

SISTEMAS DE IMPLANTAÇÃO E IRRIGAÇÃO AFETAM O RENDIMENTO DE SOJA EM ROTAÇÃO COM O ARROZ IRRIGADO

Gerson Meneghetti Sarzi Sartori¹; Enio Marchesan²; Ricardo De David⁴; Reimar Carlesso³; Mirta Teresinha Petry³; João Alberto Pedroso Farenzena⁴

Palavras chave: compactação do solo, nodulação, mecanismos da semeadora.

INTRODUÇÃO

No estado do Rio Grande do Sul, a soja é uma das principais culturas de expressão econômica. Atualmente, o uso de áreas de arroz irrigado vêm sendo intensificadas com o cultivo dessa leguminosa, principalmente em razão da infestação de parte destas áreas por plantas de difícil controle, como o arroz-vermelho. Nesse sentido, o cultivo da soja em rotação com o arroz irrigado é uma alternativa eficiente, pois pode minimizar a incidência de plantas daninhas e permitir o uso de herbicidas alternativos (CHRISTOFFOLETI, 1994), além de proporcionar benefícios relacionados à fixação de nitrogênio, e quebra do ciclo de insetos-praga e doenças (THOMAS et al., 2000). No entanto, devido principalmente a presença de uma camada compactada próxima à superfície do solo, o desempenho agrônomo dessa cultura pode ser prejudicado. Em anos de déficit hídrico, essa camada compactada pode limitar o crescimento radicular em profundidade e consequentemente afetar a absorção de água e de nutrientes. Somado a isso, essa camada compactada do solo reduz a infiltração de água, contribuindo para ocorrência de alagamentos em anos de El Niño, o qual interfere no conteúdo de oxigênio, e consequentemente na nodulação, podendo comprometer o rendimento de grãos de soja.

A escolha de um sistema adequado de implantação da cultura pode proporcionar o sucesso ou não da soja em rotação com o arroz irrigado. Em função disso, torna-se importante o estudo de sistemas de implantação, necessitando o conhecimento da escarificação do solo, da semeadora em microcamalhão e de sistemas utilizando haste sulcadora ou outro mecanismo da semeadora como o disco ondulado e o duplo desencontrado no desempenho dessa cultura. Além disso, a água é um dos principais fatores do rendimento de grãos de soja (FERNANDES & TURCO, 2003), necessitando também avaliar o efeito da irrigação nessa cultura, visto que parte das áreas de arroz irrigado são sistematizadas, havendo com isso possibilidade de se realizar irrigação por faixas.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado nas safras de 2013/14 e 2014/15 em área de várzea sistematizada pertencente a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul. Para cada safra, o experimento foi realizado em áreas diferentes. O solo em que foi realizado esse experimento em ambas as safras é classificado como Planossolo Háplico Eutrófico arênico pertencente à unidade de mapeamento Vacacaí (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em esquema fatorial (6x2), em faixas, com quatro repetições. O fator A foi composto por diferentes sistemas de implantação: semeadura com disco duplo desencontrado (A1); semeadura com disco ondulado de 12 ondas (A2); semeadura com haste sulcadora (A3); semeadura com haste sulcadora + mecanismo de acomodação do solo (A4); semeadura em microcamalhão (A5) e escarificação do solo + semeadura com disco duplo desencontrado (A6). O fator D: com irrigação (D1) e sem irrigação (D2). Na safra de 2014/15, alterou-se o fator A4 (semeadura com haste sulcadora + mecanismo de acomodação do solo) por semeadura com haste sulcadora desencontrada 5 cm da linha de semeadura.

A escarificação do solo no experimento foi realizada aos 45 e 19 dias antes da semeadura para a safra de 2013/14 e 2014/15, respectivamente. A profundidade da escarificação foi de 25 cm, sendo o espaçamento entre as hastes do escarificador de 35 cm. A profundidade de trabalho da haste sulcadora, microcamalhão, disco duplo e disco ondulado no solo foram aproximadamente de 18; 12; 10 e 08 cm, respectivamente.

A semeadura dos experimentos foi realizada nos dias 7 e 14 de novembro de 2013 e 2014, respectivamente, utilizando uma semeadora adubadora pantográfica. Em decorrência de uma precipitação pluvial de 245 mm aos dois dias após a semeadura na safra 2013/14, foi realizada a ressemeadura do experimento no dia 26 de novembro de 2013.

A adubação de base na safra de 2013/14 foi de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Em função da ressemeadura utilizou-se mais 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 20 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 20 kg ha⁻¹ de K₂O. Na safra de 2014/15 a adubação de base foi de 13 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), 55 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 87 kg ha⁻¹ de K₂O. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para cultura (EMBRAPA, 2013).

Na safra de 2013/14 foi realizada uma irrigação por faixas, aplicando-se uma lâmina de irrigação de 55 mm quando a umidade média do solo se encontrava em 58% da capacidade de campo (CC) na profundidade de 0-20 cm, no estágio V4 das plantas. Foram realizadas duas irrigações na safra de 2014/15, sendo uma no estágio R3 de 41 mm e a outra em R5 de 46 mm, segundo escala de FEHR & CAVINESS, 1977. A umidade do solo na camada de 0-20 cm em R3 e R5 estava 60,6% e 54,2% da CC, respectivamente.

Nos estádios V6 e R3, coletou-se um monólito de solo de 40 x 20 cm de largura e profundidade, com as raízes de cinco plantas para avaliar a nodulação. As raízes foram lavadas em água corrente, e levadas para laboratório onde se avaliou o número de nódulos ≥ 2 mm por planta, a viabilidade de nódulos e massa seca dos nódulos. Para a viabilidade dos nódulos, os mesmos foram seccionados ao meio com estilete considerando-se não viável aquele nódulo que não apresentou cor rósea (VIEIRA NETO et al., 2008), sendo os resultados expressos em porcentagem. Para obtenção da massa seca dos nódulos, após a avaliação da viabilidade os mesmos foram secos em estufa de circulação forçada de ar em temperatura de 65 °C até peso constante, e posteriormente obtendo-se a massa seca em balança de precisão. A produtividade de grãos foi determinada em área útil de 15 m².

Os valores de precipitação pluvial durante o período de realização do experimento nas duas safras foram obtidos da estação meteorológica automática do 8º DISME/INMET localizado no Departamento de Fitorotecnica da UFSM. Os resultados avaliados foram submetidos ao teste das pressuposições do modelo matemático (normalidade e homogeneidade das variâncias dos erros). A análise da variância dos dados do experimento foi realizada através do teste F. As médias dos fatores, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de implantação e a irrigação influenciaram na nodulação e no rendimento de grãos de soja nas duas safras de estudo. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 1, houve maior número de nódulos por planta, e massa seca de nódulos no sistema com

¹ Eng. Agr. M.Sc. Grupo de pesquisa em Arroz Irrigado da Universidade Federal de Santa Maria. Avenida Roraima nº 1000, Bairro Camobi, CEP: 97105-900 email: gersonmss@yahoo.com.br

² Eng. Agr. Dr. Universidade Federal de Santa Maria

³ Eng. Agr. Dr. Universidade Federal de Santa Maria

⁴ Alunos do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria

escarificação do solo em V6 na safra 2013/14. Na safra de 2014/15, os resultados foram semelhantes, em que a escarificação do solo, seguido da semeadura com haste sulcadora e em microcamalhão proporcionaram maior número e massa seca de nódulos em V6 e R3. As plantas apresentaram menor número e massa seca de nódulos nos sistemas utilizando a semeadura com disco duplo desencontrado e disco ondulado de 12 ondas. Além disso, observou-se maior número de nódulos inviáveis no estágio V6 onde foi realizada a semeadura com disco duplo em área sem escarificação do solo (Tabela 1 e 2). Esses resultados podem ser decorrentes de um menor efeito de rompimento da camada compactada do solo pelo disco ondulado e disco duplo na linha de semeadura em comparação aos demais sistemas testados, visto que a presença de uma camada compactada interfere negativamente a nodulação e a fixação biológica de nitrogênio (SICZEK & LIPIEC, 2011). De acordo com LANZA et al. (2013), um dos efeitos indiretos da presença de uma camada compactada do solo na fixação biológica de nitrogênio ocorre pela redução do conteúdo de oxigênio no solo, o que inviabiliza a respiração das raízes das plantas.

Tabela 1 – Número de nódulos por planta (NNP), massa seca de nódulos por planta (MSNP) e percentual de nódulos inviáveis (NI) nos estádios V6 e R3, em função dos sistemas de implantação e da irrigação. Cultivar BMX Tornado, Santa Maria safras 2013/14 e 2014/15, RS. 2015.

Sistemas de implantação	NNP		MSNP ³ (mg planta ⁻¹)		NI% ³	
	V6 ¹	R3 ¹	V6	R3	V6	R3
----- Safra 2013/14 -----						
Disco duplo (DD)	35,5 d ¹	88,4 ns	100,6 c			
Disco ondulado	51,9 bc	96,5	150,0 b			
Haste	53,6 bc	86,1	192,4 b			
Haste + MAS	61,8 ab	86,8	179,3 b			
Microcamalhão	42,3 cd	102,9	169,2 b			
Escarificado + DD	71,0 a	99,7	253,0 a			
Irrigação						
Com irrigação	54,7 ns	102,9 ns	193,3 a			
Sem irrigação	50,7	83,6	154,9 b			
Média	52,7	93,2	174,1			
CV (%)	17,8	21,1	24,8			
----- Safra 2014/15 -----						
Disco duplo (DD)	15,0 c ²	54,5 c	116,6 b	461,1 c	2,8 a	5,2 ns
Disco ondulado	19,6 bc	52,4 c	122,2 b	522,7 c	0,8 b	3,6
Haste	25,3 b	79,9 bc	222,2 a	642,2bc	0,4 b	4,0
Haste desencontrada ²	25,6 b	74,8 bc	188,9 ab	667,7 bc	0,3 b	4,3
Microcamalhão	22,0 b	88,2 b	175,0 ab	760,0 ab	1,0 ab	2,3
Escarificado + DD	37,7 a	126,4 a	211,1 a	946,7 a	0,2 b	4,1
Média	24,2	79,4	172,7	666,7	0,9	3,9
CV (%)	11,0	15,2	19,2	14,3	88,9	45,2

^{ns} Não significativo em nível $p \leq 0,05$; Médias não seguidas da mesma minúscula na coluna diferem entre si pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. MAS = mecanismo de acomodação do solo; ¹estádio de desenvolvimento das plantas; ²haste desencontrada 5 cm da linha de semeadura; ³houve interação entre os fatores para MSNP em R3 e NI em V6 e R3 na safra 2013/14.

Além dos sistemas de implantação, a irrigação também interferiu na nodulação, proporcionando maior massa seca de nódulos em V6 e em R3 para a maioria dos sistemas (Tabela 1 e 2, respectivamente). Conforme KING et al. (2014), a fixação biológica de nitrogênio é o processo metabólico mais sensível ao déficit de água em plantas de soja.

Tabela 2 – Massa seca de nódulos por planta (MSNP) no estágio R3 e percentual de nódulos inviáveis (NI) nos estádios V6 e R3, em função dos sistemas de implantação e da irrigação. Cultivar BMX Tornado, Santa Maria safra 2013/14, RS. 2015.

Sistemas de implantação	MSNP (mg planta ⁻¹)				NI (%)			
	CI		SI		CI		SI	
	R3 ¹	V6 ¹	R3	V6 ¹	R3	V6 ¹	R3	
Disco duplo (DD)	352,2 NSc	289,0 ab	3,4 Bns	11,9 Aa	6,1 NSns	7,6 ns		
Disco ondulado	763,6 Aa	237,2 Bb	1,2 B	3,1 Ab	4,6 NS	3,8		
Haste	591,1 Aab	438,3 Ba	1,7 NS	2,8 b	5,4 NS	6,7		
Haste + MAS	591,1 Aab	296,6 Bab	1,2 NS	0,9 b	2,6 B	7,7 A		
Microcamalhão	526,7 NSbc	421,1 ab	2,0 NS	2,1 b	6,0 NS	4,9		
Escarificado + DD	570 Aab	306,6 Bab	2,8 NS	2,7 b	4,5 NS	4,2		
Média	565,8	331,5	2,1	3,9	4,9	5,8		
CV (%)		19,7		35,3		34,4		

^{ns} Não significativo em nível $p \leq 0,05$ na linha; ^{ns} Não significativo em nível $p \leq 0,05$ na coluna; Médias não seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna diferem entre si pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro. MAS = mecanismo de acomodação do solo; ¹estádio de desenvolvimento das plantas; CI = com irrigação; SI = sem irrigação.

Em função dos sistemas de implantação bem como a irrigação terem afetados os parâmetros relacionados à nodulação das plantas de soja, houve interferência destes fatores no rendimento de grãos da cultura. Conforme os resultados apresentados na Tabela 3 houve maior rendimento de grãos no sistema com escarificação do solo. Esse sistema proporcionou um incremento de 10% no rendimento em comparação ao disco duplo. Na safra de 2014/15, o sistema com escarificação do solo, seguido da semeadura com haste e haste desencontrada 5 cm proporcionaram rendimento de 26, 15 e 12% superior ao disco duplo em área sem escarificação do solo.

Uma irrigação de 55 mm realizada em V4 resultou em aumento de 10% no rendimento de grãos na safra de 2013/14 e 8% na safra de 2014/15 com duas irrigações, sendo uma na quantidade de 41 mm no estágio R3 e a outra de 46 mm em R5. De acordo com RUVIARO et al. (2011), o uso da irrigação está diretamente relacionada à expressão do potencial da cultura. Além disso, o aumento do rendimento de grãos em função da irrigação e também no sistema com escarificação do solo, e na semeadura em microcamalhão e com haste sulcadora pode estar relacionado à maior nodulação das plantas, o qual foi verificado no presente trabalho, pois a nodulação é um fator importante no rendimento de grãos, estando correlacionada com 40% do rendimento (BRANDELERO et al., 2009). Nas duas safras, o rendimento de grãos foi elevado, e que exceto nas épocas em que foi necessário realizar irrigação, e que apresentou resposta na nodulação e no rendimento de grãos, para os demais períodos de desenvolvimento das plantas houve adequada distribuição de precipitação pluvial (Figura 1), atingindo as exigências da planta no nível de rendimento obtido.

Por fim, os sistemas de implantação e a irrigação são duas tecnologias que interferem no rendimento de grãos de soja em rotação com o arroz irrigado. A presença de uma camada compactada próxima à superfície do solo nessas áreas influencia negativamente no potencial dessa cultura. Com isso, o uso da irrigação em períodos de difícil hídrico e a escolha de um sistema de implantação que rompe parte dessa

camada compactada do solo, culminará o sucesso da soja nas áreas de arroz irrigado.

Tabela 3 – Rendimento de grãos em função dos sistemas de implantação e da irrigação. Cultivar BMX Tornado, Santa Maria safras 2013/14 e 2014/15, RS. 2015.

Sistemas de implantação	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	
	Safra 2013/14	Safra 2014/15
Disco duplo (DD)	4082 b	3759 d
Disco ondulado	4273 ab	3829 cd
Haste	4405 ab	4327 b
Haste + MAS	4107 b	-
Haste desencontrada ¹	-	4222 b
Microcamalhão	4345 ab	4013 c
Escarificado + DD	4484 a	4749 a
Irrigação		
Com irrigação	4444 a	4311 a
Sem irrigação	4121 b	3988 b
Média	4283	4150
CV (%)	7,4	3,14

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey em 5% de probabilidade de erro. MAS = mecanismo de acomodação do solo. ¹ Haste desencontrada da linha de semeadura 5 cm.

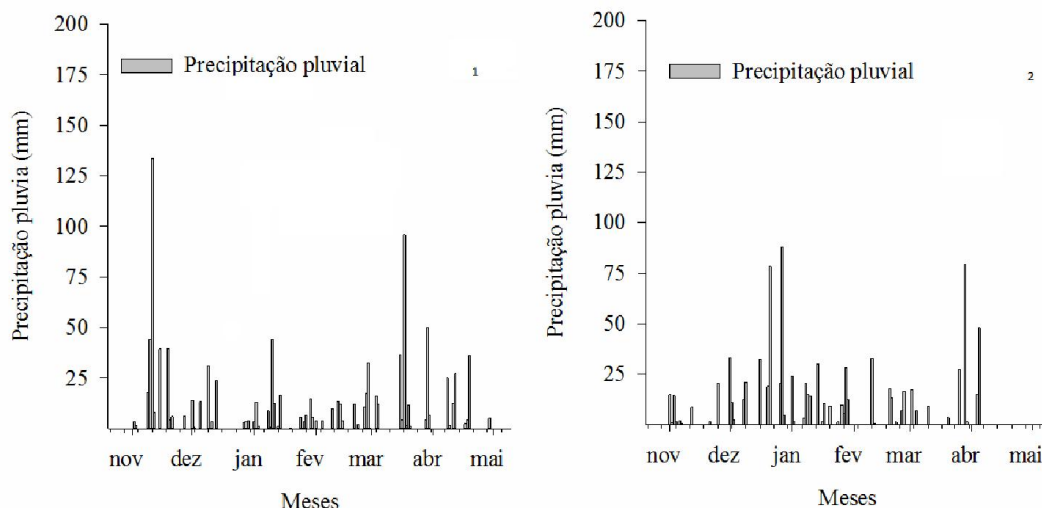


Figura 1. Distribuição

da precipitação pluvial nas safras 2013/14 (1) e 2014/15 (2). Santa Maria, RS. 2015.

Conclusão

Nas áreas de arroz irrigado que apresentam uma camada compactada próxima à superfície do solo, os sistemas com escarificação do solo e haste sulcadora na semeadura proporcionam maior rendimento de grãos de soja em relação ao disco duplo. O uso da irrigação suplementar por faixas resulta em acréscimo de rendimentos de grãos.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado do primeiro autor. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de produtividade em pesquisa para o segundo autor e pela bolsa de doutorado sanduíche ao primeiro autor. À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pela bolsa de Iniciação Científica concedida ao terceiro autor.

Referências

- BRANDELERO, E. M.; PEIXOTO, C. P.; RALISCH, R. Nodulação de cultivares de soja e seus efeitos no rendimento de grãos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 3, p. 581-588, 2009.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. FILHOS, R.V. DA SILVA, C.B. Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**, v. 12, n. 1, 1994.
- EMBRAPA - **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2012/2013 e 2013/2014.** / **XXXIX Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul** – Passo Fundo, 2013. 142p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.** 3 ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- FEHR, W.R.; CAVINESS, C.E. **Stages of soybean development.** Ames: State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).
- FERNANDES, E.J.; TURCO, J.E.P. Evapotranspiração de referência para manejo da irrigação em cultura de soja. **Irriga**, v.8, n.2, p.132-141, 2003.
- KING, C.A.et al.. A possible relationship between shoot N concentration and the sensitivity of N₂ fixation to drought in soybean. **Crop Science**, v.54, n.1, p.746-756, 2014.

LANZA, L.M.N.; ROSSI, S.C.; SODEK, L. Adubação nitrogenada beneficia soja alagada. **Bragantia**, v.72, n.1, p.2-9, 2013.

RUVIARO, C. et al. Comportamento da soja submetida a diferentes regimes hídricos e viabilidade da irrigação suplementar na região do vale do Jaguarí-RS. **Perspectiva**, v.35, n.131, p. 79-90, 2011

SICZEK, A., LIPIEC, J. Soybean nodulation and nitrogen fixation in response to soil compaction and surface straw mulching. **Soil & Tillage Research**, v.114, p.50-56, 2011.

THOMAS, A.L. et al. Rendimento de grãos de cultivares de soja em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.6, n.1, p.107-112, 2000.

VIEIRA NETO, S. A. et al. Formas de aplicação de inoculante e seus efeitos sobre a nodulação da soja. **Revista Brasileira de Ciência Solo**. 2008, vol.32, n.2, pp. 861-870.