Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de soja e de milho com uso de óxido como corretivo da acidez superficial do solo

Maria Eduarda Matias Machado[1], Alessandro Pádua Costa Júnior[2], Vinícius Dalla Costa Silva[3], June Faria Scherrer Menezes[4], Givanildo Zildo da Silva[5]

[1]Aluno de Iniciação Científica na modalidade PIVIC, faculdade de agronomia, UniRV.
[2]Aluno de Iniciação Científica na modalidade PIBIC-UniRV, faculdade de agronomia, UniRV.
[3]Aluno faculdade de agronomia, UniRV.
[4]Professor da faculdade de agronomia, UniRV, orientador.
[5]Professor da faculdade de agronomia, UniRV, coorientador.
.

.

Reitor:
Prof. Dr. 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
Pra. Dra. Muriel Amaral Jacob
Prof. Dr. Matheus de Freitas Souza
Prof. Dr. Warley Augusto Pereira

Fomento:
Programa PIBIC/PIVIC UniRV/CNPq 2023-2024

Resumo: Estratégias inovadoras de correção do solo estão sendo usadas no intuito de fornecer formas mais ativas de Ca e Mg, como os óxidos que possuem elevada reatividade, diminuindo o tempo de reação no solo e a dose aplicada. Os objetivos do trabalho foram avaliar a germinação de sementes e o crescimento inicial de plantas de soja e de milho utilizando óxidos de Ca e Mg comparados a aplicação tradicional de carbonato. Dois ensaios foram conduzidos, um em laboratório para avaliar a germinação de sementes e outro, em casa de vegetação, a fim de avaliar o desenvolvimento inicial de plantas de soja e milho pela altura, massa seca da parte aérea e da raiz após a aplicação dos tratamentos. Utilizou-se um Latossolo Vermelho distroférrico coletado em área de Cerrado nativo. Cada ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com 4 doses de óxido de Ca e Mg (1,15, 2,3, 4,6 e 6,9 Mg ha^{-1}) e dois tratamentos adicionais: carbonato na dose 4,0 Mg ha^{-1} e um sem correção, com 5 repetições cada. Avaliou-se também o efeito dos corretivos no solo ao final do experimento. Constatou-se que doses de óxido acima da recomendada afetam a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas de soja e de milho e resultam em excesso de Ca, Mg no solo e pH alcalino. Há necessidade um período de incubação do óxido no solo antes da semeadura. O carbonato de Ca e Mg, na dose recomendada, proporciona teores adequados de Ca, Mg e pH.

Palavras-Chave: Alumínio trocável. Calagem. Carbonato.

Germination and initial development of soybean and corn plants using oxide as a corrective of soil surface acidity.

Abstract: *Innovative soil correction strategies are being used in order to provide more active forms of Ca and Mg, such as oxides that have high reactivity, reducing the reaction time in the soil and the dose applied. The objectives of this study were to evaluate seed germination and initial growth of soybean and corn plants using Ca and Mg oxides compared to traditional carbonate application. Two trials were conducted, one in the laboratory to evaluate seed germination and the other in a greenhouse, in order to evaluate the initial development of soybean and corn plants by height, shoot and root dry mass after the application of the treatments. A dystroferric Red Oxysol collected from a native Cerrado area was used. Each trial was conducted in a completely randomized design with 4 doses of Ca and Mg oxide (1.15; 2.3; 4.6 and 6.9 Mg ha^{-1}) and two additional treatments: carbonate at the dose 4.0 Mg ha^{-1} and one uncorrected, with 5 replications each. The effect of the correctives on the soil at the end of the experiment was also evaluated. It was found that oxide doses above the recommended affect seed germination and initial development of soybean and corn plants and result in excess of Ca, Mg in the soil and alkaline pH. There is a need for an incubation period of the oxide in the soil before sowing. Ca and Mg carbonate, at the recommended dose, provides adequate levels of Ca, Mg and pH.*

Keywords: *Carbonate. Aluminum. Liming.*

Introdução

Os solos da região Centro-Oeste possuem características que podem ser limitantes ao crescimento das plantas e da produtividade, que são 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 prática da calagem é uma exigência importante e bem conhecida para corrigir e elevar o pH dos solos ácidos (Barbosa et al., 2017), pois, neutraliza o Al trocável 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 e os alguns nutrientes se tornam mais disponíveis (Nascente et al., 2019) e consequentemente promove maior desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

As principais culturas no Centro-Oeste são a soja (*Glycine max* (L.) Merrill e o milho (*Zea mays*) que foram introduzidas aos poucos no cerrado, fazendo com que atualmente Goiás é uns dos maiores estados produtores dos grãos do Brasil (Damasceno et al., 2016). O sucesso no agronegócio brasileiro ocorre pelos manejos adequados de correção do solo e adubação das culturas (Sousa; Lobato, 2004).

Tradicionalmente têm-se utilizado 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 rapidamente e possivelmente com maior frequência de aplicação (Meurer, 2010).

Tanto a acidez (excesso de Al) ou alcalinidade (pH) proporcionada pela má correção do solo podem interferir negativamente na germinação das sementes afetando o estabelecimento da população de plantas requerida por cada cultura. Aspecto fundamental na determinação do estande de plantas, que contribui para que altos níveis de produtividade sejam atingidos (Silva et al., 2021).

Segundo Krzyzanowski (2004) para ser considerada de alta qualidade, a semente, 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.

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 da lavoura, culmina no fechamento das entrelinhas rapidamente e proporciona adequado estabelecimento da cultura. 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 (França-Neto, 2016). A população ideal de plantas é precursora de alta produtividade (Krzyzanowski et al., 2018).

Os objetivos com o trabalho foram avaliar a velocidade de germinação de sementes de milho e de soja e o desenvolvimento inicial das plantas de soja e de milho utilizando óxido de cálcio e magnésio (CaO e MgO) comparado com a aplicação tradicional de carbonato de cálcio e magnésio ($CaCO_3$ e $MgCO_{3,}$) para a correção da acidez do solo.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na UniRV durante o período de outubro de 2023 a maio de 2024, e foi composto por dois ensaios (ensaio 1 e ensaio 2). Sendo que o ensaio 1 foi conduzido no Laboratório de Sementes em gerbox para o teste de germinação de sementes e o ensaio 2 conduzido em casa de vegetação em vasos de PVC com capacidade de 5 dm^{-3} para avaliar o desempenho das culturas, de soja variedade NEO 720 i2X e milho, híbrido JMen 2M88.

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho distroférrico coletado na profundidade de 0 a 0,2 m, em área de Cerrado nativo e analisado para a caracterização química e granulométrica para determinar a necessidade de calagem (Sousa: Lobato, 2004). Os corretivos: carbonato de Ca e Mg e o óxido de Ca e Mg foram avaliados antes da aplicação dos tratamentos para determinação da dose recomendada de corretivos para elevação da saturação por bases (V%) em 60% da CTC.

Ensaio 1: No laboratório de sementes da UniRV, o ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo 4 doses de óxido, nas doses 1,15; 2,3; 4,6; e 6,9 Mg ha^{-1} e dois tratamentos adicionais: carbonato na dose de 4,0 Mg ha^{-1} e um controle sem correção, com 5 repetições com as duas espécies. A dose recomendada de óxido foi 2,3 Mg ha^{-1} e de carbonato foi 4,0 Mg ha^{-1} para elevar a saturação por bases a 60%. Utilizando-se caixas plásticas gerbox transparente de 11x11x3,5 cm contendo 400 g de solo foram aplicados os tratamentos e o solo foi umidificado para atingir 70% da capacidade de campo (CC). Em cada gerbox foram semeadas 25 sementes a fim de avaliar a velocidade de germinação de cada cultura em função dos corretivos seguindo-se a metodologia de Throneberrv; Smith (1955) permanecendo a 25ºC com luz constante por 5 a 8 dias. Foram realizados 2 ciclos de repetição para confirmação dos resultados.

Ensaio 2: Em casa de vegetação, o ensaio foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com os mesmos tratamentos do ensaio 1. O solo nativo foi acondicionado nos vasos antes da aplicação dos produtos. Imediatamente após a aplicação, foram semeadas 6 sementes de soja por vaso e aos 10 dias após a semeadura foi realizado o desbaste para manter duas plantas por vaso. A umidade do solo foi mantida em 70% da CC durante toda a duração do ensaio. As plantas foram cultivadas até 45 dias após a semeadura (DAS) para avaliação de crescimento das plantas. Após a soja, o mesmo procedimento foi feito utilizando-se milho. Avaliou-se altura das plantas, massa seca da parte aérea e massa seca de raízes em função dos tratamentos. Os materiais vegetais foram acondicionados em estufa de circulação forçada de ar a 65ºC até peso constante e pesados em balança analítica. Amostras de solo de cada vaso foram retiradas aos 45 e 75 dias após a aplicação dos tratamentos para determinação dos valores de pH em $CaCl_2$ e dos teores de Ca, Mg e Al nos laboratórios Multiusuários I da UniRV.

Os dados obtidos de todas as variáveis dos ensaios 1 e 2 foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e teste de médias conforme a significância utilizando-se o programa SISVAR (Ferreira, 2017).

Resultados e Discussão

A análise inicial do solo confirmou-se a acidez do solo e necessidade de correção, pois os teores de Al estavam altos e os teores de Ca e Mg baixos, com 0,30, 1,0 e 1,3 cmolc dm^{-3}, respectivamente e pH 5,2. O calcário tinha 34% de CaO, 18% de MgO, e poder relativo de neutralização total (PRNT) de 80%. E o óxido tinha 70% de CaO, 30% de MgO, e PRNT de 175%. Sendo 4,0 Mg ha^{-1} a dose recomendada de calcário e 2,3 Mg ha^{-1} de óxido.

Pelos resultados da análise de variância (ANAVA) do ensaio 1 constatou-se que as características analisadas não apresentaram significância (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da ANAVA para primeira contagem de germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG) e germinação de sementes (GS) de soja e milho em função das doses de óxido e controle com calcário

	Soja		
Fonte de variação	PCG	IVG	GS
Tratamentos	151,04^{ns}	1,20^{ns}	72,64 ^{ns}
Resíduo	106,56	0,67	84,80
Coeficiente de variação	12,87 %	12,94 %	10,20 %
Média	80	6,3	90 %
	Milho		
Tratamentos	2,56^{ns}	0,02 ^{ns}	2,056 ^{ns}
Resíduo	3,52	0,03	3,52
Coeficiente de variação	2,57 %	2,87 %	2,38 %
Média	79	6,6	79 %

ns = não significativo a 5% pelo teste F.

Tanto as sementes de soja quanto as de milho obtiveram germinação abaixo do adequado, independentemente dos tratamentos (Tabela 1). O valor mínimo de geminação aceitável para a semeadura e estabelecimento adequado de plantas no campo é 75% (Zanatta el al., 2018).

Avaliando-se o desenvolvimento das plantas de soja em casa de vegetação (ensaio 2), constatou-se que não houve variação entre os tratamentos para altura de plantas aos 15 dias e massa seca do sistema radicular (Tabela 2). Os outros parâmetros foram significativos.

Tabela 2 - Resumo da ANAVA para altura de plantas (Alt), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSRA) de soja em função de doses de óxidos, tratamento com carbonato e solo sem correção

Fonte de variação	GL	---------- Quadrado médio ----------				
		Alt 15 DAS	Alt 30 DAS	Alt	MSPA	MSRA
					-------- 45 DAS --------	
TRAT	5	0,355 ns	16,747 *	17,427 *	4,197 *	0,938¨ns
Erro	16	0,516	4,419	5,556	0,625	1,183
CV (%)		5,96	8,28	6,55	14,75	25,70
Média		12,05 cm	25,39 cm	36,01 cm	5,36 g	4,23 g

ns = não significativo e * significativo a 5% pelo teste F. DAS = Dias após a semeadura

As maiores alturas e MSPA de plantas de soja foram obtidas aos 30 e 45 DAS com as doses de 1,15 e 2,3 Mg ha^{-1} de óxido e somente a partir dos 45 DAS as plantas tiveram altura e MSPA semelhantes a aplicação do carbonato com estas mesmas doses de óxidos (Tabela 3).

Tabela 3 - Altura de plantas (Alt), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSRA) da soja em função de doses de óxido de Ca e Mg, tratamento com carbonato e solo sem correção

Tratamentos	Alt 15 DAS	Alt 30 DAS	Alt 45 DAS	MSPA	MSRA
Mg ha^{-1}	cm	cm	cm	g	g
0 (controle)	11,75	25,25 b	33,10 b	4,31 b	3,75
1,15 Ox	12,40	27,75 a	37,30 a	6,08 a	4,41
2,3 Ox	11,85	27,15 a	37,75 a	6,24 a	4,49
4,6 Ox	12,25	24,80 b	34,40 b	5,37 b	4,37
6,9 Ox	12,20	22,70 b	33,05 b	5,98 b	4,52
4,0 cal	11,85	24,70 b	36,45 a	6,70 a	3,64

Ox = óxido de Ca e Mg; cal = ccarbonato; ns = não significativo e * significativo a 5% pelo teste F. DAS =dias após semeadura. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Doses excessivas de óxido, acima do recomendado, interferiram no desenvolvimento da parte aérea das plantas, pois foram aplicados próximo a semeadura.

Avaliando-se o desenvolvimento das plantas de milho em casa de vegetação (ensaio 2), constatou-se que não houve variação entre os tratamentos, exceto para a altura de plantas aos 15 dias, em que as maiores alturas foram com as doses de 1,15 e 2,3 Mg ha^{-1} de óxido e 4,0 Mg ha^{-1} de calcário (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 - Resumo da ANAVA para altura de plantas (Alt), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSRA) de plantas de milho em função de doses de óxidos, tratamento com carbonato e solo sem correção

Fonte de variação	GL	-------- Quadrado médio ----------			
		Alt 15 DAS	Alt 30 DAS	MSPA	MSRA
TRAT	4	2,444 *	97,73 ns	0,556 ns	9,715¨ns
Erro	16	0,667	133,86	0,625	7,715
CV (%)		5,96	66,72	19,43	28,15
Média		12,05 cm	25,39 cm	5,36 g	3,64 g

ns = não significativo e * significativo a 5% pelo teste F. DAS = Dias após a semeadura

Pelos resultados pode-se inferir que doses acima do recomendado de óxidos e aplicados muito próximo a semeadura causam impedimento ao desenvolvimento das culturas.

Tabela 5 - Altura de plantas (Alt), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca de raízes (MSRA) de plantas de milho em função de doses de óxido de cálcio e magnésio, tratamento com carbonato e solo sem correção

Tratamento	Alt 15 DAS	Alt 30 DAS	MSPA	MSRA
Mg ha^{-1}	cm	cm	g	g
0 (controle)	10,55 b	13,85	2,17	3,75
1,15 Ox	12,80 a	16,65	2,58	4,41
2,3 Ox	13,85 a	19,35	2,70	4,49
4,6 Ox	12,00 b	14,80	2,88	4,37
6,9 Ox	12,20 b	16,70	2,87	4,52
4,0 cal.	13,35 a	25,45	2,93	3,64

Ox = óxido de Ca e Mg; cal = carbonato; ns = não significativo e * significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Pelo resultado das análises do solo ao final do experimento, verificou-se que as maiores doses de óxido de Ca e Mg aumentaram significativamente os teores de Ca e Mg e pH e diminuíram os teores de Al (Tabela 6). Verificou-se que o tempo de reação do produto no solo foi rápido e doses acima da recomendação dos corretivos aumentaram o pH acima do preconizado (Sousa; Lobato, 2004).

Tabela 6 - Teores de cálcio, magnésio, alumínio e valores de pH no solo em função de doses de óxido de cálcio e magnésio, carbonato e sem correção no solo, após 45 e 75 dias de aplicação dos corretivos

	Solo aos 45 dias após aplicação				Solo aos 75 dias após aplicação			
Doses	Ca*	Mg*	Al*	pH*	Ca*	Mg*	Al^{ns}	pH*
Mg ha^{-1}	------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ------			$CaCl_2$	------- $cmol_c\ dm^{-3}$ ------			$CaCl_2$
0 (controle)	1,09 b	0,53 b	0,43 c	4,99 c	1,10 d	0,59 d	0,04	5,77
1,15 Ox	1,68 b	1,05 b	0,21 b	5,52 b	2,00 b	1,30 c	0,02	6,19
2,3 Ox	2,40 a	1,43 b	0,09 b	5,92 b	2,19 c	1,92 b	0,01	6,26
4,6 Ox	2,41 a	1,22 b	0,08 a	6,02 b	2,55 c	2,22 b	0,00	6,42
6,9 Ox	3,71 a	2,80 a	0,00 a	7,22 a	3,87 a	2,69 a	0,00	7,70
4,0 cal	3,40 a	2,39 a	0,00 a	6,30 a	2,98 b	2,49 a	0,00	6,88

ns = não significativo e * significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5%.

O uso do carbonato possibilitou também estas vantagens, mas com teores adequados e não excessivos de Ca e Mg, e menor efeito do pH (Tabela 6). Tanto a acidez, pelo excesso de Al, em solo sem correção ou alcalinidade (pH acima de 6,5) proporcionados pela má correção do solo podem interferir negativamente na germinação das sementes e afetar o estabelecimento das culturas (Silva et al., 2021), fatores que irão influenciar a produtividade. Os óxidos podem ser utilizados na dose recomendada (2,3 Mg ha^{-1}), sendo a metade da dose que sera usada de carbonato (4,0 Mg ha^{-1}), mas deve-se ter um período de ação no solo antes da cultura ser implantada, de pelo menos uns 60 dias.

Conclusão

Doses de óxido de Ca e Mg acima da recomendada afetam a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas de soja e de milho e resultam em excesso de Ca, Mg e pH alcalino. Há a necessidade um período de incubação do óxido no solo antes da semeadura. O carbonato de Ca e Mg, na dose recomendada proporciona teores de Ca, Mg e valores de pH adequados.

Agradecimentos

Ao Programa de Iniciação Científica da UniRV que disponibilizou a bolsa PIVIC possibilitando a execução do trabalho.

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)

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.

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.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. de B.; HENNING, A. A. **A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular Técnica no. 136. Embrapa Soja, Londrina. 2018. 24p.

MEURER, E. J, BISSANI, C.A., CARMONA, F. C. Solos ácidos e solos afetados por sais. In: Meurer, E. J, editor. **Fundamentos de química do solo**. 4th ed. Porto Alegre, RS: Evangraf LTDA; 2010. p. 266.

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.

ZANATTA, T. P. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de soja colhidas em diferentes períodos de maturação. Revista **Cultivando o Saber**. ISSN 2175-2214 Volume 11 - n˚1, p. 92 a 109. Janeiro a Março de 2018.