Desempenho da soja com manejos da neutralização da acidez superficial do solo

Pedro Henrique da Silva Costa[1], Vinícius Dalla Costa[2] June Faria Scherrer Menezes[3],

[1]Graduando do curso de Agronomia, UniRV. Aluno de Iniciação Científica – PIBIC-UniRV: pedrohscosta@academico.unirv.edu.br
[2]Graduando do curso de Agronomia da UniRV.
[3]Orientador·Professor Dr. da Faculdade de Agronomia da UniRV: june@unirv.edu.br;

.

Reitor:
Prof. Me. Alberto Barella Netto

Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação:
Prof. Dr. Carlos César E. de Menezes

Editor Geral:
Prof. Dra. Andrea Sayuri Silveira Dias Terada

Editores de Seção:
Profa. Dra. Ana Paula Fontana
Prof. Dr. Hidelberto Matos Silva
Prof. Dr. Fábio Henrique Baia
Profa. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2022-2023

Resumo: A região do Centro-Oeste é a maior produtora de soja do Brasil, porém possui solos com altos teores de alumínio e baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) que são fatores limitantes da produtividade. Utiliza-se calcário como corretivo da acidez do solo e também como fonte de Ca e Mg. Novos produtos estão sendo usados no intuito de fornecer formas mais ativas destes macronutrientes e proporcionar melhor estabelecimento da cultura. O objetivo com o trabalho foi avaliar a germinação e o crescimento inicial de plantas de soja utilizando estratégias inovadoras de correção do solo com óxido de cálcio e magnésio comparado com a aplicação tradicional de calcário. Dois ensaios foram conduzidos utilizando-se um Latossolo Vermelho distroférrico. O ensaio 1 teve por objetivo avaliar a germinação de sementes e o ensaio 2, avaliar o desenvolvimento inicial da soja. Foram utilizadas três formas de manejo da correção do solo (uso de óxido, uso de calcário e sem correção). As características avaliadas foram índice de germinação de sementes, altura da parte aérea e comprimento da raiz e características da acidez do solo após a aplicação dos produtos (ensaio 1) e massa seca da parte aérea e das raízes e pH final do solo (ensaio 2). Os resultados indicam que a semeadura logo após a aplicação dos corretivos e com dose excessiva de óxido prejudicam o estabelecimento inicial da cultura. Com o aumento do tempo de reação dos corretivos, o desenvolvimento inicial das plantas não é afetado, sendo óxido semelhante ao carbonato nas doses tecnicamente recomendadas.

Palavras-Chave: Alumínio tóxico. Calagem. Corretivos. Óxido de cálcio e magnésio.

Soybean performance with soil surface acidity neutralization management

Abstract: *The Midwest region is the largest soybean producer in Brazil, but it has soils with*

high aluminum contents and low calcium (Ca) and magnesium (Mg) contents, which are limiting factors of productivity. Limestone is used as a corrective of soil acidity and also as a source of Ca and Mg. New products are being used in order to provide more active forms of these nutrients and provide better establishment of the crop. The aim of this study was to evaluate the germination and initial growth of plants using innovative soil correction strategies with calcium and magnesium oxide compared to the traditional application of limestone. Two trials were conducted using a dystroferric Red Latosol. Assay 1 aimed to evaluate seed germination and assay 2 to evaluate the initial development of soybean. Three forms of soil correction management were used (use of oxide, use of limestone and without correction). The evaluated characteristics were seed germination index, shoot height and root length and soil acidity characteristics after product application (assay 1) and shoot and root dry mass and soil final pH (assay 2). The results indicate that the sowing soon after the application of the soil corrector and with an overdose of oxide impairs the initial establishment of the crop. With the increase in the reaction time of the soil corrector, the initial development of the plants is not affected, being oxide similar to carbonate in the technically recommended doses.

Keywords: *Toxic aluminum. Liming. Corrective. Calcium and magnesium oxide.*

Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill é a principal cultura no agronegócio brasileiro, introduzida aos poucos no Cerrado, fez com que a região do Centro-Oeste se tornasse uns dos maiores produtores dos grãos do Brasil (Damasceno *et al*., 2016). A área plantada de soja, no período 2022/23, teve um crescimento de 3,5% em comparação à safra anterior, atingindo 42,4 milhões de hectares (CONAB, 2023). Porém, os solos dessa região possuem características que podem ser limitantes da produtividade, que são os altos teores de alumínio (Al) e baixos teores de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). O Al é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre e é um dos principais fatores limitantes do desenvolvimento das plantas em solos ácidos, que estão presentes em aproximadamente 50% das áreas agricultáveis do mundo (Oliveira, 2019).

A calagem é uma técnica importante e bem conhecida para corrigir e elevar o pH dos solos ácidos (Barbosa *et al*., 2017), pois, neutraliza o Al do solo e fornece Ca e Mg para as plantas (Lopes *et al*., 2007). Com a elevação do pH, o Al deixa de ser tóxico para as raízes (Nascente *et al*., 2019), melhora a disponibilidade dos nutrientes e promove maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Tradicionalmente têm-se utilizado o calcário (carbonato de Ca e Mg) como corretivo da acidez do solo e também como fonte dos nutrientes Ca e Mg, porém esse material possui baixa reatividade e depende do revolvimento do solo o que resulta numa reação mais lenta (Sousa; Lobato, 2004). Em função dessas limitações, novos materiais estão sendo utilizados no intuito de fornecer formas mais ativas de Ca e Mg, capazes de disponibilizar imediatamente esses nutrientes, permitindo melhor estabelecimento da cultura (Alcântara, 2020), além de corrigir a acidez do solo.

Segundo Krzyzanowski (2004), para ser considerada de alta qualidade, a semente de soja, deve ter altas taxas de vigor, germinação e sanidade, bem como garantias de purezas física e genética, além de não conter sementes de plantas daninhas. Todos esses fatores respondem pelo desempenho da semente no campo, acarretando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental, que contribui para que sejam atingidos altos níveis de produtividade. O fator abiótico de acidez (excesso de Al) ou alcalinidade proporcionada pela correção do solo pode interferir negativamente na germinação das sementes. Para estimar a velocidade de germinação das sementes pode-se avaliar o índice de velocidade de germinação de sementes utilizando a metodologia estabelecida por Throneberrv; Smith (1955).

Maior velocidade de emergência e de desenvolvimento inicial da lavoura culmina no fechamento das entrelinhas rapidamente e acarreta no estabelecimento adequado da cultura e auxilia o controle das plantas daninhas. Por outro lado, sementes com menor velocidade de emergência resultam em plântulas fracas com menor possibilidade de se estabelecerem competitivamente no

campo resultando em queda na produtividade. Assim, a população ideal de plantas é precursora de alta produtividade.

Material e Métodos

O experimento foi realizado em casa de vegetação e foi composto por dois ensaios (ensaio 1 e ensaio 2). Sendo o ensaio 1 para avaliar a velocidade de germinação das sementes e o ensaio 2, para avaliação do desenvolvimento inicial das plantas. Os ensaios foram conduzidos em vasos de PVC de 8 dm-3 (capacidade de 10 kg de solo).

O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distroférrico (Santos *et al*., 2018) coletado na profundidade de 0 a 0,2 m, em área de Cerrado nativo. O solo foi amostrado, seco ao ar e tamisado em peneira com malha de quatro milímetros. Uma subamostra do solo foi analisada para a caracterização química (pH em CaCl2; Ca, Mg, K e Al trocáveis; H+Al e P (Mehlich I) e granulométrica seguindo-se as metodologias da EMBRAPA (2009) para determinar a necessidade de calagem (Sousa; Lobato, 2004) e as características de acidez inicial do solo (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados iniciais da análise química do solo utilizado nos ensaios 1 e 2, coletado na mata nativa da UniRV na profundidade 0-20 cm

pH	Ca	Mg	K	Al	(H+Al)	SB	T	V	m
$CaCl_2$	---------- cmolc dm^{-3} ----------							%	
5,14	3,12	1,23	0,49	0,05	4,46	4,84	9,30	52,08	1,02
P	K	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	areia	silte	argila
---------- mg dm^{-3} ----------							---------- g kg^{-1} ----------		
0,98	191	3,6	259	115	5,2	40,7	691,8	108,8	199,4

Fonte: autoria própria

Os solos com os respectivos manejos de correção do solo foram preparados antes de serem acondicionados nos vasos. Como corretivos foram utilizados o óxido de cálcio e óxido de magnésio (Oxyfertil® 6030 = 60% de CaO e 30% de MgO com PRNT de 175% e PN de 183%), o carbonato de cálcio e de magnésio (calcário dolomítico = 33,5% de CaO e 16,4% de MgO com PRNT de 97,6% e PN de 100%). As doses dos corretivos foram estimadas para aumentar a saturação de Ca na CTC para 60%. A dose de calcário foi correspondente a 4 t ha^{-1} e de óxido foi de 2,2 t ha^{-1} (D). A umidade do solo foi mantida em 70% da capacidade de campo durante toda a duração dos ensaios. Após o acondicionamento dos solos nos vasos em função dos tratamentos foi semeada a soja de uma cultivar de alta performance para a região, NEO 680 IPRO.

O delineamento foi inteiramente casualizado utilizando-se 5 tratamentos e quatro repetições. Sendo os tratamentos: 0 (controle, sem correção), 0,5 D, 1,0 D, 2,0 D do óxido e calcário dolomítico. Em que D foi a dose correspondente à correção com óxido de Ca e Mg.

No ensaio 1- Em cada vaso foram semeadas 10 sementes a fim de avaliar a velocidade de germinação das sementes em função do manejo da correção do solo e do tempo de ação dos produtos no solo após a semeadura (3 ciclos consecutivos de 10 dias). Para estimar o índice de velocidade de germinação foi utilizada a fórmula: IVG = Sn(1/i), em que ni = número de sementes germinadas no dia i, = 1,2 - - - n n = 10 dias, em uma amostra de 10 sementes (Throneberrv; Smith, 1955).

No ensaio 2- Em cada vaso após 6 meses de incubação dos produtos foram semeadas 5 sementes e aos 30 dias após a semeadura, no estádio V3 da soja, foi avaliado o desenvolvimento inicial das plantas pela massa seca da parte aérea e massa seca de raízes em função dos tratamentos. Após a retiradas das plantas dos vasos e a separação da parte aérea e das raízes, os materiais vegetais foram colocados em estufa de circulação forçada de ar a 65 ºC até peso constante e pesados em balança analítica.

Amostras de solo de cada vaso foram retiradas para determinação dos valores de pH em H_2O e teores de Ca, Mg, Al e (H+Al) nos laboratórios Multiusuário da Universidade de Rio Verde após a condução dos ensaios com o intuito de determinar a reação dos corretivos.

Os dados obtidos dos ensaios foram submetidos a análise de variância e teste de média (Scott Knott a 5% de probabilidade) utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos pelo índice de velocidade de germinação de sementes de soja em função dos tratamentos, verificou-se que com a aplicação dos corretivos, no tratamento sem correção da acidez, as sementes demoraram mais a germinar e que os corretivos e as doses utilizadas não interferiram no índice de velocidade de germinação de sementes de soja (Tabela 2).

Tabela 2 - Índice de velocidade de germinação de sementes de soja em função dos tratamentos em três ciclos de cultivos consecutivos. Rio Verde - 2023

Tratamentos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média
Controle	7,64 b	10,09 a	9,98 a	9,24
0,5 Dose de Ox	9,71	9,37	10,03	9,70
1,0 Dose de Ox	9,21	10,40	8,93	9,52
2,0 Doses de Ox	8,93	9,64	10,08	9,55
Calcário	8,44	10,15	10,04	9,54

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Ox = óxido de cálcio e de magnésio.
Fonte: autoria própria

Menor índice de germinação de sementes indica atraso no desenvolvimento inicial das plantas e consequentemente haverá menor estande de plantas na área agrícola. Segundo Cabral *et al*. (2022), a germinação das sementes e o estabelecimento inicial são potencialmente os estádios mais críticos do ciclo de vida das plantas, e a toxicidade do Al pode limitar o estabelecimento das plantas no campo e, consequentemente, a produtividade das culturas, resultados os quais reforçam a importância da correção da acidez do solo.

As alturas das plântulas de soja foram menores no 1º ciclo de crescimento das plantas, logo após a aplicação dos corretivos, o que ocasionou efeito mais negativo no crescimento das plantas (7,2 cm) principalmente com aplicação de 2 vezes a dose recomendada do óxido de Ca e Mg. Esses resultados indicam que a semeadura logo após a aplicação dos corretivos e com dose excessiva (acima do recomendado) prejudicam o estabelecimento inicial da cultura (Tabela 3). O tempo de reatividade dos corretivos é um fator importante a ser observado no manejo da acidez superficial do solo. Lembrando que, os carbonatos apresentam baixa solubilidade no solo quando comparado aos óxidos.

Segundo Alcântara (2020) a aplicação de corretivos no solo quando executada dentro de critérios bem fundamentados podem exercer vários efeitos benéficos para as culturas. Dentre os critérios está incluso maior crescimento radicular para que se possa finalmente obter uma maior produtividade das culturas (Havlin *et al*., 1999).

Tabela 3 - Altura da parte aérea e comprimento do sistema radicular de plântulas de soja em função dos tratamentos em três ciclos de cultivos consecutivos. Rio Verde - 2023

Tratamentos	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Média
	Altura das plântulas			
	---------- cm ----------			
Controle	6,79 b	10,00 a	8,98 a	8,59 B
0,5 Dose de Ox	8,02 b	11,02 a	12,03 a	10,35 A
1,0 Dose de Ox	7,91 b	10,98 a	11,20 a	10,03 A
2,0 Doses de Ox	7,31 c	10,69 b	12,56 a	10,18 A
Calcário	8,02 b	11,02 a	11,94 a	10,35 A
	Comprimento do sistema radicular de plântulas de soja			
	---------- cm ----------			
Controle	11,19 c	22,50 b	34,72 a	22,80
0,5 Dose de Ox	13,26 c	24,97 b	33,93 a	24,05
1,0 Dose de Ox	10,54 c	25,15 b	38,03 a	24,57

2,0 Doses de Ox	10,01 c	18,51 b	39,90 a	22,81
Calcário	10,60 c	22,61 b	37,37 a	23,57

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Ox = óxido de cálcio e de magnésio.
Fonte: autoria própria

Pela análise do solo após a condução do ensaio 1, observou-se que pH e os teores de Ca e Mg aumentaram no solo e os teores de (H+Al) diminuíram (Tabela 4). Com aplicação das doses recomendadas dos corretivos 1,0 dose de óxido e com o calcário, os resultados foram semelhantes. O excesso de óxido promoveu um aumento maior do pH (7,26), além da faixa ideal recomendada para as culturas de 5,5 a 6,5 e a relação mais adequada entre Ca:Mg, para a maioria das culturas, varia entre 3:1 e 4:1, em que onde um excesso de Mg poderia ocasionar em uma deficiência de Ca na planta (Sousa; Lobato, 2004).

Tabela 4 - Resultados das análises química do solo para pH, Ca, Mg e (H+Al) do ensaio 1 após a condução dos três ciclos de soja

Tratamentos	pH $CaCl_2$	Ca	Mg	(H+Al)	Ca:Mg
			----- cmolc dm^{-3} -------		
Controle	5,63 D	3,46 D	1,06 D	4,25 D	3,3 A
0,5 Dose de Ox	6,26 C	3,77 C	1,38 C	2,81 C	2,7 B
1,0 Dose de Ox	6,60 B	3,97 B	1,63 B	2,15 B	2,4 B
2,0 Doses de Ox	7,26 A	4,37 A	2,06 A	0,50 A	2,1 C
Calcário	6,74 B	4,36 A	1,97 A	1,86 B	2,2 C

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Ox = óxido de cálcio e de magnésio.
Fonte: autoria própria

Na avaliação do desenvolvimento inicial das plantas de soja (ensaio 2) observou-se que houve aumento do pH do solo com aplicação dos corretivos (Tabela 5), mas as correções do solo após 6 meses de reatividade dos produtos não ocasionaram aumento da MSPA e MSRA das plantas cultivadas em vaso até o estádio V3, por 30 dias.

Segundo Brignoli *et al*. (2020) as diferentes espécies de interesse agropecuário apresentam resposta diferenciada ao pH do solo. Para as culturas anuais, o pH ideal situa-se entre 5,5 e 6,5. Assim apenas a dose duas vezes maior que a recomendação com óxido de cálcio e magnésio ultrapassou esse valor, indicando excesso de correção.

Tabela 5 - Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca das raízes (MSRA) de soja no estádio V3 e pH final solo após a condução do ensaio 2

Tratamentos	pH $CaCl_2$	MSPA	MSRA
		g $vaso^{-1}$	
Controle	5,41 C	0,483	0,287
0,5 Dose de Ox	5,88 C	0,358	0,358
1,0 Dose de Ox	6,03 B	0,355	0,355
2,0 Doses de Ox	6,76 A	0380	0,380
Calcário	6,70 B	0,405	0,405
Média	6,15	0,556	0,357

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.
Fonte: autoria própria

Conclusão

A semeadura logo após a aplicação dos corretivos e com dose excessiva de óxido prejudica o estabelecimento inicial da cultura.

Com o aumento do tempo de reação dos corretivos, o desenvolvimento inicial das plantas não é afetado, sendo óxido semelhante ao carbonato nas doses tecnicamente recomendadas.

Agradecimentos

À Universidade de Rio Verde e ao Programa de Iniciação Científica pela oportunidade de aprendizado com a execução do projeto.

Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, H. P. de. **Óxido de cálcio e magnésio aplicados no fundo do sulco de plantio da cana-de-açúcar**, UFU. Uberlância, MG. 2020, 72p. (Tese doutorado) disponível em: http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3014

BARBOSA, J. Z. *et al*. Alkalinized sewage sludge application improves fertility of acid soil. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 41, n. 5, p. 483–493, 2017.

BIANCHETTI, A; AMARAL, E. Dia médio e velocidade de germinação de sementes de cebola (*Alilum cepa*, l) *Pesq. agropec. bras*, Brasília, 13 (N °1): 33-44,1978

BRIGNOLI, A. A. DE S. JUNIOR, GRANDO D. L., MUMBACH, G. L, PAJARA, F. G. D. Atributos biométricos da soja influenciados pelo nível de ph do solo. *Revista Científica Rural*, Bagé-RS, volume 22, nº2, ano 2020. Doi: https://doi.org/10.30945/rcr-v22i2.3211

CABRAL, R. C., ZUFFO, A. M., ENSINAS, S. C., SILVA, K. C., STEINER, F. Tolerância de cultivares de soja à toxicidade do alumínio em fase inicial. *Rev Agro Amb*, v. 15, n. 3, e8341, 2022 - e-ISSN 2176-9168 DOI:10.17765/2176-9168.2022v15n3e8341.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - (CONAB). Acompanhamento da Safra Brasileira - CAFÉ. Observatório Agrícola, v. 2, n. 4, p. 1–60, 2023. file:///C:/Users/Owner/Downloads/Graos-Apresentao-Perspectivas%20(1).pdf (acesso 04 de outubro de 2023).

DAMASCENO, C. S. B. *et al*. Peptídeos Bioativos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill): uma breve revisão. *Revista Processos Químicos*, v. 10, n. 19, p. 89–98, 2016.

EMBRAPA SOLOS. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília-DF: EMBRAPA Comunicação para a Transferência de Tecnologia, 2009.

HAVLIN, J.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999, p. 499.

KRZYZANOWSKI, F. C. Desafios tecnológicos para produção de semente de soja na região tropical brasileira. In: World Soybean Research Conference, 7.; International soybean processing and utilization conference, 4.; Congresso Brasileiro de Soja, 3., 2004, Foz do Iguassu. **Anais**... Londrina: Embrapa Soja, 2004. p. 1324-1335.

LOPES, A. S.; *et al*. **Fertilidade do Solo**. 1 edição ed. Viçosa: [s.n.].1988

NASCENTE, A. S. *et al*. **Nutrição e adubação de grandes culturas na região do cerrado**. 1. ed. Goiânia: [s.n.]. 2019.

OLIVEIRA, R. P. **Variabilidade alélica do gene ZmMATE1 associada com a tolerância ao alumínio em um painel de linhagens tropicais de milho**. [s.l.] Universidade Federal de São João Del-Rei, 2019.

SANTOS, A. D. *et al*. Modelo conceitual da degradação de poliacrilamidas (PAM) em compostos nitrogenados. *Águas Subterrâneas*, v. 32, n. 3, p. 364–371, 2018.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Embrapa, Distrito Federal. 2004. 384p.

THRONEBERRY, G. O.; SMITH, F. G. Relation of respiratory and enzimatic activity to corri seed viability. *Plant Physiology*, 30:337-43, 1956.