento da raiz pivotante (CRP) em função de manejos do solo na entressafra e de mecanismo sulcadores da semeadora-adubadora em Planossolos, em cinco locais do estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS. 2022.

Manejos	CRP (cm)					
	Santa Maria	Candelária	Dom Pedrito	Arroio Grande	Jaguarão	Média dos locais
DD	14,8 d ⁽¹⁾	15,6 c	12,6 c	11,3 c	14,3 b	13,7 D
HS	22,1 b	22,1 b	22,0 a	15,5 b	17,2 b	19,8 B
GA	17,7 c	18,1 c	18,9 b	14,9 b	15,9 b	17,1 C
ESC	25,6 a	25,3 a	22,5 a	20,5 a	21,1 a	23,0 A
Média	20,1	20,3	19,0	15,6	17,1	-
CV (%)	12,7	13,1	10,3	9,1	17,1	-

Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada local. Letras maiúsculas comparam os tratamentos para todos os locais. ⁽¹⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo a nível de 5% de probabilidade do erro. DD: disco duplo. HS: haste sulcadora. GA: gradagem. ESC: escarificação.

A taxa de alongamento de uma raiz é reduzida pelas limitações físicas impostas pelo solo, mudando a anatomia do crescimento em suas estruturas primárias (raiz pivotante) e secundárias (MORAES et al., 2020). As raízes por sua vez já possuem adaptações fisiológicas que conferem crescimento em condições mais restritivas. Essas alterações consistem na proteção do meristema apical, através da excreção de

mucilagem e do desprendimento das células da capa da raiz, lubrificando a interface solo-raiz e assim, diminuindo o atrito (BENGOUGH, 2011). Contudo, o fator mais preponderante para a manutenção de elevadas taxas de alongamento radicular devem-se as estruturas de solo e a continuidade dos espaços porosos (JIN et al., 2013).

Por fim, para a produtividade da soja a exceção de Santa Maria onde foi realizada duas irrigações, foi observado baixo rendimento de grãos na média do experimento, fato diretamente ligado ao déficit hídrico registrado durante a presente safra. No entanto, mesmo em condições restritivas ao cultivo é importante destacar as diferenças de produtividades entre os tratamentos. Desse modo, o manejo com escarificação se sobressaiu em relação aos demais apresentando a maior média entre os tratamentos, sendo 14, 17 e 28% superiores a haste sulcadora, grade aradora e semeadura direta com disco duplo, respectivamente. De maneira semelhante, Sartori et al. (2015) verificaram que em áreas de terras baixas a escarificação incrementou em 26% o rendimento de grãos em comparação à semeadura direta.

Nesse sentido, observa-se que o menor rendimento de grãos foi para o manejo de semeadura com disco duplo, o qual as plantas apresentaram o menor crescimento do sistema radicular, muito provavelmente pela menor ação de mobilização do solo proporcionado por este mecanismo, e como consequência direta, redução na produtividade de grãos.

Tabela 3 - Produtividade de grãos de soja em função de manejos do solo na entressafra e de mecanismo sulcadores da semeadora-adubadora em Planossolos, em cinco locais do estado do Rio Grande do Sul. Santa Maria, RS. 2022.

Manejos	Produtividade (kg ha ⁻¹)					
	Santa Maria	Candelária	Dom Pedrito	Arroio Grande	Jaguarão	Média dos locais
DD	4091 c ⁽¹⁾	1522 c	1416 b	1324 b	2156 b	2102 C
HS	4949 b	2068 b	1555 b	1667 a	2198 b	2487 B
GA	4662 b	1920 b	1578 b	1641 a	2299 b	2420 B
ESC	5733 a	2465 a	1852 a	1778 a	2686 a	2903 A
Média	4859	1994	1600	1603	2335	
CV (%)	6,1	13,2	8,9	11,0	10,5	

Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada local. Letras maiúsculas comparam os tratamentos para todos os locais. ⁽¹⁾ Médias não seguidas pela mesma letra diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns} Não significativo a nível de 5% de probabilidade do erro. DD: disco duplo. HS: haste sulcadora. GA: gradagem. ESC: escarificação.

CONCLUSÕES

O disco duplo associado à semeadora-adubadora não tem potencial para melhorar os atributos físicos do solo, refletindo-se em condições adversas para o crescimento das plantas e produtividade.

A elevação da produtividade de grãos de soja em Planossolos com presença de camada compactada está relacionada com o aumento do comprimento radicular.

AGRADECIMENTO

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de doutorado ao primeiro autor e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e pela bolsa de produtividade em pesquisa do segundo autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENGOUGH, A.G. et al. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. **Journal of Experimental Botany**, v.62, p.59-68, 2011.
- CARAFFA, M. et al. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2018/2019 e 2019/2020. Acesso em: 25 de maio de 2021.
- COELHO, L.L. et al. Seeding furrow opening mechanisms and the soybean planting in lowland areas. **Ciência Rural**, v.50, e20190870, 2020.
- CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Acesso em: <<https://www.conab.gov.br/images/arquivos/outros/Perspectivas-para-a-agropecuaria-2018-19.pdf>> Acessado em: 10 Mai. 2022.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. Stages of soybean development. Ames: State University of Science and Technology. **Special report**, v.80, 1977, 11p.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ – IRGA. Disponível em: <<https://irga-admin.rs.gov.br/upload/arquivos/201810/24143018-soja-em-rotacao-com-arroz.pdf>> Acessado em: 12 Jun. 2022.
- JIN, K. et al. How do roots enlogate in a estructured soil? **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n.15, p.4761-4777, 2013.
- MORAES, M.T. et al. Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil, **Soil and Tillage Research**, v.200, 2020.
- SARTORI, G.M.S. et al. Growth and development of soybean roots according to planting management systems and irrigation in lowland areas. **Ciência Rural**, v.46, n.9, p. 1572-1578, 2016.
- SARTORI, G.M.S. et al. Soybean yield under different planting systems and border irrigation on Alfisols. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, n.12, p.1139-1149, 2015.
- THEISEN, G. et al. The birth of a new cropping system: towards sustainability in the sub-tropical lowland agriculture. **Field Crop Res.**, v.212, p.82-94, -2017.