

SUBSOLAGEM, APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA E DE ENXOFRE ELEMENTAR EM SOJA EM ÁREA DE VÁRZEA

Enio Marchesan¹, Felipe Tonetto², Maurício Limberger de Oliveira², Lucas Lopes Coelho²,
Dâmaris Sulzbach Santos Hansel³, Bruno Behenck Aramburu², Isac Aires de Castro²

Palavras-chave: Alumínio, *Glycine max* L., subsolagem, sulfato de cálcio dihidratado.

INTRODUÇÃO

O cultivo da soja no Estado do Rio Grande do Sul vem ganhando espaço em áreas de várzea, sendo introduzida para rotação de culturas com o arroz irrigado com o propósito de auxiliar no controle de arroz vermelho. A rotação de culturas proporciona outros benefícios, como a quebra do ciclo de pragas e doenças, além de efeitos na parte química e física do solo. No entanto, a maioria das áreas de várzea apresentam características como drenagem deficiente (PAULETTO et al., 2005) e compactação do solo que podem ser restritivas para o sucesso da rotação de culturas nessas áreas. Em razão disso, tem-se verificado restrições ao desenvolvimento do sistema radicular da soja, principalmente em áreas sistematizadas e cultivadas anualmente com a cultura do arroz irrigado. Estes problemas estão relacionados às condições físicas do solo devido ao sistema de manejo utilizado na cultura do arroz e às condições químicas como acidez do solo (BOENI et al., 2010). O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da subsolagem do solo e aplicação de gesso e de enxofre elementar no desenvolvimento do sistema radicular e na produtividade de grãos de soja em área de várzea.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2012/13 em área didático experimental de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. O solo pertence à Unidade de Mapeamento Vacacaí, sendo classificado como Planossolo Háplico eutrófico arênico (EMBRAPA, 2006), apresentando as seguintes características: pH água 1:1= 4,9; Ca $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ = 3,4; Mg $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ = 2,0; Al $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ = 1,3; Saturação Al (%)= 0,2; Saturação Bases (%)= 38,7; MO (%)= 1,6; P – Mehlich mg dm^{-3} = 3,7; K mg dm^{-3} = 36; e S mg dm^{-3} = 13. O experimento foi disposto em esquema bifatorial (2 x 8) no delineamento em blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições por tratamento. O primeiro fator (parcela principal) foi composto pelo preparo do solo, sendo eles subsolado e não subsolado (plantio direto). O segundo fator (subparcela) foi composto pelas doses de gesso agrícola (0; 500; 1000 e 1500 kg ha^{-1}) e pelas doses de enxofre elementar (50; 86,7; 170 e 255 kg ha^{-1}). As doses de gesso agrícola propostas nos tratamentos seguem a recomendação da Comissão de Fertilidade do Estado de Minas Gerais (1989). Quanto às doses de enxofre elementar, estas foram propostas em função das quantidades de enxofre aplicadas com as doses de gesso agrícola, além de um tratamento com a dose de enxofre correspondente ao que é mais comumente utilizado pelos produtores (50 kg ha^{-1}). A cultivar de soja utilizada foi a BMX Potência, semeada no dia 4 de novembro, utilizando semeadora com disco turbo na deposição do fertilizante e disco liso no corte da palha. A semeadora foi regulada para distribuir 16 sementes tratadas com Fipronil (250 g L^{-1}) e Carbendazim + Thiram (15% + 35%), na dose de 200 $\text{mL} 100 \text{kg}^{-1}$ de semente. Para o cálculo de adubação e calagem foram utilizadas as indicações do Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

¹ Eng. Agr. Dr. Grupo de Pesquisa em Arroz Irrigado da Universidade Federal de Santa Maria, Avenida Roraima, nº 1000, Bairro Camobi, CEP: 97.105-900, Santa Maria-RS. E-mail: eniomarchesan@gmail.com

² Acadêmicos do curso de Agronomia. Universidade Federal de Santa Maria.

³ Eng. Agr. Universidade Federal de Santa Maria.

(ROLAS, 2004) sendo aplicados 18,5 kg ha⁻¹ de N, 74 kg ha⁻¹ de K₂O e 74 kg ha⁻¹ de P₂O₅; e em cobertura aplicou-se 12,3 kg de K₂O e 20,5 kg de P₂O₅. Nos estádios de desenvolvimento da soja V₈, R₂ e R₅ foram determinados a massa seca da parte aérea, o número de nódulos viáveis e a massa seca de nódulos em cinco plantas por parcela. A viabilidade dos nódulos foi determinada pelo corte transversal dos nódulos e classificados de acordo com a sua coloração, onde nódulos com coloração avermelhada eram considerados viáveis e com coloração escura inviáveis. Para determinação da massa seca, os nódulos e a parte aérea das plantas foram secos em estufa na temperatura de 65°C até peso constante. O teor de clorofila foi determinado com medidor indireto de clorofila SPAD-502, realizando-se a avaliação em 10 folíolos por parcela, em três pontos de cada folíolo. Além disso, no estádio R₂ determinou-se o teor de N, P, K, Ca, Mg e S no tecido foliar de 20 trifólios recém maduros e sem pecíolo, por parcela, segundo Malavolta et al. (1997). A produtividade de grãos foi determinada através da colheita em área útil de 4 m², sendo os valores obtidos expressos em kg ha⁻¹. Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de gesso agrícola e de enxofre elementar não influenciou na massa seca da parte aérea de plantas de soja nos estádios R₂ e R₅ (Tabela 1). No entanto, a subsolagem do solo proporcionou acréscimo de 41 e 23% no acúmulo de massa seca da parte aérea, respectivamente em R₂ e R₅. Comportamento semelhante foi observado para número de nódulos e massa seca de nódulos no estádio R₅, onde o sistema com subsolagem influenciou positivamente nestes parâmetros comparado ao sistema não subsolado. Além disso, o sistema com subsolagem resultou em maior índice SPAD em R₂ e R₅ e maior estatura de plantas no estádio R₈. Somado a isso, a subsolagem do solo proporcionou maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas, expresso pela massa seca de raízes. O menor desenvolvimento do sistema radicular no sistema não subsolado pode ser decorrente da compactação do solo, pois de acordo com Taylor & Brar (1991), solos cultivados com arroz irrigado apresentam arranjo estrutural, porosidade total e difusão de gases comprometidos, o que afeta o desenvolvimento radicular. Além disso, a deficiência de oxigênio no sistema radicular, resultante da compactação do solo, inibe a fixação simbiótica, absorção de nitrogênio e outros minerais, o que pode prejudicar não só o crescimento das raízes, mas também a nodulação (SALLAM & SCOTT, 1987).

Outro efeito positivo evidenciado no sistema subsolado foi com relação à absorção de nutrientes, pois conforme o resultado expresso na Tabela 2 houve maior teor de nutrientes (N; P; K; Ca; Mg; S; Cu; Fe; Mn e Zn) no tecido das plantas submetidas ao sistema com subsolagem do solo. O sistema subsolado aumentou em 32% o teor de N no tecido foliar, 29,6% de P, 27,7% de K, 11,7% de Ca, 23,4% de Mg e 24,4% de S. A menor absorção de nutrientes no sistema não subsolado pode ser resultado do menor desenvolvimento radicular, pois em solo compactado as raízes não utilizam de forma eficiente os nutrientes disponíveis no solo devido principalmente à limitação do surgimento de novas raízes (QUEIROZ-VOLTAN et al., 2000). Além disso, a maior nodulação observada no sistema subsolado pode ter contribuído para a maior concentração de nitrogênio no tecido em comparação ao sistema não subsolado. Nesse sentido, Nogueira et al. (2010) citam que o aumento do índice de clorofila proporciona elevação na taxa fotossintética, o que resulta em maior acúmulo de massa seca.

Takahashi et al. (2006) relatam que o manejo do solo que possibilite à planta de soja maior aeração na região do sistema radicular durante o período chuvoso, permite maior absorção de nitrogênio no início da floração, tanto via simbiose como pelas raízes. Neste sentido, Rhine et al. (2010) observaram que o alagamento do solo reduz a concentração foliar de nitrogênio, fósforo e potássio em soja.

Tabela 1- Massa seca da parte aérea planta⁻¹ (MSPA), número de nódulos viáveis planta⁻¹ (NNV), massa seca de nódulos viáveis ≥ 2 mm planta⁻¹ (MSNV), massa seca nódulos ≥ 2 mm inviáveis planta⁻¹ (MSNI), índiceSPAD, estatura de plantas (EP) e massa seca de raízes planta⁻¹ (MSR), em função dos tratamentos (Trat.) e do sistema de implantação na cultura da soja. Santa Maria, RS. 2013.

Trat.	MSPA (g)		NNV em R ₅	MSNV em R ₅ (g)	MSNI em R ₅ (g)	SPAD		EP em R ₈ (cm)	MSR em R ₅ (g)
	R ₂	R ₅				R ₂	R ₅		
T1 ¹	129,8 ^{ns}	207,0 ^{ns}	28,4 ^{ns}	0,49 ^{ns}	1,25 ^{ns}	37,1 ^{ns}	25,6 ^{ns}	106 ^{ns}	24,5 ^{ns}
T2	121,5	207,7	47,6	0,89	2,11	36,5	26,5	107	25,3
T3	124,0	202,8	36,7	0,76	1,58	35,2	25,2	107	23,2
T4	106,0	227,2	35,0	0,50	1,20	34,3	23,8	101	27,3
T5	113,8	194,3	34,8	0,69	1,54	36,4	25,2	101	26,8
T6	116,5	232,8	28,8	0,50	1,36	35,8	24,9	105	27,8
T7	110,2	208,2	51,4	0,69	1,79	35,7	26,0	104	25,3
T8	121,3	200,0	30,0	0,60	1,49	36,9	26,3	104	24,7

Sistemas de implantação

S ³	148,5 a ²	237,9 a	148,5 a	0,75 a	1,71 a	38,4 a	26,8 a	113a	27,2 a
NS ⁴	87,3 b	182,1 b	87,3 b	0,53 b	1,38 b	33,5 b	24,1 b	96b	24,1 b
CV%	17,6	20,09	40,69	36,62	29,16	5,57	8,61	4,1	15,48

¹ T1- testemunha, T2- 500 kg de gesso ha⁻¹, T3- 1000 kg de gesso ha⁻¹, T4- 1500 kg de gesso ha⁻¹, T5- 86,7 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T6- 170 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T7- 255 kg de enxofre elementar ha⁻¹ e T8- 50 kg de enxofre elementar ha⁻¹. ² médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. ^{ns} = não significativo. ³ Subsolado; ⁴ não subsolado.

Tabela 2- Teor de nutrientes no tecido foliar, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) em g kg⁻¹ e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) em mg kg⁻¹, das plantas de soja submetidas a diferentes sistemas de implantação tratamentos nos sistemas subsolado (S) e não subsolado (NS) Santa Maria, RS. 2013.

Trat. ¹	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn
T1S	38,4	2,7	17,8	8,1	3,5	2,1	9,0	278,9	64,6	62,2
T2S	42,1	3,3	24,3	7,9	4,3	2,2	8,7	186,7	50,2	25,9
T3S	37,6	2,9	20,8	9,1	4,4	2,0	9,3	287,9	72,6	29,3
T4S	38,0	2,7	20,3	9,2	4,3	2,0	8,6	249,1	60,6	34,1
T5S	33,0	2,7	17,7	9,2	4,1	2,0	8,8	215,7	58,0	31,8
T6S	35,0	2,5	16,6	7,6	3,8	2,1	9,1	197,1	51,8	62,5
T7S	37,5	2,7	21,4	8,4	4,2	1,9	8,9	222,5	56,9	27,8
T8S	37,0	2,9	18,5	8,0	3,9	2,0	9,4	198,1	46,5	35,0
Média S	37,3	2,8	19,7	8,4	4,1	2,0	9,0	229,5	57,7	38,6
T1NS	28,7	2,2	18,8	7,5	3,3	1,2	7,2	340,4	68,7	33,2
T2NS	25,3	1,9	10,5	7,1	2,8	1,6	6,2	255,4	67,4	34,2
T3NS	26,9	2,1	9,4	7,3	2,9	1,6	6,6	213,1	72,8	34,3
T4NS	22,8	1,8	15,6	8,0	3,0	1,7	6,2	314,5	65,1	34,0
T5NS	23,2	1,9	16,0	7,5	3,1	1,5	6,6	210,7	69,5	32,6
T6NS	22,8	1,9	15,7	7,8	3,7	1,6	6,6	330,4	67,1	30,6
T7NS	24,5	1,8	17,5	7,3	2,9	1,4	6,4	297,6	72,8	75,0
T8NS	26,6	1,9	10,4	7,0	3,2	1,6	6,0	279,6	58,9	26,8
Média NS	25,5	2,0	14,6	7,4	3,1	1,5	6,5	280,3	67,8	37,6

¹T1- Testemunha no sistema subsolado, T2- 500 kg de gesso ha⁻¹, T3- 1000 kg de gesso ha⁻¹, T4- 1500 kg de gesso ha⁻¹, T5- 86,7 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T6- 170 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T7- 255 kg de enxofre elementar ha⁻¹ e T8² = 50 kg de enxofre elementar ha⁻¹. Média S= média do sistema subsolado, Média NS= média do sistema não subsolado.

O sistema subsolado proporcionou melhor desenvolvimento para as plantas de soja, o que culminou em maior produtividade de grãos em relação ao sistema não subsolado (Figura 1).

CONCLUSÕES

A subsolagem do solo proporcionou maior absorção de nutrientes e produtividade de grãos de soja.

O uso de gesso agrícola e enxofre elementar não afetaram parâmetros relacionados ao sistema radicular e ao desenvolvimento da soja em área de várzea.

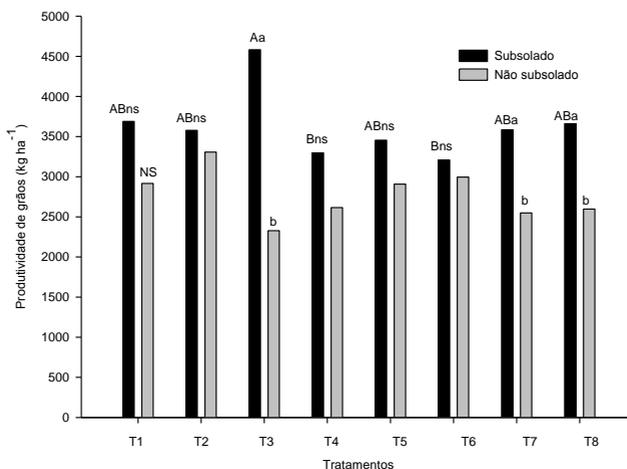


Figura 1– Produtividade de grãos, em função dos tratamentos de gesso agrícola e de enxofre elementar e dos sistemas de implantação. Santa Maria, RS, 2013. Médias não seguidas de mesma letra minúscula indicam diferença significativa entre sistemas subsolado e não subsolado pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro; Médias não seguidas de mesma letra maiúscula indica diferença entre tratamentos pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro. NS, ns = não significativo. T1- testemunha, T2- 500 kg de gesso ha⁻¹, T3- 1000 kg de gesso ha⁻¹, T4- 1500 kg de gesso ha⁻¹, T5- 86,7 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T6- 170 kg de enxofre elementar ha⁻¹, T7- 255 kg de enxofre elementar ha⁻¹ e T8- 50 kg de enxofre elementar ha⁻¹.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOENI, M. et al. Evolução da fertilidade dos solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul. **Instituto Rio Grandense do arroz (IRGA)**, Cachoeirinha, 2010.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**, 4ª aproximação. CFSEMG, Lavras, p.176, 1989.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.
- MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- NOGUEIRA, P.D.M. et al. Clorófila foliar e nodulação em soja adubada com nitrogênio em cobertura. **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 3, n. 2, mai/ago. p.117 – 124, 2010.
- PAULETTO, E.A. et al. Avaliação da densidade e da porosidade de um gleissolo submetido a diferentes sistemas de cultivo e diferentes culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 207-207, 2005.
- QUEIROZ-VOLTAN, R.B. et al. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 929-938, 2000.
- RHINE, M.D. et al. Yield and nutritional responses to waterlogging of soybean. **Irrigation Science**, New York, v. 28, p. 135-142, 2010.
- ROLAS - Rede oficial de laboratórios de análise de solo e de tecido vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- SALLAM, A.; SCOTT, H.D. Effects of prolonged flooding on soybeans during early vegetative growth. **Soil Science**, Baltimore, v. 144, n. 1, p. 61-66, 1987.
- TAKAHASHI, T. et al. N₂ fixation of nodules and N absorption by soybean roots associated with ridge tillage on poorly drained upland fields converted from rice paddy fields. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 52, p. 291-299, 2006.
- TAYLOR, H.M.; BRAR, G.S. Effect of soil compaction on root development. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n. 2-3, p.111-119, 1991.