

SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO NO MILHO SEGUNDA SAFRA: FITOSSANIDADE, FERTILIDADE DO SOLO E PRODUTIVIDADE¹

Morais Carneiro Reis

Mestrando em Agronomia (UFU).

E-mail: moraiscr@unipam.edu.br

Bruno Bernardes de Andrade

Docente do curso de Agronomia do UNIPAM.

E-mail: brunobernardes@unipam.edu.br

Guilherme dos Reis Vasconcelos

Professor orientador.

E-mail: guilhermerv@unipam.edu.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito de doses de silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício®) na incidência da injúria de *S. frugiperda*, na correção da acidez e aumento da fertilidade do solo e na produtividade da cultura do milho segunda safra. A utilização do silicato de cálcio e magnésio proporcionou diferenças significativas no teor de Ca²⁺ trocável do solo, porém não houve diferenças significativas para a correção da acidez do solo, os teores de Si e Mg²⁺ trocável, na prevenção de injúrias de lagarta-do-cartucho e na produtividade do milho segunda safra.

PALAVRAS-CHAVE: Agrosilício®. Correção da acidez. *Spodoptera frugiperda*.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of doses of calcium silicate and magnesium (Agrosilício®) on the incidence of *S. frugiperda* damage, acidity correction and soil fertility increase and second crop corn yield. The use of calcium silicate and magnesium provided significant differences in the Ca²⁺ content exchangeable of the soil, but there were no significant differences for soil acidity correction, Si and Mg²⁺ contents exchangeable, in the prevention of army worm damages and second crop corn yield.

KEYWORDS: Agrosilício®. Acidity correction. *Spodoptera frugiperda*.

INTRODUÇÃO

O milho é um dos principais cereais cultivados no mundo. Entre os países que mais produzem têm-se os Estados Unidos, a China e o Brasil, que ocupa a segunda posição no ranking de exportação (USDA, 2017). Após o cultivo da soja, o milho de segunda safra se tornou a principal cultura de outono-inverno, devido à sua perspectiva de colheita e comercialização – apesar de possuir alta produção, possui

¹ Trabalho apresentado na área do profissional das Ciências Agrárias – XI Congresso Mineiro de Inovações Agropecuárias, realizado de 20 a 24 de novembro de 2018.

menor rendimento por área, se comparado ao cultivo da primeira safra. Tal fato leva à necessidade de pesquisas com o propósito de maximizar a produtividade, diminuir as perdas provocadas por insetos-pragas e buscar alternativas de manejo de fertilidade do solo, que se configura em uma das maiores limitações a altas produtividades (SILVA, 2009).

Entre os insetos-pragas que atacam a cultura do milho, destaca-se, devido à intensidade dos danos causados e à presença constante nos milharais, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), que apresenta potencial de ataque em todos os estádios de desenvolvimento da planta, danificando suas estruturas vegetais e causando uma queda significativa de rendimento. Essa praga está presente em todas as áreas onde se cultiva o milho, e sua ocorrência pode gerar grandes perdas de produção (WAQUIL; VILELA, 2003).

A acidez do solo é outro fator que limita a produção agrícola em consideráveis áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada por alumínio (Al^{+3}) e manganês (Mn^{+2}) e da baixa saturação por bases (V%), razão porque as raízes das plantas têm seu desenvolvimento comprometido em solos ácidos (RAIJ, 2011). A calagem é a prática mais eficiente para elevar o pH, os teores de cálcio (Ca^{+2}) e V%, além de reduzir Al^{+3} e Mn^{+2} trocáveis no solo (RAIJ, 2011). Sabendo-se da importância de minimizar fatores que limitam a produção, a utilização de resíduos siderúrgicos surge como alternativa sustentável ambiental e economicamente para induzir resistências das plantas ao ataque de patógenos, para aumentar a disponibilidade de nutrientes e para restaurar a capacidade produtiva dos solos.

Corretivos de solos, oriundos do processo industrial de siderurgia, são uma fonte abundante, relativamente de baixo custo, se comparada ao calcário, que possui em sua composição dióxido de silício (SiO_2), óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO). O silício (Si), apesar de não ser essencial para o crescimento e desenvolvimento de plantas, está envolvido em funções físicas de regulagem da transpiração e é capaz de ajustar uma barreira de resistência mecânica visando, principalmente, a aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas e doenças, além de ampliar a produtividade. Esses efeitos benéficos são atribuídos à alta acumulação de sílica nos tecidos da planta (FENG, 2004). A alta concentração de Ca^{+2} e Mg^{+2} nos corretivos silicatados possibilita sua utilização por aumentar o pH do solo bem como desses nutrientes para as plantas (KORNDOFER *et al.*, 2004a). Dessa forma, a aplicação de corretivos silicatados na cultura do milho pode elevar o grau de resistência das plantas e, conseqüentemente, corrigir a acidez do solo.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da aplicação de silicato de cálcio e magnésio na incidência da injúria de *Spodoptera frugiperda*, na correção da acidez do solo e as alterações dos teores de Ca^{+2} , Mg^{+2} e Si trocável e na produtividade da cultura do milho segunda safra.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Fazenda Santos Reis, situada no município de Lagoa Formosa, Estado de Minas Gerais, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 18°44'2,5"S; longitude 46°28'24,5"W e altitude de 863 m. O clima da região,

segundo a classificação de Koppen & Geiger é Aw, clima tropical chuvoso quente (ALVARES *et al.*, 2013), caracterizado por duas estações bem definidas: verão chuvoso e inverno seco. As médias anuais de precipitação e temperatura são de 1474 mm e 22° C, respectivamente.

A área do experimento foi composta com solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2009), de textura argilosa, em relevo plano, e suas características químicas e granulométricas são apresentadas na Tabela 1, cujos resultados foram fornecidos pelo CeFert – Central de Análises de Fertilidade do Solo do Centro Universitário de Patos de Minas – UNIPAM.

Tabela 1 – Características químicas e granulométricas do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2018.

pH água	P-rem	Mat. Org.	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	m	V	Argila	Silte	Areia
mg L ⁻¹	dag kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg dm ⁻³	dm ³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
5,41	4,93	2,96	0,26	50,6	1,80	0,80	0,01	3,30	2,73	2,74	6,03	0,37	45,2	519	295	185
				9									7			

Extratores: pH em água, K e P-assimilável por Mehlich-1, P-remanescente, teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por acetato de cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia da EMBRAPA (2009)

Anteriormente à instalação do experimento, a área estava formada em pasto com *Brachiaria ruziziensis*, sem correção ou adubação. O experimento foi realizado na área total de 160 m², dividida em 20 parcelas com 2,0 metros de largura e 4,0 metros de comprimento, perfazendo 8,0 m². O preparo de solo foi efetuado por meio de aração a 0,40 m de profundidade, com o objetivo de romper camada compactada, e posteriormente gradeada com enxada rotativa para destorroamento e nivelamento da área.

Como fonte de Si foi utilizado o Agrosilício[®], com as seguintes características físicas: granulometria fina (pó), poder relativo de neutralização total (PRNT) de 88%, teor total em SiO₂ de 11% e teor total de CaO de 34% e 10% de MgO. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com cinco doses de Agrosilício[®] (0, 100, 200, 300 e 400 kg ha⁻¹) compondo os tratamentos e quatro blocos. As concentrações de CaO, MgO e de SiO₂ em cada tratamento podem ser observadas na Tabela 2. A aplicação do corretivo foi via solo, antes da semeadura, de forma manual na linha de plantio 15 cm ao lado e abaixo das sementes.

Tabela 2: Descrição dos tratamentos do projeto “Silicato de cálcio e magnésio no milho segunda safra: fitossanidade, fertilidade do solo e produtividade”. UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2018.

Tratamento	Dose (Agrosilício [®]) kg ha ⁻¹	CaO kg ha ⁻¹	MgO kg ha ⁻¹	SiO ₂ kg ha ⁻¹
T ₁	0	0	0	0
T ₂	100	34	10	11
T ₃	200	68	20	22
T ₄	300	102	30	33
T ₅	400	136	40	44

A semeadura da cultura do milho foi realizada por meio de semeadora adubadora para plantio direto marca Jumil Exacta 2980 PD, com quatro linhas espaçadas de 0,5 m e mecanismo de distribuição de fertilizante por meio de disco duplo desencontrado e de distribuição de semente a vácuo. Utilizou-se o híbrido DKB 390 YG Dekalb, objetivando estande inicial de 60.000 plantas ha⁻¹, espaçadas 0,5 m entre linhas e 0,36 m entre plantas. A adubação básica de semeadura constituiu-se de 466 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 08-30-10 para o fornecimento de 37,28; 139,8 e 46,6 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) respectivamente, segundo recomendação Alves *et al.* (1999).

Aos 15 dias após a emergência das plantas, foi realizada a primeira adubação de cobertura nitrogenada e potássica, por meio da aplicação 91,6 kg ha⁻¹ de KCl (55 kg ha⁻¹ K₂O), a lanço em área total, juntamente com 176,5 kg ha⁻¹ de nitrato de amônio (60 kg ha⁻¹ de N). A segunda cobertura nitrogenada foi aplicada 15 dias após a primeira (30DAE) (fase V4-V6 do milho), utilizando 133,3 kg ha⁻¹ de ureia (60 kg ha⁻¹ de N).

As parcelas foram compostas por 48 plantas distribuídas em quatro linhas de 4,0 m de comprimento. Para as avaliações, foram amostradas de cada tratamento as seis plantas centrais das duas linhas centrais, formando uma área útil por parcela de 3,0 m². A área útil total do experimento foi de 60 m².

A observação das injúrias foliares se baseou na infestação espontânea de *Spodoptera frugiperda*. Para tanto, foram atribuídas notas a injúria provocada pela lagarta, examinando-se a 1° folha, a partir da última lançada. Essa nota contempla a média das seis plantas avaliadas por parcela (Tabela 3), utilizando-se escala proposta por Carvalho (1970). A primeira avaliação foi realizada 15 dias após a emergência da plântula, a segunda, a terceira, a quarta, a quinta e a sexta avaliação, aos 30, 45, 60, 75, 90 dias, respectivamente.

Tabela 3: Escala diagramática de injúrias da cultura do milho atacadas por *Spodoptera frugiperda* (Escala de notas de 0 a 5) (CARVALHO, 1970). UNIPAM, Patos de Minas, MG, 2018.

Nota	Injúrias
0	Plantas com ausência de injúrias
1	Plantas apresentando início de raspagem
2	Plantas apresentando raspagem com furos
3	Plantas apresentando furos e rasgadas
4	Plantas apresentando furos e rasgamentos e lesão no cartucho
5	Injúrias severas nas plantas, com destruição total

Realizou-se amostragem de solo de 0-20 cm após 140 dias da aplicação do Agrosilício®. A amostra composta referente a cada unidade experimental foi obtida por meio da homogeneização do solo das cinco amostras simples coletadas de cada parcela na linha de plantio. Essas amostras foram enviadas para a Central de Análises de Fertilidade do Solo - CeFert/UNIPAM, para a análise química conforme EMBRAPA

(2009). A análise de silício foi realizada por colorimetria, seguindo o método de Korndorfer *et al.* (2004b).

A avaliação da produtividade de grãos ocorreu aos 132 dias após o plantio, sendo obtida a partir da colheita e pesagem dos grãos provenientes da área útil de cada parcela, corrigindo-se a umidade a 13% pelo método gravimétrico com a utilização de estufa a 105° (BRASIL, 1992), que se baseia no peso da água removida das sementes durante a sua permanência na estufa por 24 horas.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA), com o auxílio do Software SISVAR (FERREIRA, 2014), e os modelos de regressão das variáveis avaliadas devidamente ajustados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O maior valor de coeficiente de variação (CV) foi para silício disponível, de 48.82%, conforme Tabela 4. As variáveis de injúrias por *Spodoptera frugiperda*, Si, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ trocável apresentaram CV médios (20,1 a 48,82 %), enquanto pH em água, H+Al e produtividade apresentaram CV considerados baixos (2,15 a 15,9 %).

Tabela 4: Quadrados médios e testes F das análises de variância do experimento “Silicato de cálcio e magnésio no milho safrinha: fitossanidade, fertilidade do solo e produtividade”. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2018.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
15 DAAE	DOSE	4	0.486	0.121	0.400	0.804 ^{ns}	36.96
	BLOCO	3	1.317	0.439			
	ERRO	12	3.648	0.304			
30 DAAE	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
	DOSE	4	2.197	0.549	1.197	0.361 ^{ns}	38.88
	BLOCO	3	1.748	0.582			
ERRO	12	5.506	0.458				
45 DAAE	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
	DOSE	4	2.323	0.580	2.080	0.146 ^{ns}	21.70
	BLOCO	3	0.962	0.320			
ERRO	12	3.352	0.279				
60 DAAE	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
	DOSE	4	0.309	0.077	1.238	0.346 ^{ns}	20.10
	BLOCO	3	0.170	0.056			
ERRO	12	0.749	0.624				
75 DAAE	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
	DOSE	4	0.065	0.162	1.703	0.213 ^{ns}	9.19
	BLOCO	3	0.085	0.028			
ERRO	12	1.114	0.009				

(continua...)

(...conclusão)

	FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	CV%
90 DAAE	DOSE	4	0.010	0.002	0.093	0.982 ^{ns}	14.74
	BLOCO	3	0.218	0.072			
	ERRO	12	0.339	0.028			
Si	DOSE	4	0.250	0.062	1.504	0.262 ^{ns}	48.82
	BLOCO	3	0.253	0.084			
	ERRO	12	0.499	0.041			
pH	DOSE	4	0.008	0.002	0.148	0.960 ^{ns}	2.15
	BLOCO	3	0.062	0.020			
	ERRO	12	0.164	0.013			
Ca ²⁺	DOSE	4	1.835	0.458	3.169	0.050 [*]	22.38
	BLOCO	3	0.868	0.289			
	ERRO	12	1.737	0.144			
Mg ²⁺	DOSE	4	1.613	0.403	1.185	0.366 ^{ns}	39.82
	BLOCO	3	0.669	0.223			
	ERRO	12	4.083	0.340			
H+Al	DOSE	4	1.318	0.329	2.481	0.100 ^{ns}	15.9
	BLOCO	3	0.253	0.084			
	ERRO	12	1.594	0.132			
Al ³⁺	DOSE	4	0.002	0.0005	2.093	0.144 ^{ns}	37.44
	BLOCO	3	0.001	0.0004			
	ERRO	12	0.003	0.0002			
Produtividade	DOSE	4	0.054	0.013	0.260	0.897 ^{ns}	8.19
	BLOCO	3	0.462	0.154			
	ERRO	12	0.630	0.052			

^{ns}: Não Significativo. ^{*} Significativo pelo teste F a 0,05 de probabilidade. DAEP: dias após emergência da plântula

Para as injúrias foliares provocados pela *Spodoptera frugiperda*, verificou-se (Tabela 5), em função a aplicação de silicato de cálcio e magnésio, que não houve diferença estatística. As médias das injúrias pela escala de Carvalho (1970) foram transformadas pela fórmula $(n=x+1)$ devido à elevada ocorrência de zeros nas avaliações, visando a reduzir o coeficiente de variação para análise dessa variável.

Tabela 5. Médias transformadas pela fórmula $x + 1$ das notas de injúrias de *Spodoptera frugiperda* (CARVALHO, 1970), ao longo do desenvolvimento da cultura do milho, tratado com doses crescentes de silicato de cálcio e magnésio. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2018.

Tratamentos	Agrosilicio® (kg ha ⁻¹)	15 DAEP ^{ns}	30 DAEP ^{ns}	45 DAEP ^{ns}	60 DAEP ^{ns}	75 DAEP ^{ns}	90 DAEP ^{ns}
T1	0	1,61	2,07	2,46	1,46	1,00	1,14
T2	100	1,43	1,64	3,04	1,18	1,00	1,14
T3	200	1,61	1,89	2,11	1,18	1,14	1,18
T4	300	1,61	1,96	2,46	1,29	1,07	1,14
T5	400	1,21	1,14	2,11	1,11	1,11	1,11
Média		1,49	1,74	2,43	1,24	1,06	1,14
CV (%)		36,96	38,88	21,70	20,10	9,19	14,74

^{ns}: Não Significativo. DAEP: dias após emergência da plântula

Embora não tenha havido diferença significativa para essa variável, observou-se que no intervalo de 15 aos 45 dias, o híbrido DKB 390 YG Dekalb apresentou tendência de aumento na ocorrência de injúria de *S. frugiperda*, contudo não houve incremento nas injúrias que ultrapassasse a nota média de 2,04, na escala de Carvalho (1970). Com relação aos períodos de avaliação, verificou-se que, a partir dos 60 dias, houve redução na infestação no tempo em todos os tratamentos avaliados.

Essas observações podem estar relacionadas com a própria biologia do inseto, que, após passada sua fase larval, esta deixa a planta para completar seu ciclo. Melo *et al.*, (2006), ao estudarem a distribuição espacial das plantas atacadas pela *S. frugiperda*, observaram oscilações no número, apresentando aumento inicial até atingir um pico de infestação, seguido de uma queda nas últimas avaliações, atrelando a isso a biologia e o ciclo de vida da praga.

Silva (2009) determinou que, com até 800 kg ha⁻¹ de adubação silicatada na semeadura da cultura do milho, a concentração de silício na planta não interferiu na incidência de injúrias causada pela *S. frugiperda*. Essa falta de resposta ao silício fornecido pela escória pode estar relacionada com a baixa absorção desse elemento útil pelo milho ou a sua não translocação, visto que, segundo Yoshida *et al.*, (1962), o Si é elemento imóvel na planta. Isso pode ter sido fator determinante para a ocorrência de diferenças não significativas entre os tratamentos, visto que as lagartas poderiam escolher os locais de alimentação com menos incidência de Si nas condições de campo, ou seja, poderiam se alimentar dos tecidos mais favoráveis.

Porém, estudos conduzidos em condições de campo envolvendo silício no controle de *S. frugiperda* não encontraram evidências da indução de resistência em plantas de milho a essa praga (ANTUNES *et al.*, 2010; GOMES *et al.*, 2009). Segundo Mendes *et al.*, (2009), a eficácia e a expressão da resistência na planta são complexas e podem ser influenciadas por fatores tanto bióticos quanto abióticos.

Tabela 6. Características químicas da camada superficial do solo (0-0,20m) após aplicação silicato de cálcio e magnésio. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2018.

Tratament os	Agrosilíci o [*]	Si ^{ns}	pH ^{ns}	Ca ^{+2*}	Mg ^{+2 ns}	H+Al ^{ns}	Al ^{+3 ns}
	(kg ha ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(H ₂ O)	(cmol _c dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)	(cmol _c dm ⁻³)
T ₁	0	0,25	5,45	1,40	1,08	2,80	0,05
T ₂	100	0,35	5,50	1,40	1,65	2,55	0,04
T ₃	200	0,52	5,47	1,73	1,38	2,20	0,05
T ₄	300	0,41	5,44	1,75	1,33	2,45	0,04
T ₅	400	0,56	5,45	2,23	1,90	2,08	0,03
Média		0,41	5,45	1,70	1,46	2,41	0,04
CV(%)		48,82	2,15	22,38	39,82	15,09	37,04

^{ns}: Não Significativo. * Significativo pelo teste de F a 5% de probabilidade

O aumento no nível de aplicação de silicato de cálcio e magnésio não conferiu diferença significativa nos atributos químicos do solo analisados, exceto para o teor de Ca⁺², conforme na Tabela 6. Analisando separadamente os valores das variáveis pH (acidez ativa), H+Al (acidez potencial) e Al⁺³ (acidez trocável), considerando suas médias, observa-se que os tratamentos tiveram mesmo comportamento.

As doses aplicadas de silicato de cálcio e magnésio não proporcionaram alterações significativas no teor de Si no solo, conforme demonstrado na Tabela 6. O menor teor de Si no solo 0,25 mg dm⁻³ foi encontrado na dose zero de SiO₂, referindo-se, portanto, ao Si existente no solo. O baixo teor de Si encontrado no solo, neste estudo, é consequência do avançado grau de intemperismo em que se encontram os solos de regiões tropicais (BARBOSA FILHO *et al.*, 2001). Provavelmente, o incremento da adição de Si não interferiu na sua disponibilidade no solo, porque, em solos intemperizados, o ânion silicato apresenta forte interação com as cargas do solo, responsáveis pela adsorção de Si, ou seja, ocorre correlação positiva entre os teores do elemento e os teores de argila no material coloidal (EPSTEIN & BLOOM, 2005).

O resultado da análise química do solo (Tabela 1) antes da incorporação de silicato de cálcio e magnésio mostrou tratar-se de um solo com acidez baixa (pH_{H2O} = 5,41) e com baixos teores de cálcio e magnésio. A aplicação das doses de silicato de cálcio e magnésio não proporcionou alterações significativas na correção da acidez do solo, conforme a Tabela 6, provavelmente devido à aplicação do nitrato de amônio e ureia em cobertura e pela própria acidificação da rizosfera do milho. Alguns autores têm mostrado que a utilização de adubos nitrogenados acidifica o solo, como verificado por Campos (2004), com sulfato de amônio na cultura do milho em solo sob pastagem, e Lange *et al.*, (2006), com aplicação de ureia na cultura do milho.

Os resultados obtidos sofreram alterações, sendo pouco expressivas com o aumento da dose aplicada, mesmo sendo, conforme indicação do fabricante, seis vezes mais solúvel que o calcário, suas reações estariam limitadas na camada de 0 a 20

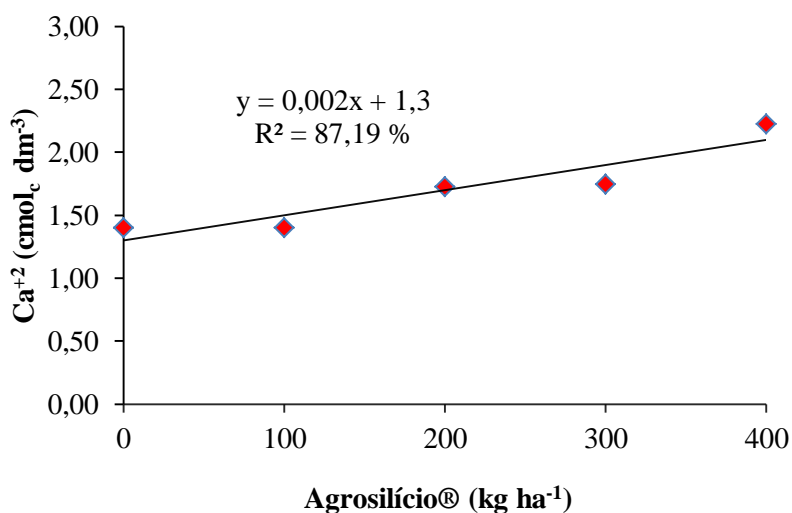
cm de profundidade. Essa condição, segundo Felipe (2012), se dá devido ao fato de os silicatos terem solubilidade restrita, não se movimentado facilmente no perfil do solo. Em seu trabalho, esse autor verificou que o efeito de aumento do pH do solo ocorreu apenas nos primeiros 10 cm de profundidade, com aumentos lineares nas camadas de 0 a 5 e 5 a 10cm.

É possível que o comportamento entre as variáveis não explicadas pelos modelos lineares revele que a recomendação de correção não estimou a dose adequada da escória, de modo que provocasse os efeitos desejados, provavelmente devido à não utilização do método de determinação baseado no poder de neutralização (PN). Dessa forma, tem-se uma maior dificuldade de solubilização de corretivos à base de silicato e a conseqüente interferência no PN conforme informações apontadas por Alcarde e Vale (2003). Esse efeito diferenciado da reatividade da escória na correção da acidez do solo em função do tempo de reação também foi observado por Prado (2000).

Quanto à concentração de magnésio Mg^{+2} trocável presente no solo, não foram obtidas diferenças estatisticamente significativas neste estudo, encontrando-se para o Mg^{+2} valores considerados como médios, que variaram entre 1,08 - 1,90 $cmol_c dm^{-3}$, segundo Ribeiro *et al.* (1999). Ainda que não tenha ocorrido significância estatística, agronomicamente os resultados são de extrema relevância, visto que a alteração nos teores desse nutriente no solo ocorreu de tal maneira que sua classificação deixou de ser considerada “Médio” passando a “Bom” conforme esses mesmos autores.

As doses aplicadas influenciaram significativamente a concentração de cálcio trocável no solo, conforme a Figura 1. Anteriormente à aplicação dos tratamentos, o solo da área apresentava médio nível de cálcio, posteriormente, mesmo após o cultivo do milho, ainda manteve essa classe de fertilidade (RIBEIRO *et al.*, 1999). O aumento no teor de cálcio no solo deu-se proporcionalmente ao incremento de silicato e teve sua concentração máxima de cálcio obtida de 2,23 $cmol_c dm^{-3}$ na maior dose de Agrosilício®, conforme a Figura 1. Esses resultados corroboram com os encontrados por Rodrigues *et al.* (1999), que verificaram, após a aplicação de silicatos, que houve um incremento de cálcio trocável.

Figura 1. Valores médios de Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) diante a aplicação de silicato de cálcio e magnésio. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2018.



De acordo com Alves *et al.*, (1999), a cultura do milho exige teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} superiores a $2,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ na camada de 0 a 20 cm. Os resultados dos teores desses nutrientes no solo ($2,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Ca}^{2+}$ e $1,90 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} \text{ Mg}^{2+}$) após o cultivo do milho demonstram que a aplicação do Agrosilício®, na dose de 400 kg ha^{-1} , mesmo após o cultivo, a colheita e por conseqüente a exportação destes nutrientes, seus teores no solo são suficientes ou bem próximos àqueles descritos na literatura como os necessários para o cultivo dessa espécie, com tendência de que maiores doses desse corretivo podem possibilitar o fornecimento dos elementos nas faixas ideais para o cultivo da espécie.

Os resultados de produtividade de grãos de milho cultivado no período da segunda safra do ano de 2018, conforme a Tabela 7, indicam não haver diferença significativa entre as doses de Agrosilício® utilizadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva (2009), que não constatou influência no peso de grãos das plantas de milho.

Tabela 7. Produtividade média de milho safrinha em kg ha^{-1} diante a aplicação de silicato de cálcio e magnésio. UNIPAM, Patos de Minas (MG), 2018.

Tratamentos	Agrosilício® (kg ha^{-1})	Produtividade ^{ns}	
		(kg ha^{-1})	(sc ha^{-1})*
T ₁	0	9.446,6	157,7
T ₂	100	9.133,3	152,2
T ₃	200	9.300,0	155,0
T ₄	300	9.133,3	152,2
T ₅	400	9.566,6	159,4
Média		9.300,0	155,0
CV (%)		8,19	

^{ns}: Não Significativo * : Sacas de 60 kg

Embora aumentos de produtividade com a adição de Si tenham sido observados em cana-de-açúcar (KORNDORFER *et al.*, 2002) e em arroz (CARVALHO PUPATTO *et al.*, 2004), não foram verificados na cultura do feijão (FRANZOTE *et al.*, 2005) e milho (EPSTEIN, 1994), assim como no presente estudo.

Para a avaliação da eficiência agrônômica da utilização de silicatos de cálcio e magnésio como corretivos da acidez e fornecedores de nutrientes ao solo e do papel do Si na resistência das plantas, outros trabalhos ainda são necessários bem como estudos mais detalhados na cultura do milho especificamente. De acordo com Sandim *et al.* (2010), o silício ainda é um elemento pouco conhecido na agricultura, mas tem potencial de alcançar importância com novos estudos de seu papel na nutrição de algumas plantas comerciais, principalmente gramíneas, como arroz, cana-de-açúcar e milho.

CONCLUSÕES

A utilização do silicato de cálcio e magnésio não interferiu significativamente na incidência da injúria de *Spodoptera frugiperda*. A utilização do silicato de cálcio e magnésio não interferiu significativamente na correção da acidez no solo, nos teores de Si e Mg^{2+} trocável nem na produtividade do milho segunda safra. A utilização do silicato de cálcio e magnésio aumentou linearmente o teor de Ca^{+2} trocável no solo.

REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J.C.; VALE, F. Solubilidade de micronutrientes contidos em formulações de fertilizantes, em extratos químicos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 363-372, 2003.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E. de. Sorgo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (eds.). *Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 325-327.
- ANTUNES, C. S.; MORAES, J. C.; ANTÔNIO, A.; SILVA, V. F. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (Lepidoptera) e de seus inimigos naturais chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.). *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 619-625, 2010.
- BARBOSA FILHO, M. P.; SNYDER, G. H.; FAGERIA, N. K.; DATNOFF, L. E.; SILVA, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, p. 325-330, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. *Regras para análises*. Brasília: MARE 1992. 188p.

CAMPOS, A. X. *Fertilização com sulfato de amônio em pré-semeadura e cobertura na cultura de milho em um solo do cerrado de Brasília sob pastagem de B. decumbes*. Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, 2004. 119 p. (Tese Doutorado).

CARVALHO, J. C. *Danos, flutuações da população, controle e comportamento de Spodoptera frugiperda (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e sua suscetibilidade de diferentes genótipos de milho, em condições de campo*. 170p. (Tese de Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1970.

CARVALHO-PUPATTO, J. G.; BULL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009. 306p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. Sunderland: Sinauer Associates, 2005.

ESPTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. *Proceedings National of Academy Science*, v. 91, p. 11-17, 1994.

FELIPE, R. S. *Alterações nos atributos químicos do solo com aplicação de agrosilício no consórcio milho e braquiária*. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, 2012.

FENG, M. J. Role of silicone in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*. v. 50, n. 1, p. 11-18, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014.

FRANZOTE, B. P., MJBDA, S., MARIA, N., VIEIRA, B., SILVA, V. M. P. E., De CARVALHO, J. G. Aplicação foliar de silício em feijoeiro comum. In: Congresso Nacional de Pesquisa de Feijão. Conafe, 8, *Anais*. Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 2005. v. 02, p. 957-960.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 18-23, 2009.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Papel do silício na produção de cana-de-açúcar. *STAB*, Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 34-37, dez. 2002.

KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. 3. ed. Uberlândia: GPSi, 2004a. 23p. (Boletim técnico, 1).

KORNDORFER, G. H.; NOLLA, A.; OLIVEIRA, L. A. *Análise de silício: solo, planta e fertilizante*. Uberlândia, GPSi/CIAG-UFU, 2004b. 39p. (Boletim Técnico, 2).

LANGE, A.; CARVALHO, J. L. N.; DAMIN, V.; CRUZ, J. C.; MARQUES, J. J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, março-abril, 2006.

MELO, E. P.; FERNANDES, M. G.; DEGRANDE, P. E.; CESSA, R. M. A.; SALOMÃO, J. L.; NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. *Neotropical Entomology*, Dourados, MS. v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MENDES, S. M.; BOREGAS, K. G. B.; FERMINO, T. C.; LOPES, M. E.; WAQUIL, M.; COSTA, M. C. A.; MARUCCI, R. C.; WAQUIL, J. M. Efeito da interação entre 36 genótipo de milho e evento geneticamente modificado contendo a toxina Cry 1 A(B) nas variáveis biológicas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 10, 2009, Rio Verde. *Anais*. Rio Verde: Universidade de Rio Verde, 2009. p. 368-374.

PRADO, R.M. *Resposta da cana-de-açúcar à aplicação da escória silicatada como corretivo de acidez do solo*. Ilha Solteira, 2000. 97p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

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

RIBEIRO, A.C, GUIMARÃES, P. T. G, ALVAREZ, V. H. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999.

RODRIGUES, F. A, CORRÊA, G. F, KORNDÖRFER, G. H, SANTOS, M. A, DATNOFF, L. E. Efeito do silicato de cálcio e da autoclavagem na supressividade e na condutividade de dois solos à *Rhizoctonia solani*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1367-1371, ago. 1999.

SANDIM, A. S.; RIBON, A. A.; DIOGO, L. O.; SAVI, M. A. Doses de silício na produtividade do milho (*Zea mays* L.) híbrido simples na região de Campo Grande (MS). *Cultivando o saber*, Cascavel, v. 3, n.1, p. 171-178, 2010.

SILVA, A. C. A. *Efeito do silício aplicado no solo e em pulverização foliar na incidência da lagarta do cartucho na cultura do milho*. Botucatu, 2009,74p. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas.

USDA – United States Department of Agriculture. *Grain: World Markets and Trade*. 2017.

YOSHIDA, S.; OHNISHI, Y.; KITAGISHI, K. Chemical forms, mobility and deposition of silicon in rice plant. *Soil Science Plant Nutrition*, Tokyo. v. 8, p. 15-21, 1962.

WAQUIL, J. M.; VILELLA, F. M. F. Gene bom. *Revista Cultivar*, São Paulo, v. 49, p. 22-26, 2003.