

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES DE CORRETIVOS NO MOVIMENTO DE CÁTIOS EM COLUNAS DE SOLO

Elisângela de Almeida Batista¹, Fernando Felipe Ferreyra Hernandez², Aldênia Mendes Mascena de Almeida³, Cicero Lima de Almeida⁴, Márcio Cleber de Medeiros Corrêa⁵

RESUMO: O objetivo do trabalho foi avaliar o processo de lixiviação de cátions em colunas de solo após a aplicação de diferentes corretivos. Foram utilizadas colunas de PVC, com 12 cm de diâmetro e 60 cm de altura, aplicado uma lâmina total de 576 mm. Os tratamentos utilizados foram: calcário calcítico, dolomítico, gesso agrícola, óxido de cálcio, mistura de dolomítico + gesso e controle. Os lixiviados foram coletados após 24h da aplicação das lâminas onde foram determinados cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocável. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados, com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos contendo gesso e a mistura (dolomítico + gesso) proporcionaram uma maior lixiviação do cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocável nas colunas de solo. A prática de gessagem não pode substituir a calagem, contudo o uso do gesso melhora a qualidade das propriedades químicas das camadas subsuperficiais do solo.

PALAVRAS-CHAVE: lixiviação, acidez, gesso agrícola.

EFFECT OF THE ADDITION OF DIFFERENT CORRECTIVE SOURCES IN THE MOVEMENT OF CATIONS IN COLUMNS OF SOIL

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the cation leaching process in soil columns after the application of different corrector. PVC columns were used, with 12 cm diameter and 60 cm in height, applied total depth of 576 mm. The treatments used were: calcitic, dolomitic, gypsum, calcium oxide, mixture of dolomitic + gypsum and control. The

¹ Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará, Av. Mister Hull, s/n - Pici - CEP 60455-760 Fortaleza; e-mail: elisangelaalmeidabatista@gmail.com

² Professor Titular do Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; e-mail: ferrey@ufc

³ Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; e-mail: ald_m_m@hotmail.com

⁴ Doutor em Engenharia Agrícola, IFCE - Campus Sobral; e-mail: climaal@hotmail.com

⁵ Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza; e-mail: mcleber@ufc.br

leachates were collected 24 hours after the application of depth in which calcium, magnesium, potassium and exchangeable aluminium were determined. The experimental design adopted was completely randomized, with six treatments and three replications. The treatments containing gypsum and the mixture (dolomitic + gypsum) provided a higher leaching of calcium, magnesium, potassium and exchangeable aluminium in the soil columns. The use of gypsum cannot replace lime, however the use of gypsum improves the quality of the chemical properties of the subsurface layers of the soil.

KEYWORDS: leaching, acidity, agricultural gypsum.

INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros são considerados ácidos, pois apresentam elevada saturação por alumínio. O processo de acidificação do solo consiste na remoção dos cátions básicos cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e sódios (Na^+) do sistema solo, substituindo-os por cátions ácidos, alumínio (Al^{3+}) e hidrogênio (H^+) (CUNHA *et al.*, 2018).

Os solos ácidos apresentam limitações ao desenvolvimento da maioria das culturas, em decorrência dos efeitos do alumínio no solo (SANTOS *et al.*, 2010). Dentre os fatores que mais limitam a produtividade das culturas nos solos ácidos, estão os valores baixos de pH (acidez), os teores altos de alumínio, a baixa fertilidade do solo e a inibição do crescimento do sistema radicular das plantas (ZHANG *et al.*, 2019).

A correção da acidez do solo é realizada pela aplicação de produtos de reação básica, que apresentam como principais compostos neutralizantes os carbonatos de cálcio e de magnésio (CaCO_3 e MgCO_3) nos calcários agrícolas. Na correção dos solos ácidos podem ser aplicados diversos materiais, contudo, o calcário é o corretivo mais empregado no Brasil, em decorrência do seu baixo custo e efeitos comprovados no aumento da produtividade das culturas (FORTES, 2008).

O calcário a ser aplicado ao solo eliminam os efeitos tóxicos de alumínio e fornecem cálcio e magnésio ao solo. Além disso, promove alterações nas taxas de decomposição da matéria orgânica, na solubilização dos nutrientes (YAO *et al.*, 2009) e nos atributos físico, químicos e biológicos do solo (CARDUCCI *et al.*, 2015). Embora a calagem seja uma prática eficiente no tratamento dos solos ácidos, a sua correção é restrita as camadas de superfície, pois o calcário apresenta baixa solubilidade em água (CAIRES *et al.*, 2011).

Em virtude disso, o gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) vem sendo bastante utilizado no processo de correção da acidez do solo em subsuperfície (CAIRES *et al.*, 2011). A aplicação do gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) é considerada uma prática importante, pois além de fornecer cálcio e enxofre ao solo, também melhora o desenvolvimento das raízes, em consequência do acréscimo de Ca^{2+} e da precipitação de Al^{3+} no solo (ARAÚJO *et al.*, 2017). Pois ao aplica-se o gesso no solo, o sulfato se movimenta para as camadas de subsuperfície acompanhados pelos cátions, especialmente o Ca^{2+} , corrigido a acidez do solo nas camadas em profundidade e diminuído o Al^{3+} no solo (SANTOS *et al.*, 2016). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de lixiviação de cátions em colunas de solo após a aplicação de diferentes corretivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE. O solo utilizado foi coletado nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 e 50-60 cm na Fazenda Frutacor, Tabuleiro de Russa – Ceará, sendo classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 2018).

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizados, com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos utilizados foram: calcário calcítico ($1,41 \text{ g coluna}^{-1}$), dolomítico ($1,70 \text{ g coluna}^{-1}$), gesso agrícola ($2,42 \text{ g coluna}^{-1}$), óxido de cálcio ($0,83 \text{ g coluna}^{-1}$), mistura de dolomítico + gesso ($0,85$ e $1,24 \text{ g coluna}^{-1}$) e o controle, com três repetições. Os corretivos foram aplicados aos 5 cm nas colunas montadas de PVC (Figura 1). As colunas eram compostas por seis anéis de 5 cm, três anéis de 10 cm de altura com 12 cm de diâmetro, unidos por fita adesiva, totalizando 60 cm de altura.

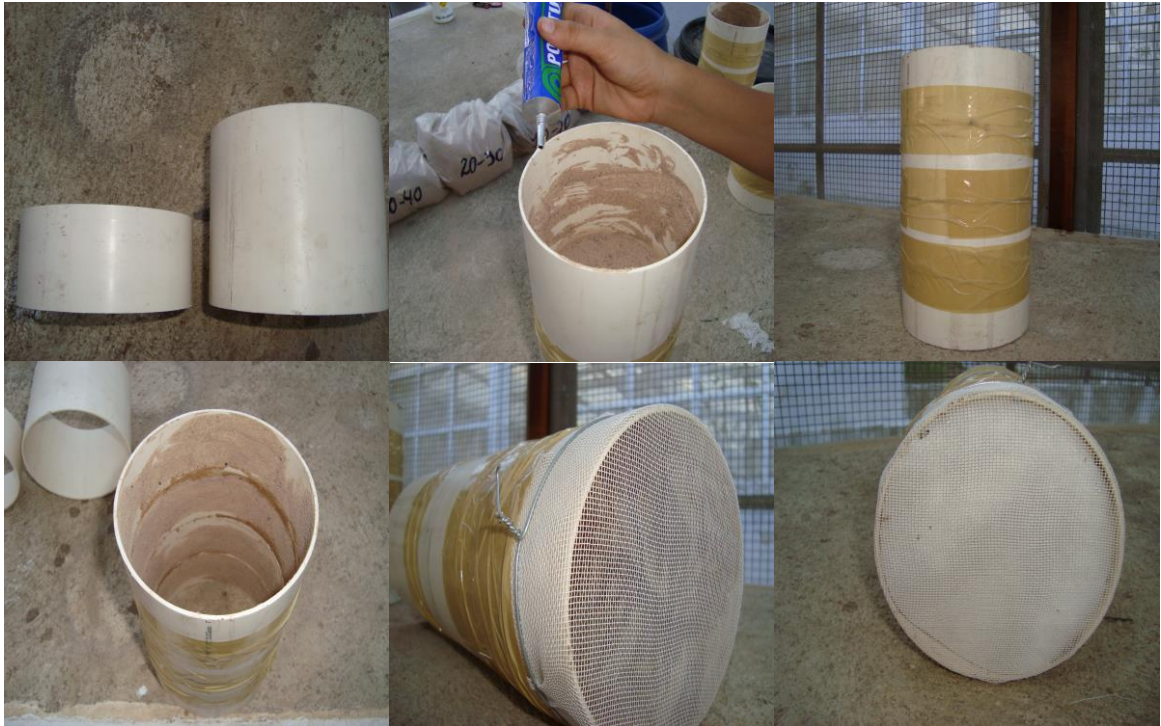


Figura 1. Esquema de montagem da coluna de solo para avaliação da lixiviação de cátions. Anéis de 5 e 10 cm (A); aplicação do Adesivo Plástico e fita adesiva (B e C); superfície interna (D); tela de PVC (E); círculo de papel (F).

Os preenchimentos das colunas foram realizados pelo solo das camadas coletadas, na sequência descrita (50-60, 40-50, 30-40, 20-30, 10-20 e 0-10 cm). As colunas de solos foram umedecidas até atingirem a capacidade de campo. Após dois dias de umedecimento iniciou-se a aplicação de 12 lâminas de 48 mm, totalizando 576 mm referente a precipitação média da região. As lâminas foram distribuídas das seguintes formas: oito lâminas aplicadas com intervalo de cinco dias; uma no intervalo de dez dias; e três lâminas com intervalos de 20 dias, durante os 120 dias do experimento. A água aplicada nas colunas foi obtida durante o período chuvoso. Os lixiviados foram coletados após 24h das aplicações das lâminas onde foram determinados Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e acidez titulável (EATON *et al.*, 1995).

Os resultados das quantidades totais de cada nutriente lixiviado nas 12 percolações de água foram submetidas à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$). Quando houve significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), através do programa estatístico SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontra-se as quantidades totais dos cátions lixiviados nas colunas de solos. De acordo com resumo da análise estatística, observa-se que o controle (Tabela 1), embora não tenha recebido corretivo, apresentou lixiviação de íons K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e $Al_{\text{trocável}}$. Entretanto, as quantidades lixiviadas foram inferiores aos tratamentos com corretivos. Os cátions lixiviados no controle podem ser atribuídos ao processo de decomposição da matéria orgânica existente no solo estudado e também aos cátions contidos na água de irrigação (Ca^{2+} 0,8 $mmol_c L^{-1}$; Mg^{2+} 0,7 $mmol_c L^{-1}$; Na^+ 0,1 $mmol_c L^{-1}$ e K^+ 0,1 $mmol_c L^{-1}$).

Tabela 1. Quantidades totais dos cátions lixiviados em um Neossolo Quartzarênico em função dos diferentes corretivos

	Controle	C.Calcítico	C.Dolom	Gesso	Óxido	Dolom.+Gesso
	μmolc					
K^+	144,05c	162,71bc	154,03bc	182,11ab	165,68bc	206,61a
Ca^{2+}	1.731,66d	2.131,50cd	2.236,83cd	13.777,50a	2.907,33c	7.639,50b
Mg^{2+}	1.150,83b	1.110,66b	1.388,33b	3.197,66a	1.218,83b	2.824,33a
$Al_{\text{trocável}}$	4.001,16c	4.731,83c	4.352,83c	1.2195,50a	4.913,00c	1.0242,50b
Totais	7.027,7c	8.136,7c	8.132,02c	29.352,77	9.204,84c	20.912,94b

Dados submetidos a análise da variância (ANOVA) pelo teste F ($p < 0,05$).

Na Figura 2 encontra-se os teores de potássio, cálcio, magnésio e alumínio quantificados na água lixiviada. Observa-se que os tratamentos com aplicação de gesso na forma isolada ou na mistura calcário + gesso favoreceu um aumento na lixiviação de todos os cátions em comparação aos corretivos sem gesso, sendo esses tratamentos os que lixiviam maiores quantidades de potássio e cálcio (Figura 2; Tabela 1). O gesso percolou 76% e a mistura do calcário + gesso 67 % em relação ao controle, enquanto o calcário calcítico, calcário dolomítico e o óxido de cálcio percolaram 14, 14 e 24% respectivamente, em relação ao controle.

As perdas nos teores de potássio foram maiores até 30 dias (6º percolação), depois dos 35 dias todos os tratamentos lixiviam basicamente a mesma quantidade do elemento (Figura 2A). A movimentação de K^+ neste Neossolo, ocorreu devido à baixa CTC e ao aumento dos teores de água no solo, pois a lixiviação do potássio é influenciada, principalmente pelo o tipo de solo e textura. Outro fato importante no processo de lixiviação do K^+ e a monovalência do cátion (K^+) o que garante pouca ou nenhuma absorção aos coloides do solo (Ernani *et al.*, 2007). De acordo com Duarte *et al.* (2013) o potássio, quando presente na solução do solo,

movimenta-se verticalmente, principalmente pela água de drenagem. De acordo com Raij (2011) a lixiviação do potássio é maior em solos de drenagem elevada e com baixa capacidade de troca de cátions.

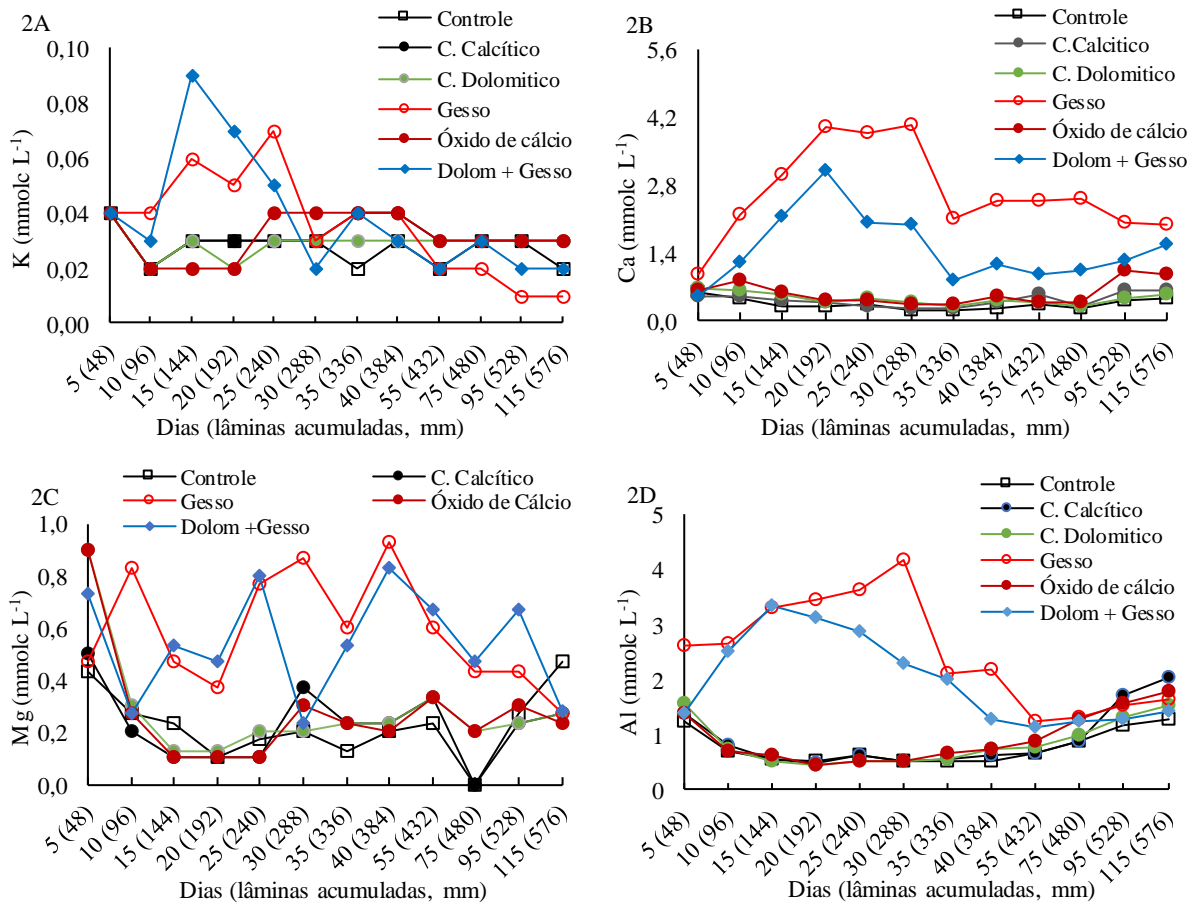


Figura 2. Teores de potássio, cálcio, magnésio e alumínio na água lixiviada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada em colunas de um Neossolo Quartzarênico com diferentes corretivos.

Nos tratamentos contendo calcário calcítico, dolomítico e óxido de cálcio as perdas de cálcio foram mínimas durante os 120 dias, pois os seus teores são praticamente iguais ao controle (Figura 2B). Porém nos tratamentos contendo gesso e a mistura calcário dolomítico + gesso as perdas foram maiores (Figura 2B), resultados similares foram encontrados para o magnésio (Figura 2C). Este comportamento pode atribuir-se a maior solubilidade do gesso no solo e a presença do ânion SO_4^{2-} que favorece a movimentação descendente dos cátions no perfil do solo (Raij, 2013). De acordo com Blum *et al.* (2014) a maior competição na camada superficial do ânion H_2PO_4^- pelos sítios de adsorção fazem com que os ânions S-SO_4^{2-} movimente-se para as camadas subsuperficiais, carregando cátions, como o Ca^{2+} .

No magnésio as maiores perdas aconteceram nos tratamentos gesso e calcário + gesso, durante todas as percolações (Figura 2C). Esse resultado deve ser atribuído a formação dos pares iônicos de MgSO_4^0 que apresentam grande mobilidade no perfil do solo, favorecendo o deslocamento e transporte de cátions como Mg^{2+} para as camadas mais profundas (Saldanha *et al.*, 2007).

Os tratamentos contendo gesso e calcário + gesso também promoveram as maiores lixiviações de acidez trocável (Figura 2D) até a 9ª percolação (55 dias). Nas últimas percolações, todos os tratamentos inclusive o controle, foram similares com valores bem abaixo das primeiras percolações. Esse comportamento está associado a formação de H_2SO_4 e AlSO_4^+ que favorece a sua lixiviação para camadas mais profundas.

CONCLUSÕES

A aplicação de gesso e do calcário + gesso apresenta maior lixiviação dos cátions cálcio, magnésio, potássio e alumínio trocável.

A prática de gessagem não pode substituir a calagem, porém não há dúvidas do potencial do uso do gesso na melhoria da qualidade das propriedades químicas das camadas subsuperficiais.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. G.; FIGUEIREDO, C. C.; SOUSA, D. M. G. Gypsum application increases the carbon stock in soil under sugar cane in the Cerrado region of Brazil. **Soil Research**, v. 55, n. 1, p. 38-46, 2017. <https://doi.org/10.1071/SR15219>.

CUNHA, G. O. DE M.; ALMEIDA, J. A. DE.; PAULO, R. E.; EDSON, P. Composition, chemical speciation and activity of ions in the solution of Brazilian acid soils. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.13, n.3, e5542, 2018.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 1804–1814, 2011.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. O.; CURI, N.; HECK, R. J.; ROSSONI, D. F.; CARVALHO, T. S. DE.; COSTA, A. L. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. **Soil and Tillage Research**, v. 145, p. 171–180, 2015.

BLUM, S. A.; GARBAIO, F. J.; JORIS, H. A.; CAIRES, E. F. Assessing available soil Sulphur from phosphogypsum applications in a no-tile cropping system. **Experimental Agriculture**, v. 50, p.516-532, 2014.

DUARTE, I. N.; PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER, G. H. Lixiviação de potássio proveniente do termopotássio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 195-200, 2013.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2018, 300 p.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GRENNBERG, A.E. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington, APHA/AWWA/WEF, 1995. 1082p.

ERNANI, P. R.; BAYER, C.; ALMEIDA, J. A. DE.; CASSOL, P. C. C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 393-402, 2007.

FORTES, C. A.; PINTO, JOSÉ CARDOSO.; FURTINI NETO, A. E.; MORAIS, A. R. DE; EVANGELISTA, A. R.; SOUZA, R. M. de. Níveis de silicato de cálcio e magnésio na produção das gramíneas Maradu e Tanzânia cultivadas em um Neossolo Quartzarênico. **Ciência agrotécnica**, v. 32, n. 1, p. 267-274, 2008.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

RAIJ, B. V. Gesso na Agricultura. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2013. 233 p.

SALDANHA, E. C. M.; CÉSAR, E.; ALEXANDRE, T. da R.; OLIVEIRA, A. de O.; CANTÍDIO, E.; NASCIMENTO, W. A. do N.; CLÍSTENES, F.; JOSÉ, F. Uso do gesso

mineral em Latossolo cultivado com cana de açúcar. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 103-109, 2007.

SANTOS, M. P. dos. CASTRO, Y. de O. C.; MARQUES, R. de C. M.; DÉBORA, R. M. Importância da calagem, adubações tradicionais e alternativas na produção de plantas forrageiras: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.10, n.1, p. 1-12, 2016.

SANTOS, A. C.; VILELA, L. C.; BARRETO, P. M.; CASTRO, J. G. D.; SILVA, J. E. C. da. Alterações de atributos químicos pela calagem e gessagem superficial com o tempo de incubação. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 77-83, 2010.

SPOSITO, G. The chemistry of soils. 2. Ed. New York: Oxford University, 2008.

ZHANG, J.; LIA, D.; WEI, J.; WENNA, M.; XIANGYING, K.; RENGEL, ZED.; QI, C. Melatonin alleviates aluminum-induced root growth inhibition by interfering with nitric oxide production in Arabidopsis. **Environmental and Experimental Botany**, v.161, p.157-165, 2019, doi:10.1016/j.envexpbot.2018.08.014

YAO, H.Y.; BOWMAN, D.; RUFTY, T.; SHI, W. Interactions between N fertilization, grass clipping addition and pH in turf ecosystems: implications for soil enzyme activities and organic matter decomposition. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.1425-1432, 2009. DOI: 10.1016/j.soilbio.2009.03.020