

DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE GESSO EM SOLO SEM TOXIDEZ DE ALUMÍNIO

Marcos Vinicius de Barros Oliveira¹, Felipe Quartucci²

RESUMO: O milho é o segundo grão mais plantado no Brasil. O manejo de fertilidade e acidez de solo garantiram grandes incrementos de produtividade, com destaque para o manejo da acidez de subsolo com gesso. No entanto, o gesso agrícola vem sendo aplicado também em áreas sem toxidez de alumínio e com níveis adequados de cálcio em subsuperfície. Neste sentido, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de gesso no desenvolvimento da cultura do milho em solos sem toxidez de alumínio. O experimento foi implantado em Itapetininga-SP, em vasos de 18 litros, em delineamento em blocos casualizado e 4 repetições. O solo utilizado no experimento possuía textura argilosa e não possuía alumínio em solução. Os tratamentos foram: T1) sem aplicação de gesso (testemunha); T2) metade da dose e; T3) dose recomendada. Aos 50 dias após a semeadura, foram avaliados a altura, massa verde da parte aérea e crescimento do sistema radicular até os 15 cm e mais profundo que 15 cm. Os resultados obtidos mostraram que não houve diferença estatística entre os tratamentos para as variáveis altura de plantas, massa verde de parte aérea e massa verde de raízes 0-15 cm. No entanto, para a massa verde de raízes >15cm e massa verde de raízes total, os resultados indicam diferenças estatísticas entre os tratamentos, onde o T3 diferiu estatisticamente do T1. Já o T2 foi estatisticamente igual ao T1 e ao T3. Os resultados indicam possível resposta para doses intermediárias entre 50% e 100% da dose recomendada. O gesso pode ser recomendado em áreas sem toxidez de alumínio, com efeitos positivos no desenvolvimento do sistema radicular e possível redução de stress hídrico. Há potencial de redução da doses e, portanto, sugerem-se novas pesquisas com doses intermediárias entre a dose recomendada e metade da dose.

Palavras chave: Acidez trocável. Cálcio. Sistema radicular. *Zea mays*.

ABSTRACT: Corn is the second most planted grain in Brazil. The management of soil fertility and acidity ensured large increases in productivity, with emphasis on the management of subsoil acidity with gypsum. However, agricultural gypsum has been applied also in areas without aluminum toxicity and with adequate levels of calcium in the subsurface. In this sense, this work aimed to evaluate the effect of different doses of gypsum on the development of corn in soils without aluminum toxicity. The experiment was implemented in Itapetininga-SP, in 18-liter pots, in a randomized block design and four replications. The soil used in the experiment had a clay texture and did not have aluminum in solution. The treatments were: T1) without gypsum application (control); T2) half the dose and; T3) recommended dose. At 50 days after sowing, height, green mass of the aerial part and growth of the root system up to

¹ Aluno do curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara – FAESB, Tatuí, SP

² Pesquisador de Ciências do Solo do curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara – FAESB, Tatuí, SP

15 cm and deeper than 15 cm were evaluated.. The results obtained showed that there was no statistical difference between treatments for the variables plant height, green mass of aerial part, green mass of roots 0-15 cm. However, for green root mass > 15cm and total green root mass, the results indicate statistical differences between treatments, where T3 differed statistically from T1. T2 was statistically equal to T1 and T3. The results indicate a possible response to intermediate doses between 50% and 100% of the recommended dose. Gypsum can be recommended in areas without aluminum toxicity, with positive effects on the development of the root system and possible reduction of water stress. There is potential for dose reduction and, therefore, further research is suggested with intermediate doses between the recommended dose and half the dose.

Key words: Exchangeable acidity. Calcium. Root system. *Zea mays*.

Introdução

O milho é o grão cultivado em maior escala no mundo e o segundo grão mais cultivado no Brasil. A produtividade apresenta constante crescimento, tendo saído de uma média nacional de 1.632 kg ha⁻¹ na safra de 1976/77 para 4.178 kg ha⁻¹ na safra 2015/16 (SOUZA et al., 2018). Dentre os fatores que contribuíram para essa crescente produtividade, destaca-se o manejo da acidez e fertilidade dos solos (LOPES; GUILHERME, 2007).

A calagem e a gessagem são as principais técnicas recomendadas para a correção da acidez do solo. A calagem é recomendada para correção da acidez em superfície e baseia-se na aplicação de calcário, composto de baixa solubilidade e que, além corrigir a acidez trocável (Al³⁺), aumenta o pH (acidez ativa) do solo e fornece macronutrientes como cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1990; PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2004). A metodologia mais utilizada para a recomendação de calcário no estado de São Paulo é a da saturação por bases (RAIJ et al., 1997).

O gesso é um composto de alta mobilidade no solo e, por esse motivo, é recomendado para corrigir camadas mais profundas. Após a aplicação em superfície, há a movimentação de bases e sulfato para camadas mais profundas. Este último, forma complexos não tóxicos com o alumínio. A redução da atividade do alumínio tóxico em conjunto com uma maior distribuição de bases podem favorecer o desenvolvimento do sistema radicular (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005).

De acordo com Lopes e Guilherme (2007), a descoberta da ação do gesso no desenvolvimento do sistema radicular da planta se deu por acaso na década de 70. Um agricultor no Paraná usou por mais de 10 anos o superfosfato simples, que contém gesso em sua composição, enquanto seus vizinhos usavam outras fontes de fósforo, como superfosfato triplo ou termo fosfato. Após um veranico, a cultura dele não apresentou problemas, enquanto que a dos seus vizinhos sofreram com déficit hídrico. Verificaram então que o sistema radicular do milho e soja chegaram a 120 cm, enquanto que dos seus vizinhos a profundidade era de 60 cm. Ainda, de acordo com os autores, a partir desse fato, o estudo do gesso e sua aplicação na agricultura tiveram um grande impulso, fazendo do Brasil o país com maior número de estudos da utilização do gesso para melhoria do subsolo e desenvolvimento do sistema radicular.

A melhoria das condições de subsuperfície do solo com a aplicação de gesso acarreta em melhoria da distribuição do sistema radicular, atingindo maiores profundidades e explorando um volume maior de solo. O melhor enraizamento, por sua vez, aumenta o aproveitamento da água do solo, diminuindo stress hídrico da planta (MAGALHÃES; SOUZA; ALBUQUERQUE, 2012; ZANDONÁ et al., 2015)(MAGALHÃES; SOUZA; ALBUQUERQUE, 2012; SOUSA; LOBATO; REIN, 2005; ZANDONÁ et al., 2015). Sousa et al. (2005) relataram aumento da ocupação de raízes abaixo de 45 cm de profundidade em solo argiloso pelo milho após aplicação de gesso. Apenas 1% das raízes do milho ocupavam as camadas de 45-60 cm e 60-75 cm sem aplicação de gesso, enquanto que com a aplicação houve uma ocupação de 18% e 12%, respectivamente. Müller et al. (2019) verificaram aumento do comprimento do sistema radicular do milho em sistema de plantio direto quando aplicado 6,0 t ha⁻¹ de gesso. Os autores relataram ainda maior área e volume de raízes na profundidade de 40-60 cm em comparação com a testemunha sem aplicação de gesso.

Há diversas metodologias para recomendação de gesso, cabendo ao recomendante escolher a que lhe for mais conveniente (VITTI et al., 2015). A princípio, há a necessidade de realizar análise de solo de subsuperfície (20-40 cm ou mais profundo). Se os teores de Ca estiverem abaixo de 4,0 mmol_c dm⁻³ e a saturação por Al (m%) acima de 40%, recomenda-se a aplicação (RAIJ et al., 1997). No entanto, a escolha dos parâmetros pode variar dependendo da metodologia utilizada. De acordo com Sousa et al. (2005), quando o subsolo apresentar teores de Ca abaixo de 5,0 mmol_c dm⁻³ e m% acima de 20%, deve-se aplicar o gesso.

No entanto, a constatação da realidade de agricultores da região de Itapetininga tem demonstrado que a aplicação de gesso se dá mesmo em solos sem toxidez de Al e com níveis adequados de Ca. Tem-se observado também a aplicação de gesso mesmo sem resultado de análise de solo de subsuperfície. Dessa forma, este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes doses de gesso no desenvolvimento da cultura do milho em solos sem toxidez de alumínio.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido na cidade de Itapetininga-SP, que está a uma altitude média de 671 m, e o clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido, sem estação seca e com verão quente) (ALVARES et al., 2013). O experimento foi realizado em vasos de 30 cm de altura, os quais ficaram em campo aberto, em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições por tratamento. Os vasos foram preenchidos com solo coletado no município de Itapetininga-SP. O solo possui 45,4% de argila, 12,5% de silte e 42,1% de areia, sendo considerado de textura argilosa. O teor de cálcio era de 27 mmol_c dm⁻³ e não possuía alumínio em solução. A análise química do solo pode ser vista na tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros químicos do solo coletado em Itapetininga e utilizado no experimento.

M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	m%	V%	
g dm ⁻³	CaCl ₂	mg dm ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----								%	%
19	4,6	75	1,9	27	7	0	53	35,9	88,9	0	55	

SB= Soma de Bases. CTC = Capacidade de Troca Catiônica. V%=Saturação por Bases. m%= Saturação por Alumínio.

Após o enchimento dos vasos, foi realizada a aplicação e incorporação de calcário dolomítico na dose de 3,0 t ha⁻¹, de acordo com metodologia proposta por (RAIJ et al., 1997). Doze dias após aplicação e incorporação do calcário, foi aplicado o gesso em superfície em diferentes doses, que correspondem aos tratamentos: T1) testemunha sem aplicação de gesso; T2) 1.350 kg ha⁻¹ o que corresponde à metade da dose recomendada e; T3) 2.700 kg ha⁻¹ o que corresponde à dose recomendada. A dose foi baseada em Raji et al. (1997), seguindo a fórmula NG = 6 x argila (g/kg). No dia 31/08/2019, cinco dias após a aplicação de gesso, foram semeadas 3 sementes de milho híbrido AG 8740 PRO3 por vaso. No mesmo dia foi realizada adubação de base com 714 kg ha⁻¹ da formulação 04-28-08.

Cinco dias após a germinação das sementes, foi realizado um desbaste deixando somente a planta mais vigorosa em cada vaso. Vinte dias após a emergência, quando as plantas estavam no estágio fenológico V3/V4 foi realizada adubação de cobertura com 178 kg ha⁻¹ de ureia e 67 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Durante a condução do experimento foi realizada catação de plantas invasoras uma vez por semana e não houve infestação por pragas ou doenças. Embora os vasos estivessem em local descoberto, foi realizada irrigação até a capacidade de campo do solo sempre que passavam 3 dias sem precipitação maior que 10 mm.

No dia 20/10/2019, cinquenta dias após a semeadura, quando as plantas estavam no estágio fenológico V7/V8, foram avaliados altura de plantas (ALT), massa verde parte aérea (MVPA), comprimento de raízes (CR), massa verde de raízes de 0-15 cm (MVR015), massa verde raízes acima de 15 cm (MVR>15) e massa verde raízes total (MVRT). Para avaliar a altura de plantas foi utilizado fita métrica, onde se realizou a medição da base da planta até a última folha expandida. A massa verde de parte aérea foi avaliada cortando a planta na sua base e pesando toda a parte aérea em balança de precisão. Para avaliação de raízes, o solo do vaso foi descartado com cuidado para não danificar as raízes. Após isso, as raízes foram lavadas em água corrente a fim de retirar solo grudado. Aguardou-se alguns minutos até que as raízes estivessem secas e então foi avaliado o comprimento da base do caule até o seu final, com auxílio de fita métrica. Então, o sistema radicular foi cortado aos 15 cm abaixo da inserção no caule, resultando em duas partes: 0-15 cm e abaixo de 15 cm. Cada parte foi pesada em balança de precisão, resultando na massa verde raízes de 0-15 cm (MVR015) e massa verde de raízes abaixo de 15 cm (MVR>15). O valor de massa verde de raiz total foi obtido através da soma dos valores encontrados na avaliação anterior.

Os dados foram submetidos ao teste de variância ANOVA e teste Duncan (P<0,05), a fim de avaliar as diferenças entre doses de gesso para cada variável medida. Utilizou-se o programa estatístico SPSS.

Resultados e discussão

Sistema radicular

A aplicação de gesso em solos sem toxidez de alumínio e com teores altos de Ca influenciou positivamente o desenvolvimento do sistema radicular do milho até os 50 dias. Houveram respostas positivas para as variáveis CR, MVR>15 e MVRT. Porém a aplicação de gesso não influenciou o desenvolvimento de raiz em superfície (MVR015), como pode ser observado na tabela 02.

Tabela 02. Comprimento de raízes (CR em cm planta⁻¹), massa verde de raízes total (MVRT em g planta⁻¹), massa verde de raízes de 0-15cm (MVR015 em g planta⁻¹), massa verde de raízes abaixo de 15cm (MVR>15 em g planta⁻¹), aos 50 dias após a semeadura do milho em Itapetininga.

Tratamento	CR (cm planta ⁻¹)	MVRT (g planta ⁻¹)	MVR015 (g planta ⁻¹)	MVR>15 (g planta ⁻¹)
T1	72,25 a	39,50 a	13,25 a	26,25 a
T2	80,75 b	44,25 ab	15,75 a	28,50 ab
T3	83,00 b	49,25 b	16,00 a	33,25 b
CV%	7,4	13,0	17,5	13,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente no teste Duncan (P<0,05).

O gesso apresentou resultados positivos no comprimento total da raiz, com um acréscimo de 14,9% e 11,8% em relação a testemunha quando aplicados a dose recomendada e metade da dose recomendada, respectivamente. Ambos os tratamentos foram estatisticamente superiores a testemunha e não diferiram entre si. Observou-se também uma maior massa total de raízes (MVRT). Nesse caso, somente o tratamento 3 (dose recomendada) diferiu estatisticamente da testemunha, com um aumento de 24,7%. A massa total de raízes não diferiu estatisticamente da testemunha nem da dose recomendada quando foi aplicada metade da dose.

Quando analisamos o sistema radicular nas duas profundidades, concluímos que o desenvolvimento em subsuperfície foi o responsável pelo maior desenvolvimento do sistema radicular total. A MVR015 não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, indicando que a aplicação de gesso não influenciou o desenvolvimento do sistema radicular em superfície. Inversamente, houve um incremento de 26,7% na MVR>15 quando aplicada a dose recomendada em relação a testemunha. Quando foi aplicada metade da dose, não houve diferença estatística para a testemunha ou dose recomendada.

Rocha et al. (2008) avaliaram o sistema radicular de cana-de-açúcar após aplicação de gesso, calcário, combinação de gesso e calcário e testemunha sem aplicação. Os autores encontraram um aumento na quantidade de raízes abaixo de 40 cm quando aplicado o gesso sozinho ou em combinação com o calcário. O calcário sozinho, embora superior a testemunha, não apresentou os mesmos resultados que o gesso, evidenciando o efeito desse último no desenvolvimento do sistema radicular em profundidade. Calandrelli et al. (2016) avaliando o efeito do gesso e utilização de haste sulcadora em plantio direto de soja, também encontraram efeitos positivos no desenvolvimento do sistema radicular no perfil do solo, independentemente do uso ou não da haste. Em contrapartida, Caires et al. (2004) não encontraram maior desenvolvimento do sistema radicular do milho quando utilizado gesso, embora houve influência positiva na produtividade de grãos.

O maior desenvolvimento do sistema radicular em subsuperfície pode ser atribuído a uma possível melhoria das condições de subsolo. Embora o solo do experimento não apresentasse alumínio, um elemento tóxico para as plantas e que reduz o crescimento radicular (ALCÂNTARA et al., 2015; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; ROSSIELLO; JACOB NETTO, 2006), pode ter havido um movimento de nutrientes abaixo de 15 cm. O trabalho de Caires et al. (2004) encontrou maiores teores de Ca^{2+} e SO_4^{2-} no subsolo com a aplicação de gesso, sendo que o cálcio é um elemento que estimula o desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; VITTI; LIMA; CICARONE, 2006). Amaral et al. (2017) apresentaram resultados semelhantes, com incremento dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e SO_4^{2-} e na camada de 20-40 cm após a aplicação de gesso.

Um aspecto interessante dos resultados foi que, quando utilizada metade da dose recomendada (T2), os resultados de MVR $>$ 15 e MVRT não diferiram da dose recomendada (T3), nem da testemunha (T1), mostrando uma tendência de resposta do sistema radicular a doses menores que a normalmente recomendada. Especula-se que com uma dose intermediária entre 50% e 100% os resultados para o crescimento de raízes seja estatisticamente semelhante a dose recomendada, e superior a testemunha. Nesse caso, pode-se obter um resultado positivo de crescimento de raízes, com um uso de insumos menores. No entanto, futuros trabalhos devem ser desenvolvidos a fim de confirmar ou não essa tendência.

Além dos benefícios para a cultura, um maior desenvolvimento do sistema radicular pode contribuir para mitigação de mudanças climáticas. Nesse aspecto, os solos desempenham um papel importante, uma vez que o estoque de carbono do solo é maior do que os reservatórios atmosféricos e da vegetação combinados (LAL, 2018). Assim, o crescimento da raiz leva carbono em profundidade ao solo que, após a morte das raízes, pode ser incorporado e estabilizado na matéria orgânica do solo, especialmente em profundidade (ECLESIA et al., 2016; HU et al., 2016; RASSE; RUMPEL; DIGNAC, 2005) (ECLESIA et al., 2016; HU et al., 2016). No nosso trabalho, a aplicação de gesso provocou maior crescimento do sistema radicular em profundidade sem no entanto alterar o crescimento da parte aérea. Portanto, a aplicação de gesso pode ser usada com uma técnica auxiliar no aumento dos teores de carbono do solo.

Parte aérea

A aplicação de gesso, independentemente da dose, não influenciou o desenvolvimento da parte aérea do milho até os 50 dias, como pode ser observado na tabela 03. A altura média das plantas foi de 64,75 cm quando utilizada a dose recomendada de gesso e 62,75 cm quando não foi utilizado. No entanto, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Mesmo padrão pode ser observado para a massa verde da parte aérea, atingindo 124,5 g quando o gesso foi aplicado na dose recomendada e 116,5 g quando não foi aplicado, sem diferença estatística.

A avaliação do nosso trabalho se deu a 1/3 do ciclo completo do milho. Nessa época, não foi verificada diferença no crescimento da parte aérea. No entanto, outros trabalhos encontraram efeitos positivos da aplicação de gesso ao final do ciclo. Em Caires et al. (2004) houve aumento de 17% na produtividade de grãos de milho, embora os autores não observaram aumento do crescimento do sistema radicular. Eles atribuíram a maior produtividade ao aumento dos teores de nutrientes no subsolo. No trabalho de Zandoná et al. (2015), houve aumento de 9,3% na produtividade de milho e 11,4% na produtividade da soja com a aplicação de gesso.

Tabela 3. Altura das plantas (ALT em cm planta⁻¹) e massa verde da parte aérea (MVPA em g planta⁻¹), aos 50 dias após a semeadura do milho em Itapetininga.

Tratamento	ALT (cm planta ⁻¹)	MVPA (g planta ⁻¹)
T1	62,75 a	116,5 a
T2	64,50 a	122,0 a
T3	64,75 a	124,5 a
CV%	3,7	5,0

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente no teste Duncan (P<0,05).

Mesmo não sendo observado aumento do crescimento da parte aérea, a aplicação de gesso em solos sem toxidez de alumínio e com níveis adequados de cálcio pode trazer benefícios para a cultura, em especial em períodos de déficit hídrico. Com um maior aproveitamento do perfil do solo e maior quantidade de raízes em profundidade observados nesse trabalho, o impacto de um veranico tende a ser menor, devido a maior absorção de água de camadas mais profundas (SOUSA; LOBATO; REIN, 2005). Conforme observado por Pauletti et al. (2014), o gesso tem efeito positivo sobre a produtividade do milho em períodos de déficit hídrico. Além disso, devido às mudanças climáticas, há uma previsão de aumento dos períodos de seca (PEREIRA et al., 2018). Portanto, um manejo que estimule o crescimento radicular em

profundidade pode prevenir perdas de produtividade. Por fim, uma melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo encontrada em diversos trabalhos (AMARAL et al., 2017; CAIRES et al., 2003, 2004; ROCHA et al., 2008) pode ser um benefício agregado da aplicação do gesso à cultura do milho, em áreas sem presença de alumínio.

Conclusão

A aplicação de gesso agrícola em solos sem toxidez de alumínio influenciou positivamente o desenvolvimento de raízes abaixo de 15 cm de profundidade.

A aplicação de gesso não influenciou o desenvolvimento da parte aérea, independentemente da dose.

A aplicação de gesso agrícola pode ser realizada mesmo em solos sem toxidez de alumínio. Neste caso a aplicação visa melhorar a distribuição do sistema radicular e fornecer mais nutrientes no perfil do solo, com possível impacto positivo em períodos de déficit hídrico.

Há potencial para resultados positivos no desenvolvimento do sistema radicular do milho com doses menores à metodologia proposta por (RAIJ et al., 1997). Sugerem-se novas pesquisas com doses intermediárias entre a dose recomendada e metade da dose.

Agradecimentos

Os autores desse estudo agradecem à Faculdade de Ensino Superior Santa Bárbara – FAESB pela disponibilização de materiais e estrutura de laboratório para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso que culminou nesse trabalho.

Referências

- ALCÂNTARA, B. K. et al. Temporal dynamics of the response to al stress in eucalyptus Grandis × eucalyptus Camaldulensis. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, p. 1063–1070, 2015.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- AMARAL, L. A. et al. Efeito de doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas no solo. **Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 31, 2017.
- CAIRES, E. F. et al. 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**, v. 27, n. 2, p. 275–286, 2003.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 125–136, 2004.
- CALANDRELLI, A. et al. **Distribuição de raízes de soja em semeadura com haste no SPD em função da escarificação e gessagem**. XI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. **Anais...**Londrina-PR: Embrapa Soja, 2016
- ECLESIA, R. P. et al. Stabilization of new carbon inputs rather than old carbon decomposition determines soil organic carbon shifts following woody or herbaceous vegetation transitions. **Plant and Soil**, v. 409, n. 1–2, p. 99–116, 2016.
- HU, Y. L. et al. Root rather than leaf litter input drives soil carbon sequestration after afforestation on a marginal cropland. **Forest Ecology and Management**, v. 362, p. 38–45, 2016.
- LAL, R. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. **Global Change Biology**, v. 24, n. 8, p. 3285–3301, 2018.
- LOPES, A. .; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. **Fertilidade do solo**, p. 2–61, 2007.
- LOPES, A. S.; SILVA, M. DE C.; GUILHERME, L. R. G. **Boletim Técnico N° 1 Acidez do solo e calagem**. São Paulo: [s.n.].
- MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C. DE; ALBUQUERQUE, P. E. P. DE. Efeitos do Estresse Hídrico na Produção de Grãos e na Fisiologia da Planta de Milho. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Milho e Sorgo**, p. 37, 2012.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.
- MÜLLER, M. M. L. et al. **Crescimento radicular de milho sob doses de gesso agrícola e nitrogênio em sistema plantio direto**. VI Reunião Paranaense de Ciência do Solo - RPCS. **Anais...**Ponta Grossa: 2019

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 38, p. 495–505, 2014.

PEREIRA, V. R. et al. Impacts of climate change on drought: Changes to drier conditions at the beginning of the crop growing season in southern Brazil. **Bragantia**, v. 77, n. 1, p. 201–211, 2018.

PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O. Características de corretivos agrícolas. **Embrapa**, p. 28, 2004.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo 2.ed. rev. e atual.** Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

RASSE, D. P.; RUMPEL, C.; DIGNAC, M. F. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. **Plant and Soil**, v. 269, n. 1–2, p. 341–356, 2005.

ROCHA, A. T. et al. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 3, n. 4, p. 307–312, 2008.

ROSSIELLO, R. O. P.; JACOB NETTO, J. Toxidez por alumínio em plantas: novos enfoques para um velho problema. In: **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 375–418.

SOUSA, D. M. G. DE; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso de Gesso Agrícola nos Solos do Cerrado. **Embrapa**, p. 19, 2005.

SOUZA, A. E. et al. Estudo Da Produção Do Milho No Brasil. **South American Development Society Journal**, v. 4, n. 11, p. 182, 2018.

VITTI, G. C. et al. Estudos confirmam efeitos favoráveis do gesso agrícola à cultura do milho. **Visão agrícola**, p. 49–51, 2015.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 299–326.

ZANDONÁ, R. R. et al. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 2, p. 128–137, 2015.