

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE SANTANA DO LIVRAMENTO**  
**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**LUIS EMILIO REMEDI FROS**

**DESEMPENHO DA VARIEDADE CRIOLA AMARELÃO EM FUNÇÃO DA  
UTILIZAÇÃO DO ÓXIDO DE CÁLCIO GRANULADO EM UM ARGISSOLO  
VERMELHO**

**SANTANA DO LIVRAMENTO**

**2023**

**LUIS EMILIO REMEDI FROS**

**DESEMPENHO DA VARIEDADE CRIOLA AMARELÃO EM FUNÇÃO DA  
UTILIZAÇÃO DO ÓXIDO DE CÁLCIO GRANULADO EM UM ARGISSOLO  
VERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia pela Universidade  
Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Kruger Gonçalves

**SANTANA DO LIVRAMENTO**

**2023**

### Catálogo de Publicação na Fonte

F938d Fros, Luis Emilio Remedi.

Desempenho da variedade crioula amarelão em função da utilização do óxido de cálcio granulado em um argissolo vermelho. / Luis Emilio Remedi Fros. – Santana do Livramento, 2023.

24 f.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Kruger Gonçalves.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Curso de Bacharelado em Agronomia, Unidade em Santana do Livramento, 2023.

1. Cálcio. 2. Magnésio. 3. Corretivo. 4. Forma. 5. Granulado. I. Gonçalves, Gustavo Kruger. II. Título.

**LUIS EMILIO REMEDI FROS**

**DESEMPENHO DA VARIEDADE CRIOULA AMARELÃO EM FUNÇÃO DA  
UTILIZAÇÃO DO ÓXIDO DE CÁLCIO GRANULADO EM UM ARGISSOLO  
VERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Agronomia pela Universidade  
Estadual do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Kruger Gonçalves

Aprovado em: 12/12/2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Kruger Gonçalves  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Prof. Me. Rodrigo de Moraes Galarza  
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

---

Paulo Elias Borges Rodrigues  
Engenheiro Agrônomo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais e irmã

Agradeço aos meus amigos e colegas

Agradeço à minha instituição de ensino, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul.

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Gustavo Kruger Gonçalves.

## RESUMO

No Brasil, a produção de milho tem sido limitada em solos com baixa disponibilidade de calcário e magnésio. Uma das formas de corrigir essa deficiência é a utilização dos óxidos de cálcio na forma granulada. O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a resposta do milho a adubação com óxido de cálcio granulado. Os tratamentos consistiram em doses de óxido de cálcio granulado: a) 0 kg ha<sup>-1</sup>; b) 250 kg ha<sup>-1</sup>; c) 500 kg ha<sup>-1</sup>; d) 750 kg ha<sup>-1</sup> e e) 1000 kg ha<sup>-1</sup>. As unidades experimentais foram vasos plásticos de 4 kg de solo. O experimento foi conduzido por 50 dias, sendo avaliada a produção de massa seca das raízes, a produção de massa seca da parte aérea, altura e índice de área foliar. Os resultados demonstraram que houve uma resposta quadrática dos indicadores produtivos avaliados às doses utilizadas. Concluiu-se que a dose de 750 kg ha<sup>-1</sup> promoveu maior produção de massa seca das raízes, maior produção de massa seca da parte aérea, maior altura e maior área foliar.

**Palavras-chave:** cálcio, magnésio, corretivo, forma, granulada

## ABSTRACT

In Brazil, increases in maize production with liming have been demonstrated by its effect on increasing pH, reducing toxic Al and Mn, increasing the absorption of N, P, K and S and supplying Ca and Mg. Currently, limestone is the most used soil corrective. Other alternative materials have been sought for some specific situations, such as gypsum and granulated calcium oxides. The present work was carried out with the objective of evaluating the response of maize to fertilization with granulated calcium oxide. The treatments consisted of doses of granulated calcium oxide: a) 0 kg ha<sup>-1</sup>; b) 250 kg ha<sup>-1</sup>; c) 500 kg ha<sup>-1</sup>; d) 750 kg ha<sup>-1</sup> and e) 1000 kg ha<sup>-1</sup>. The experimental units were plastic pots containing 4 kg of soil. The experiment was conducted for 50 days, evaluating the dry mass production of the roots, the dry mass production of the aerial part, height and leaf area index. The results demonstrated that there was a quadratic response of the indicators evaluated to the doses used. It is concluded that the recommended dose of 750 kg ha<sup>-1</sup> provided greater dry mass production of the root part, greater dry mass production of the aerial part, greater plant height and greater leaf area index.

**Keywords:** calcium, magnesium, corrective, form, granulated.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo Argissolo vermelho .....	16
---	----



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Vista aérea do Experimento	16
Figura 2 – Vista frontal dos Tratamentos utilizados	17

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Figura 1 – Produção de massa seca da parte radicular do milho	18
Figura 2 – Produção de massa seca da parte aérea do milho	19
Figura 3 - Altura das plantas de milho	20
Figura 4 - Area foliar das plantas de milho	21

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	12
2	OBJETIVOS .....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	18
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
6	REFERÊNCIAS.....	23

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é a mais importante planta comercial com origem nas Américas. A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. Atualmente, o uso do milho em grão como alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo.

Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de uso desse cereal em regiões de baixa renda. Embora seja versátil em seu uso, a produção de milho tem acompanhado basicamente o crescimento da produção de suínos e aves, no Brasil e no mundo.

O milho, no Brasil, é cultivado em 3,6 milhões de propriedades rurais, abrangendo, na safra 2022/2023, uma área de 21 milhões de hectares. Apresentou, respectivamente, produção e produtividade de 129,9 milhões de toneladas e 6000 kg/ha (CONAB, 2023) Nos últimas décadas, a área plantada sofreu pequenas oscilações entre as safras, sendo observada maior incremento na produção em função do acréscimo na produtividade de milho.

A produtividade média encontra-se distante do potencial de produtividade no Brasil, de 15300 kg ha<sup>-1</sup> (RIBEIRO et al. 2020) Por definição, o potencial de produtividade é a produtividade de uma cultura que cresce sem limitações de água e nutrientes, livre de estresses bióticos (doença, pragas e plantas daninhas).

Dentre os principais limitantes da produtividade e conseqüentemente da produção de milho no Brasil, encontra-se os estresses hídricos e a acidez do solo, a qual é uma limitação mundial em decorrência da toxidez causada por Al e Mn e baixa saturação por bases (COLEMAN; THOMAS, 1967).

Segundo KAMINSKI et al. (2007), os principais fatores que acidificam o solo são os seguintes: a) precipitação pluviométrica; b) Hidrólise do Alumínio; c) Mineralização da matéria orgânica; d) Absorção de cátions e e) nitrificação.

Os fatores acidificantes de maior relevância na acidificação do solo e efeito no desenvolvimento das plantas é a influência da precipitação pluviométrica e da hidrólise de alumínio.

Em solos tropicais e subtropicais úmidos do Brasil, a precipitação pluviométrica é o principal fator acidificante no solo, já que quando combinada com gás carbônico forma o ácido carbônico, o qual se dissocia em bicarbonato e íons hidrogênios. Em pH baixo, o hidrogênio

(H<sup>+</sup>) atua sobre os minerais liberando íons alumínio (Al<sup>3+</sup>) que ficam predominantemente retidos pelas cargas negativas das partículas de argila do solo, em equilíbrio com o Al<sup>3+</sup> em solução. Assim, a quantidade de Al<sup>3+</sup> em solução aumenta com a acidez do solo (BOHNEN, 1995).

Os íons hidrogênio e Al<sup>3+</sup> ocasionam uma perda de saturação de bases ao longo do tempo, já que os mesmos substituem os cátions do solo retidos nos colóides do solo, os quais podem ficar suscetíveis a lixiviação (MEURER, 2012). Quando a remoção de cátions básicos é maior que sua taxa de liberação pelas intempéries, o pH do solo diminui.

A hidrólise do alumínio consiste na reação do alumínio trocável com a água presente na solução do solo, ocorrendo a liberação de íons hidrogênios. Além disso, o alumínio na solução do solo, ocasiona a toxidez de alumínio dificultando o desenvolvimento radicular. Muitos estudos têm mostrado que a inibição do crescimento da raiz é o sintoma visível mais rápido da toxicidade do Al em plantas, o que resulta na redução e em danos do sistema radicular, podendo conduzir à deficiência mineral e estresse hídrico (DEGENHARDT et al., 1998).

A toxicidade ao alumínio é considerada um dos mais importantes problemas de toxicidade de metais em solos ácidos com pH < 5,5 (FOY et al., 1978; ANIOL, 1990; BENNET & BREEN, 1991), por representar um fator limitante de crescimento para as plantas (FOY & FLEMING, 1976).

A acidez potencial devido ao Al trocável é observada em pH < 5,5. Em solos com pH acima de 5,5, o Al encontra-se em formas precipitadas (JONES, 1979; BOHNEN, 1995).

Outra influência negativa da toxicidade do Al<sup>3+</sup>, refere-se ao transporte de Ca<sup>2+</sup>. O transporte de Ca<sup>2+</sup> para dentro das células é energeticamente passivo e é, provavelmente, mediado por canais de membrana. Muitos cátions polivalentes inibem este transporte de Ca<sup>2+</sup> e a habilidade do Al<sup>3+</sup> em reduzir a entrada e o transporte de Ca<sup>2+</sup>, nas plantas, está bem documentado (HUANG et al., 1992; RENGEL, 1992), podendo inclusive causar deficiência desse composto (FOY, 1984).

Para corrigir a acidificação do solo, tem sido recomendada a utilização de corretivos do solo. No Brasil, aumentos na produção de soja com a calagem têm sido demonstrados por seu efeito no aumento do pH (RAIJ et al., 1977), na redução de Al e Mn tóxicos (MASCARENHAS et al., 1982), no aumento da absorção de N, P, K e S (QUAGGIO et al., 1993) e no fornecimento de Ca e Mg (MASCARENHAS et al., 1976).

Em casos de solos com concentração muito baixa de saturação de alumínio, mas com baixa concentração de Ca e Mg, a falta de suprimento de cálcio e magnésio pode limitar o

desenvolvimento da planta.

O cálcio é necessário como elemento estrutural e desempenha um papel essencial na sinalização celular. A deficiência causa redução no crescimento do tecido meristemático do caule, na folha e na ponta da raiz. Os sintomas foliares típicos de deficiência de cálcio são lesões necróticas nas margens e nas pontas, nervuras acastanhadas e deformidades nas folhas. Após uma deficiência contínua do cálcio, os meristemas morrem (TAGLIAPETRA et al. 2022)

O magnésio constitui o elemento central do anel tetrapirrol da clorofila, além de ser o maior ativado enzimático dentre os nutrientes minerais. O primeiro sintoma foliar visual de deficiência é a clorose que se desenvolve gradualmente entre as pontas das folhas velhas totalmente expandidas e é eventualmente acompanhadas por um cor roxa e murcha marrom (necrose) entre as nervuras das folhas (TAGLIAPETRA et al. 2002).

Atualmente, o calcário é o corretivo do solo mais utilizado para elevação do pH do solo. Isso se deve a maior disponibilidade, a relação custo-benefício e o seu histórico de manejo e utilização. Entretanto, outros materiais alternativos tem sido buscados para algumas situações específicas como recentemente os óxidos de cálcio da forma granulada.

O óxido de cálcio granulado aplicado em linha fornece magnésio e cálcio em profundidade, devido a sua maior solubilidade. Isso é relevante, já que o cálcio é o principal fator responsável pelo melhor crescimento do sistema radicular (RITCHEY et al. 1982), e dessa forma aumentaria a tolerância ao estresse hídrico.

O óxido de cálcio granulado melhora a fertilidade do solo pelo fornecimento de cálcio e magnésio melhora a física do solo, já que atua na flocculação dos colóides do solo, o que aumenta a macroporosidade do solo.

Em termos de tecnologia de aplicação, a sua forma granulada permite que o mesmo seja executado na linha de semeadura, além de não apresentar uma desuniformidade de aplicação como ocorre com a aplicação de óxido de cálcio em pó.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a resposta do milho a adubação com óxido de cálcio granulado.

## **2 OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Avaliar o desempenho do milho a adubação com óxido de cálcio granulado.

### **Objetivos específicos**

Mensurar a massa seca de raízes em função dos tratamentos utilizados

Mensurar a massa seca da parte aérea em função dos tratamentos utilizados

Mensurar a altura do milho em função dos tratamentos utilizados

Mensurar a área foliar em função dos tratamentos utilizados

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em na unidade da UERGS em Santana do Livramento. As unidades experimentais foram vasos plásticos de 4 kg de solo. Foi adotado o delineamento em blocos acaso, com 4 repetições (Figura 1). Os tratamentos consistiram em doses de óxido de cálcio granulado: a) 0 kg ha<sup>-1</sup>; b) 250 kg ha<sup>-1</sup>; c) 500 kg ha<sup>-1</sup>; d) 750 kg ha<sup>-1</sup> e e) 1000 kg ha<sup>-1</sup>. O produto comercial Caltim contém 31,5% de cálcio e 1,80% de magnésio. Os atributos físico-químicos do solo estão na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químico do solo Argissolo vermelho

Argila	m.o.	pH H <sub>2</sub> O	SMP	Ca	Mg	CTC pH 7,0	V	S.Al	K	P
%	%			----- cmolc kg <sup>-1</sup> -----			%	%	mg dm <sup>-3</sup>	
8	1,0	4,9	6,0	1,0	0,3	5,6	25,3	9,6	68	6,0

Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

Foram semeadas 5 sementes de milho da variedade crioula Amarelão, sendo as doses de óxido de cálcio granulado aplicadas na superfície do solo. No estágio V2, foi realizado o desbaste deixando duas plantas de milho.

As adubações de base de nitrogênio, fósforo e potássio foram realizadas de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do RS e SC (CQFS SC/RS, 2016).

Durante o experimento, as plantas foram mantidas na umidade próxima a capacidade de campo. Além disso, foram realizadas a quantificação da área foliar do estágio V1 a V6, através da medição da largura e comprimento da folha.

Figura 1. Vista aérea do experimento



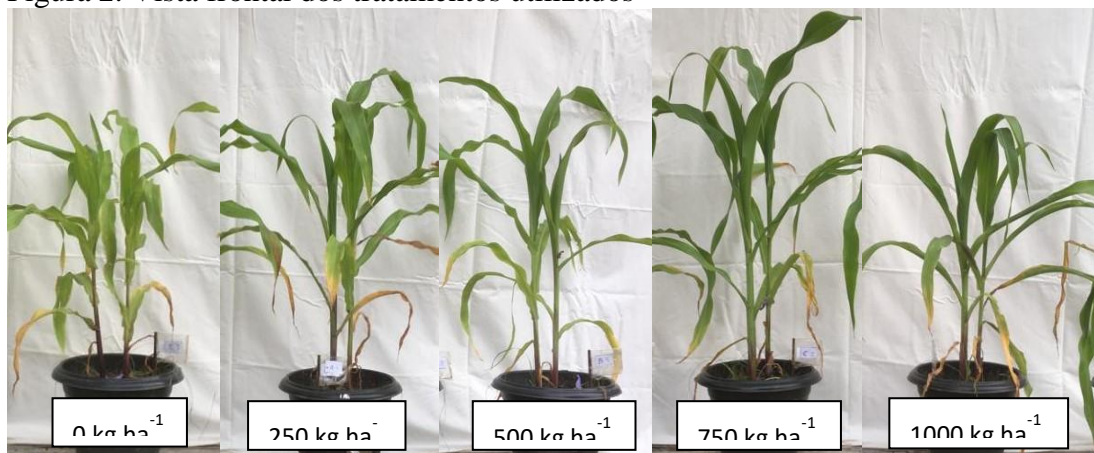
Fonte: FROS, L. E. R. (2023).



O experimento foi conduzido no período de 11 de setembro a 30 de outubro, sendo realizado o registro fotográfico dos tratamentos utilizados. Após, foi realizado a medição da parte aérea do milho e a coleta do experimento, sendo separado as raízes do solo com a utilização de água. No Laboratório de Química da UERGS, as amostras de raízes e da parte aérea foram secas em estufa a 65° C até atingir o peso constante. Depois da secagem, foram realizadas as pesagens de massa seca da parte radicular e massa seca da parte aérea.

Os dados de produção de massa seca da parte radicular, produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas e área foliar do milho foram submetidos a análise de regressão.

Figura 2. Vista frontal dos tratamentos utilizados

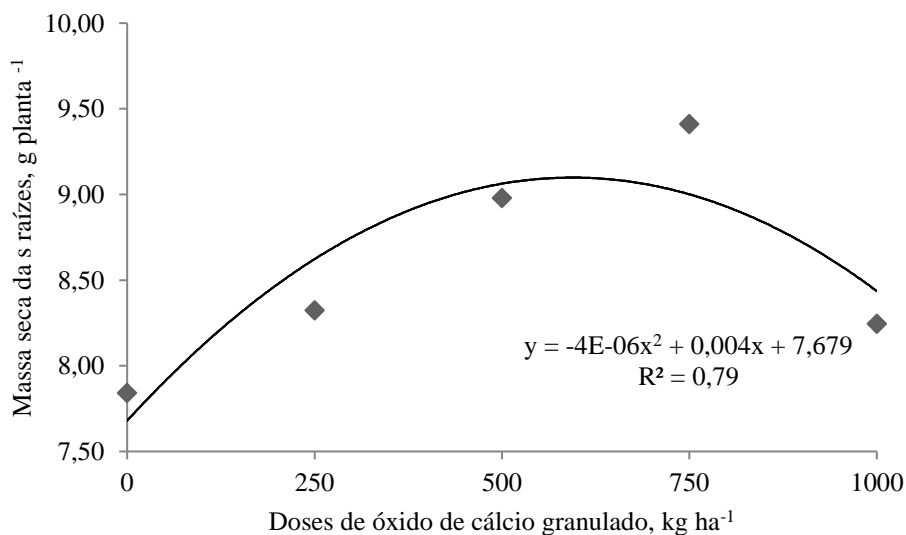


Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu uma resposta quadrática da produção de massa seca da parte radicular, da massa seca da parte aérea, da altura de plantas e índice de área foliar em função das doses de óxido de cálcio granulado utilizados (Gráfico 1, 2, 3 e 4). O solo utilizado apresentava teores de cálcio e magnésio inferior ao nível crítico (Tabela 1), o que resultou em uma baixa produção de massa seca da parte radicular e de produção de massa seca da parte aérea, menor estatura das plantas e menor área foliar no estágio V6 na testemunha, onde não foi adicionado o óxido de cálcio granulado.

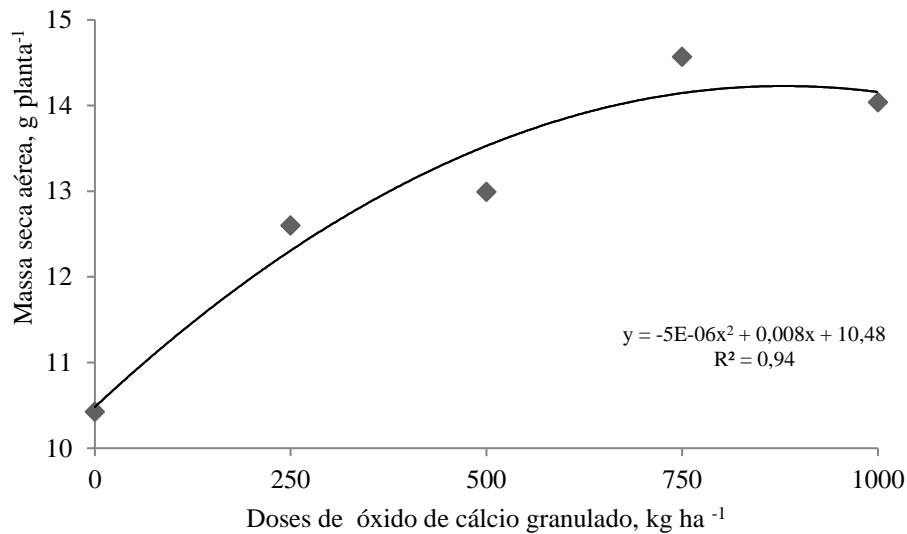
Gráfico 1 Produção de massa seca da parte radicular do milho em função das doses de óxido de cálcio granulado utilizadas



Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

A deficiência de cálcio é raramente encontrada no milho. Os sintomas começam nas folhas novas, devido a sua baixa mobilidade na planta. As pontas das folhas apresentam pontos verdes, ou esbranquiçados, ou lesões intercaladas (BULL, 1993) Entretanto, esses sintomas não foram observados até o estágio V6. De acordo com RIBEIRO et al. (2020) o acúmulo mais intenso de cálcio ocorre a partir do estágio V5 atingindo o seu apice no estágio reprodutivo R5.

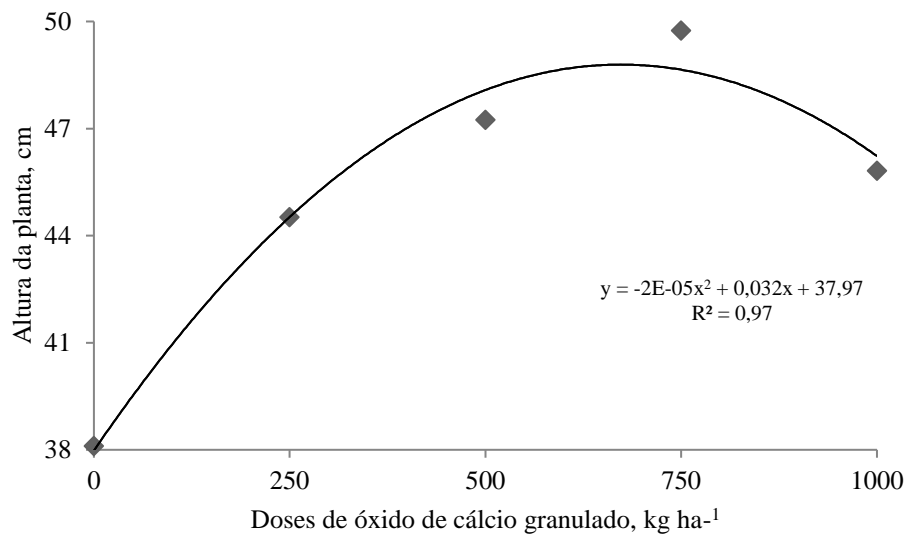
Gráfico 2 Produção de massa seca da parte aérea do milho em função das doses de oxido de cálcio granulado utilizadas



Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

A dose de máxima eficiência econômica para a produção de massa seca da parte radicular, produção de massa seca da parte aérea, altura de plantas e área foliar foram um pouco superiores a 750 Kg ha<sup>-1</sup>. De acordo com o fornecedor do óxido de cálcio granulado é recomendada uma dose de 1000 a 2000 kg ha<sup>-1</sup>. Atualmente, o preço deste produto é de 1400 R\$/T. Deve-se optar pelo corretivo ou melhorador de solo que tenha a melhor relação custo benefício ao produtor e que atinja os objetivos que se deseja e que de acordo com o produto seriam a correção mais rápida do solo e aumento dos teores de cálcio e magnésio em profundidade, o que estimularia o desenvolvimento radicular.

Gráfico 3 Altura da soja em função das doses de óxido de cálcio granuladas utilizadas



Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

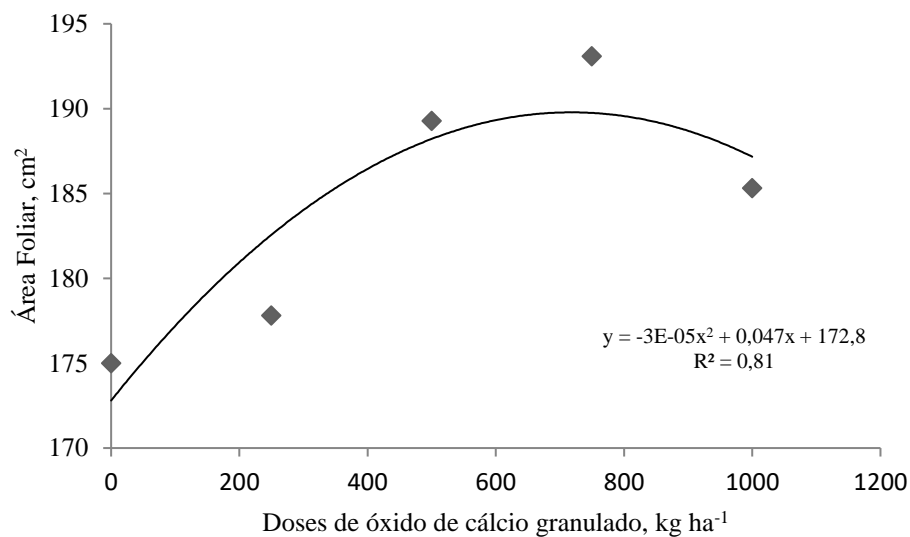
A partir da dose de máxima eficiência econômica, ocorreu uma queda na produção de massa seca da parte radicular, produção de massa seca da parte aérea, estatura das plantas e índice de área foliar. Isso pode ser ocasionado pela maior presença de cálcio e magnésio no solo oriundo das maiores doses de óxido de cálcio granulada utilizados (1000 kg ha<sup>-1</sup>). Pode ter ocorrido competição do cálcio e do magnésio com o potássio nos sítios de absorção, podendo limitar a absorção deste e de outros nutrientes cationicos. É importante salientar que o solo Argissolo, apresenta baixa retenção, o que facilitaria a lixiviação de potássio.

De acordo com Marschner (2012), o potássio compete com vários cátions pelos sítios de absorção na membrana plasmática, principalmente com NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>. Ernani et al. (2007), relata que a lixiviação de K aumenta com a adição de outros fertilizantes ao solo, como consequência do deslocamento do K das cargas negativas pelos cátions adicionados (ERNANI; BARBER, 1993; MANTOVANI et al. 2004 ERNANI et al. 2007). A aplicação de gesso agrícola também tem proporcionado lixiviação de K em alguns solos (RITCHEY et al. 1980; ERNANI et al. 1993) uma vez que o K é deslocado das cargas negativas pelo cálcio. A calagem promove o aumento das concentrações de Ca e Mg do solo, relativamente à do K, podendo reduzir a absorção de K pelas raízes e provocar sua deficiência (GOEDERT et al., 1975).

A deficiência de potássio mostra-se inicialmente como um amarelecimento e bronzeamento ao longo das margens das folhas inferiores, movendo-se gradualmente em direção à nervura principal e às folhas superiores da planta. Outro sintoma comum de deficiência de K é uma mancha marrom escura nos nódulos, no interior do colmo, que pode ser revelada pelo corte longitudinal do mesmo.

O tamanho da espiga não é tão afetado como na deficiência de N ou P, mas a extremidade dos grãos não se desenvolve e as espigas ficam com os grãos não compactamente enfileirados no sabugo, por resultado da deficiência de potássio. Como o potássio também é o maior responsável pelo uso eficiente da água, os efeitos da seca são muito mais pronunciados quando seu suprimento é inadequado (BULL, 1993).

Gráfico 4 Area Foliar do milho no estágio V6 em função das doses de óxido de cálcio granulado utilizadas



Fonte: FROS, L. E. R. (2023).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Existe resposta da variedade de milho crioulo amarelão a utilização do óxido de cálcio granulado e que de acordo com as condições experimentais, recomenda-se uma utilização de  $750 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Existe a necessidade de futuros experimentos para observar a influência dos óxido de cálcio granulado nos componentes da produtividade do milho, no acúmulo de cálcio e magnésio em todas as fases de desenvolvimento e em diferentes texturas e camadas de solo.

## 6 REFERÊNCIAS

- BENNET, R.J., BREEN, C.M. The aluminium signal: new dimensions to mechanisms of aluminium tolerance. *Plant and Soil*, Netherlands, v.134, p.153-166, 1991.
- BOHNEN, H. Acidez e calagem. In: GIANELLO, C., BISSANI, C.A., TEDESCO, M.J. (eds.) *Princípios de fertilidade de solo*. Porto Alegre : Dep. de Solos. Fac. de Agronomia. UFRGS, 1995. p.51-76.
- BÜLL, L.T. Nutrição mineral do milho. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H.; ed. *Cultura do Milho*. Piracicaba, POTAFOS, 1993.
- COLEMAN, N.T. & THOMAS, G.W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F., eds. *Soil acidity and liming*. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.
- CONAB. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) *Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p.
- DEGENHARDT, J., LARSEN, P.B., HOWELL, S.H., et al. Aluminum resistance in the Arabidopsis mutant alr-104 is caused by an aluminum-induced increase in rhizosphere pH. *Plant Physiology*, Minneapolis, v.117, p.19-27, 1998.
- ERNANI, P.R.; MIQUELLUTI, D.J.; FONTOURA, S.M.V.; KAMINSKI, J.; ALMEIDA, J.A. Downward movement of soil cations in highly weathered soils caused by addition of gypsum. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 37:571-586, 2006 15
- ERNANI, P.R.; BARBER, S. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. *R. Bras. Ci. Solo*, 17:41-46, 1993 16
- ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SCHNEITZER, C. Lixiviação de nitrogênio a partir da ureia influenciada pelo pH do solo e pela adição de superfosfato triplo. In: FERTIBIO, 2004, Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CDROM 18
- CHAVES, L.H.G.; LIBARDI, P.L. Lixiviação de potássio e cálcio mais magnésio influenciada pelo pH. *R. Bras. Ci. Solo*, 19:145-148, 1995, 19
- ERNANI, P.R.; MANTOVANI, A.; SCHEIDT, F.R.; NESI, C. Mobilidade de nutrientes em solos ácidos decorrentes da aplicação de cloreto de potássio e calcário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, 2003. Resumos Expandidos. Ribeirão Preto, 2003. CD-ROM
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas da camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. *R. Bras. Ci. Solo*, 3: 241-245, 1986
- FOY, C.D., CHANEL, R.L., WRITE, M.C. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review Plant Physiology*, Bethesda, v.29, p.511-566, 1978.

FOY, C.D., FLEMING, A.L., BURNS, G.R., et al. Characterization of differential aluminum tolerance among varieties of wheat and barley. *Soil Science of America Proceeding*, Madison, v.31, p.513-521, 1967.

HUANG, J.W., GRUNES, D.L., KOCHIAN, L.V. Aluminum effects on the kinetics of calcium uptake into cells of the wheat root apex. *Planta*, Heidelberg, v.188, p.414-421, 1992.

JONES, D.L., KOCHIAN, L.V. Aluminum inhibition of the 1,4,5-triphosphate signal transduction pathway in wheat roots: a role in aluminum toxicity? *Plant Cell*, Baltimore, v.7, p.1913-1922, 1995.

KAMINSKI, J. et al. Acidez e calagem em solos do sul do Brasil: aspectos históricos e perspectivas futuras. In: CERETTA, C.A.; SILVA, L.S.; REICHERT, J.M. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 307- 332 p.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; MOTTER, F.; GRACIETTI, M.A. Mobilidade de nitrogênio num solo ácido decorrente da aplicação de fertilizantes nitrogenados e superfosfato triplo. In: FERTIBIO, 2004, Lages, 2004. Resumos. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. CD-ROM 17

MARTIN et al. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2022/2023 e 2023/2024 . Santa Maria: Editora GR, 2022.

MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; BATAGLIA, O.C.; BULISANI, E.A.; FEITOSA, C.T. & HIROCE, R. Efeito do corretivo sobre soja cultivada em solo de cerrado contendo Al e Mn. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. Anais. Londrina, EMBRAPACNPSO, 1982. p.567-573.

MASCARENHAS, H.A.A.; GALLO, J.R.; RAIJ, B. van; IGUE, T. & BATAGLIA, O.C. Efeitos da calagem nas características químicas do solo e na nutrição de soja em Latossolo Roxo distrófico. *Bragantia*, 35:273-278, 1976

MEURER, E. J. Fundamentos da química do solo. Ed. Porto Alegre: Evangraf, 5ªed. 280p. 2012.

NOVAIS, R. F.; et al. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:375-383, 1993.

RAIJ, B. van. Acidez e calagem. In: VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas. Jaboticabal: FCAV, 2010. p. 37-68.

RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; MASCARENHAS, H.A.A.; HIROCE, R.; FEITOSA, C.T.; NERY, C. & LAUN, C.R.P. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. *R. Bras. Ci. Solo*, 1:28-31, 1977.

RENGEL, Z. Role of calcium in aluminium toxicity. *The New Phytologist*, Cambridge, v.121, p.499-513, 1992.

RIBEIRO, S. M. R., et. al. Ecofisiologia do milho visando altas produtividades. Ed. Palloti, 2020. 202p.



RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savannah Oxisol. *Agron. J.*, 72:40-44, 1980 12

RITCHEY, K.D.; SILVA, S.E. & COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Sci.*, 133:378- 382, 1982.

TAGLIAPIETRA et al. *Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades*. 2. Ed. Santa Maria, 2022.

USDA. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home>