

ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA SOJA APÓS APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO COM E SEM REVOLVIMENTO DO SOLO

Valmor José Tomelero

Engenheiro Agrônomo

Erebango - RS

Fabiana Schmidt

Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Campos Novos. Campos Novos - SC

Fabiano Daniel de Bona

Pesquisador da Embrapa Trigo

Passo Fundo - RS

RESUMO: A aplicação de calcário e gesso agrícola promovem alterações na química do solo e podem influenciar na produção das culturas. Este estudo foi realizado para avaliar o estado nutricional e a produção de grãos da soja devido o uso de calcário e gesso aplicados isolada ou combinadamente em sistemas de preparo do solo plantio direto e preparo reduzido. O experimento foi estabelecido à campo nas safras de 2013/14 com localização em Erebang, Estado do RS. O delineamento experimental utilizado foi o blocos ao acaso, com três repetições e design fatorial 4x2. Os tratamentos testados foram: sem aplicação de calcário e gesso agrícola (testemunha); 2.500 kg ha⁻¹ de calcário; 2.500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola e 2.500 kg ha⁻¹ de calcário + 2.500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola nos sistemas de preparo do solo

plantio direto e preparo reduzido. A aplicação dos tratamentos foi realizada antes da semeadura da soja. *O aproveitamento de nutrientes pela soja não foi prejudicado pela aplicação de calagem ou gesso em ambos os sistemas de preparo do solo. As concentrações de nutrientes nas folhas diagnósticas permaneceram dentro das faixas de suficiência para a cultura.* A aplicação de calcário combinado com o gesso agrícola comparativamente com a aplicação isolada de calcário ou de gesso proporcionou as mais altas produções de grãos na soja nos dois sistemas de preparo do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de preparo do solo; Calagem e gessagem; *Glycine max*; nodulação; nutrientes nas folhas diagnósticas.

NUTRITIONAL STATUS AND SOYBEAN PRODUCTIVITY AFTER LIMESTONE AND GYPSUM APPLICATIONS WITH AND WITHOUT SOIL REVOLVEMENT

ABSTRACT: The limestone and gypsum applications promote changes in soil chemistry and can influence in crop production. This study was carried out to evaluate the nutritional status and grain yield of soybeans due the use limestone and gypsum applied alone or in combination with no tillage and reduced tillage. The experiment was established in the field in 2013/14, with location in Erebang, State of

RS. The experimental design was the randomized blocks, with three replicates and a factorial design 4x2. The treatments tested were: without application of limestone and gypsum (control); 2,500 kg ha⁻¹ of limestone; 2,500 kg ha⁻¹ of gypsum and 2,500 kg ha⁻¹ of limestone + 2,500 kg ha⁻¹ of gypsum in the systems of no-tillage and reduced tillage. The treatments were applied before soybean sowing. Nutrient utilization by soybean did not limited to liming or gypsum application in both soil tillage systems. The nutrient concentrations in the diagnostic leaves stayed within the ranges of sufficiency for the crop. The limestone combined with gypsum applications compared to the isolated applications of limestone or gypsum provided the highest grain yields in soybean in both systems of soil preparation.

KEYWORDS: Soil preparation systems; Liming and gypsum applications; *Glycine max.*; Nodulation; Nutrients in Diagnostic Leaves.

1 | INTRODUÇÃO

A soja é a cultura de verão que ocupa a maior área plantada com grãos no Planalto do Rio Grande do Sul, sendo cultivada principalmente em Latossolos ácidos sob sistema de plantio direto (SPD). O manejo inadequado do solo no SPD pode limitar a produção de grãos devido ao surgimento de impedimentos físicos e químicos para o aprofundamento do sistema radicular. A ausência de revolvimento dos solos por um longo período e a aplicação superficial dos corretivos de acidez e fertilizantes podem ocasionar entre várias situações o acúmulo de nutrientes na camada superficial do solo, a acidez subsuperficial aliada aos baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e presença do Al em profundidade (ESCOSTEGUY et al., 2013).

No SPD, o calcário é aplicado sobre a superfície do solo sem incorporação corrigindo a acidez da camada superficial (0-10 cm). Essa prática pouco influencia a acidez da camada subsuperficial (10-20 cm) em solos ácidos e argilosos (MARTINAZZO, 2006). A ausência da incorporação do calcário diminui a superfície de contato entre as partículas de solo e as do corretivo, retardando os efeitos da calagem e restringindo as reações aos centímetros superficiais do solo. Esta estratégia de manejo de aplicação calcário pode estar contribuindo para a formação de um perfil de solo com características químicas e físicas desfavoráveis ao desenvolvimento radicular e tem sido destacado como um dos principais limitantes para a manutenção de elevadas produtividades em Latossolos ácidos, apresentando um efeito mais acentuado nas culturas em situações de déficit hídrico de curta duração típicas nesta região do Estado (DALLA NORA & AMADO, 2013).

Além do problema relacionado à correção da acidez do subsolo que limita o crescimento radicular, a aplicação de calcário em superfície pode acarretar em surgimento de deficiência de Ca e Mg em subsuperfície. No entanto, a movimentação destes cátions no perfil do solo pode ser favorecida através da aplicação de

fertilizantes como o gesso agrícola que em sua reação no solo libera o ânion sulfato, que é um íon acompanhante do cálcio na sua lixiviação. No entanto, a intensidade com que esse fenômeno ocorre ainda não é bem conhecida.

As aplicações superficiais de calcário combinado com gesso têm sido avaliadas como alternativas para a melhoria da qualidade química do perfil do solo no SPD, sem necessidade de interrupção do sistema, proporcionando o aprofundamento do sistema radicular e a maior eficiência no uso da água do solo e, conseqüentemente, a manutenção de altas produtividades das culturas mesmo em anos de déficit hídrico.

Segundo Caires et al. (2003), a aplicação de gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto foi eficiente na melhoria do ambiente radicular e interferiu na nutrição da cultura da soja, porém, não afetou a produtividade da cultura provavelmente devido à ausência de déficit hídrico. Já Caires et al. (2004) observaram aumento na produtividade de milho em função da aplicação de gesso em superfície com calagem, mesmo com boa disponibilidade hídrica.

A resposta das culturas a aplicação de calcário combinado ou não ao gesso agrícola em condições onde a camada superficial foi previamente corrigida e a camada subsuperficial encontra-se muito ácida ainda não estão bem definidas. O mesmo ocorre com as respostas das culturas ao revolvimento ou não do solo nesta situação. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar o estado nutricional e o rendimento de grãos da soja em função da aplicação do calcário e do gesso de forma isolada e combinada em solo manejado sobre plantio direto e preparo reduzido do solo.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Erebango, em área experimental localizada nas coordenadas geográficas: latitude sul 27°50' 25.31" e longitude oeste 52°20'36.08" e altitude de 671 metros. A propriedade está localizada na Unidade de Mapeamento Estação, sendo o solo classificado como Nitossolo Vermelho Distroférico latossólico (STRECK et al., 2008), relevo ondulado e substrato basáltico.

A condução do experimento ocorreu no período referente a safra agrícola 2013/2014, sendo utilizada na área experimental a sucessão das culturas aveia preta seguida do cultivo de soja. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. No experimento foram testados dois fatores: sistemas de preparo do solo (dois níveis) e aplicação de calcário e gesso agrícola de forma isolada e combinada (quatro níveis).

Os oito tratamentos testados foram: T1 - plantio direto sem aplicação de calcário e de gesso; T2 - plantio direto com aplicação de 2.500 kg ha⁻¹ de calcário; T3 - plantio direto com aplicação de 2.500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola; T4 - plantio direto com aplicação de 2.500 kg ha⁻¹ de calcário + 2.500 kg ha⁻¹ gesso agrícola. T5 - preparo reduzido sem aplicação de calcário e de gesso; T6 - preparo reduzido com aplicação

de 2.500 kg ha⁻¹ de calcário; T7 - preparo reduzido com aplicação de 2.500 kg ha⁻¹ de gesso agrícola; T8 - preparo reduzido com aplicação de 2.500 kg ha⁻¹ de calcário + 2.500 kg ha⁻¹ gesso agrícola. Os tratamentos foram aplicados em 24 parcelas com dimensões de 3 x 5m (área total de cada parcela 15 m²).

Previamente à instalação do experimento foi realizada a coleta de amostras de solo para determinação dos atributos químicos, das camadas de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 1). A aplicação de gesso e calcário foi realizada à lanço antes da semeadura da soja. O calcário utilizado foi do tipo Filler com PRNT de 100% e o gesso agrícola continha em sua composição de 16% de S e 20% de Ca.

Prof. (cm)	pH _{água}	MO ---- % ----	V ----	CTC _{pH 7,0} -----	Ca cmolc dm ³	Mg -----	K -----	P -----	S -----	B -----	Cu	Zn	Mn
								----- mg dm ³ -----					
0-20	5,5	1,9	61,5	12,3	5,9	1,7	64,3	2,9	26,0	0,16	9,43	2,16	42,8
20-40	5,0	2,0	50,6	13,1	5,2	1,4	62,3	2,5	38,2	0,12	7,53	2,09	72,6

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área antes da instalação do experimento.

Os valores correspondem a média de três amostras.

A semeadura da soja ocorreu dentro do período de zoneamento da cultura, na data de 15 de novembro de 2013, utilizando a cultivar Apolo, na densidade 290.000 sementes aptas por hectare (poder germinativo de 90%), espaçamento de 38 cm entre fileiras e 11 sementes por metro linear, com tratamento de semente com fungicida e inseticida (Piraclostrobina+ (MetilTiofanato) + (Fipronil), na dose de 100 ml por hectare.

No momento da semeadura as sementes foram inoculadas com estirpes selecionadas de bactérias *Bradyrhizobium Elkanii*, na dose de 60 g por hectare. Como adubação de base utilizou-se o fertilizante comercial formulado NPK 02-23-23, na dose de 340 kg ha⁻¹. Os tratamentos fitossanitários, como o controle de pragas e doenças e de plantas invasoras seguiram normas técnicas de manejo e controle sugeridas pela pesquisa.

A determinação da massa seca do sistema radicular da soja e a contagem do número de nódulos foi realizada através da amostragem ao acaso de uma planta por parcela. Nas plantas amostradas foram separadas as raízes e a parte aérea. As amostras foram acondicionadas separadamente em sacos de papel e colocadas para secar em estufa a 60°C durante 72 horas, seguidas de pesagem em balança analítica.

Para a avaliação das concentrações de N, K, P, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Mn e B nas folhas diagnósticas foram coletados ao acaso 52 trifólios maduros com pecíolo no final da floração da soja, em cada parcela experimental. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa a 60°C, por 72 horas, até atingir massa constante. O tecido vegetal da parte aérea foi moído e nele

foram determinadas as concentrações de nutrientes através de metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A colheita dos grãos foi realizada manualmente na área útil de um metro quadrado (1 m²) de cada parcela, após realizou-se a limpeza, secagem e pesagem dos grãos. Para o cálculo da produtividade, a umidade dos grãos foi ajustada para 13%.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e quando significativa foi aplicado o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro. Para as interações significativas, realizou-se o respectivo desdobramento, visando comparar os efeitos da aplicação de gesso e calcário dentro de cada sistema de preparo do solo, e vice-versa. Na ausência de interação, avaliaram-se os efeitos isolados do fator manejo do solo e dos fatores aplicação de gesso e calcário isolada e combinadamente.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diagnose Foliar

As concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S e dos micronutrientes B, Cu, Zn e Mn nas folhas diagnósticas das plantas de soja cultivadas com a aplicação de calcário, gesso, calcário+gesso e sem aplicação de gesso e calcário ficaram dentro da faixa de suficiência para a cultura (Tabelas 2 e 3).

Sistema de preparo do solo	Concentração nas folhas diagnósticas (g kg ⁻¹)					
	N	K	P	Ca	Mg	S
Plantio direto						
Sem aplicação de calcário e gesso	53,38	14,85	3,49	9,66	3,08	1,87
2.500 kg de calcário	49,36	14,85	2,92	9,15	2,88	1,73
2.500 kg de gesso agrícola	45,69	13,89	2,98	9,85	2,82	1,50
2.500 kg de calcário + gesso	48,64	14,85	3,04	9,25	2,89	1,54
<i>Média</i>	49,27a	14,61a	3,11a	9,48b	2,92b	1,66a
Preparo reduzido						
Sem aplicação de calcário e gesso	47,57	13,89	2,83	13,03	3,43	2,24
2.500 kg de calcário	49,27	14,37	2,96	11,82	3,36	1,66
2.500 kg de gesso agrícola	48,87	13,41	2,85	10,36	3,01	1,79
2.500 kg de calcário + gesso	45,87	13,89	3,04	11,19	3,23	1,75
<i>Média</i>	47,90a	13,89a	2,92a	11,60a	3,26a	1,86a

Tabela 2- Efeito do calcário e do gesso agrícola nas concentrações de macronutrientes nas folhas diagnósticas da soja cultivada em diferentes sistemas de preparo de solo.

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.

A aplicação de calcário na superfície do solo, incorporado ou não, não afetou a absorção de nutrientes pela soja. Da mesma forma, a utilização do gesso agrícola incorporado ou não ao solo também não promoveu alterações significativas nas

concentrações foliares de nutrientes (Tabelas 2 e 3). A ausência de resposta significativa da aplicação de gesso nas concentrações de S nas folhas diagnósticas da soja provavelmente tenha ocorrido devido a disponibilidade de S no solo já se encontrar alta (26 mg dm⁻³ na camada de 0-20 cm) antes da aplicação da fonte de S (Tabela 1).

O preparo reduzido do solo possibilitou melhor aproveitamento do Ca, Mg, Mn e Zn pela soja, sendo as concentrações destes nutrientes mais altas nas folhas diagnósticas das plantas neste preparo do solo comparativamente as cultivadas no sistema de plantio direto (Tabela 3).

Sistema de preparo do solo	Concentração nas folhas diagnósticas (mg kg ⁻¹)			
	B	Cu	Zn	Mn
Sem aplicação de calcário e gesso	32,87	19,23	37,73	84,38
2.500 kg de calcário	34,12	14,75	34,24	81,77
2.500 kg de gesso agrícola	38,96	8,50	35,67	86,34
2.500 kg de calcário + gesso	39,93	11,40	35,51	83,40
Média	36,47a	13,47a	35,79b	83,97b
Preparo reduzido				
Sem aplicação de calcário e gesso	37,99	8,83	43,69	124,94
2.500 kg de calcário	32,91	13,08	44,80	116,43
2.500 kg de gesso agrícola	32,67	15,98	47,58	108,91
2.500 kg de calcário + gesso	30,01	8,27	42,90	115,78
Média	33,40a	11,54a	44,74a	116,52a

Tabela 3- Efeito do calcário e do gesso agrícola nas concentrações de micronutrientes nas folhas diagnósticas da soja cultivada em diferentes sistemas de preparo de solo.

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.

Nodulação da Soja, Massa Seca do Sistema Radicular e Produtividade de Grãos

Os sistemas diferenciados de preparo do solo não afetaram significativamente a massa seca das raízes e o número de nódulos por planta de soja (Tabela 4). A formação de nódulos na soja foi favorecida pela aplicação de calcário e de calcário combinado com gesso agrícola em comparação a aplicação isolada de gesso agrícola e ausência de aplicação de gesso e calcário (Tabela 4). Estes resultados apontam para o efeito da calagem em garantir o pH do solo favorável para a nodulação da soja que é o valor próximo a pH 6,0.

Sistema de preparo do solo	Massa seca de raízes por planta (g)				Média
	Testemunha	Calcário	Gesso	Calcário+ Gesso	
Plantio direto	5,31	6,43	4,25	6,04	5,51A
Preparo reduzido	4,14	8,85	7,56	7,89	7,11A
<i>Média</i>	4,73b	7,64a	5,91ab	6,97a	
Sistema de preparo do solo	Número de nódulos por planta				Média
	Testemunha	Calcário	Gesso	Calcário+ Gesso	
Plantio direto	21,0	27,7	23,0	31,0	25,7 A
Preparo reduzido	22,0	30,0	24,0	28,7	26,2 A
<i>Média</i>	21,5 b	28,8 a	23,5 b	29,8 a	

Tabela 4- Efeito do calcário e do gesso agrícola na massa seca de raízes e nodulação da soja cultivada em diferentes sistemas de preparo de solo.

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.

As produções de massa seca da parte aérea e de grãos na soja aumentaram significativamente com a aplicação de calcário combinado com o gesso agrícola quando comparadas com a aplicação isolada de calcário ou de gesso (Tabela 4). Esta resposta foi observada nos dois sistemas de preparo do solo.

Entretanto, quando avaliada a produção de grãos de soja por hectare, as plantas crescidas no sistema plantio direto apresentaram produção significativamente superior ao sistema de preparo reduzido, sendo alcançado um acréscimo de 400 kg de grãos por hectare para o sistema plantio direto (Tabela 5).

Sistema de preparo do solo	Produção de massa seca da parte aérea (kg ha ⁻¹)				Média
	Testemunha	Calcário	Gesso	Calcário+ Gesso	
Plantio direto	3.493	5.670	4.620	6.930	5.178 A
Preparo reduzido	3.087	4.515	4.914	6.300	4.704 A
<i>Média</i>	3.290 c	5.092 b	4.767 b	6.615a	
Sistema de preparo do solo	Produção de grãos (kg ha ⁻¹)				Média
	Testemunha	Calcário	Gesso	Calcário+ Gesso	
Plantio direto	2.540	2.941	2.789	3.377	2.911 A
Preparo reduzido	1.909	2.666	2.361	3.123	2.514 B
<i>Média</i>	2.224 c	2.803 b	2.575 bc	3.250 a	

Tabela 5- Efeito do calcário e do gesso na produção de massa seca e de grãos da soja cultivada em sistemas de preparo de solo.

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5%.

4 | CONCLUSÕES

A aplicação de calcário combinado com o gesso agrícola aumenta a produtividade da soja. O revolvimento do solo prejudica a produtividade da soja, porém aumenta as concentrações de Ca, Mg, Zn e Mn nas folhas diagnósticas.

REFERÊNCIAS

- CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. **Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 27:275-286, 2003.
- CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. **Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo. 28: 125-136, 2004.
- DALLA NORA, D.; AMADO, T.J.C.; GIRARDELO, V.C.; MERTINS, C. **Gesso: Alternativa para redistribuir verticalmente nutrientes no perfil do solo sob sistema plantio direto.** Revista Plantio Direto. 133: 8-20, 2013.
- ESCOSTEGUY, P. A. V.; HÄNEL, J.; ROHRIG, R. **Acidez e calagem em culturas de grãos em plantio direto.** Revista Plantio Direto, Passo Fundo, Ed. 135 e 136, 2013.
- MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 83p. (Dissertação de Mestrado).
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul.** 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2a ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 1995. (Boletim Técnico, 5).