

**ARTIGO CIENTÍFICO****Pragas e dano em milho adubado com remineralizador de solo*****Pests and damage on corn fertilized with soil remineralizer***

Paula de Fátima Martins Rodrigues¹; Dayane Aparecida de Oliveira Araújo²; Samuel Mendes Almeida³; Pedro Guilherme Martins Rodrigues⁴; Eliane Souza Gomes Brito⁵; Tatiana Tozzi Martins Souza Rodrigues⁶

Resumo: Objetivou-se avaliar a incidência de pragas em milho adubado com remineralizador de solo oriundo de rocha silicatada em comparação à adubação química com NPK. O experimento foi conduzido em área experimental no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, Campus Januária, Minas Gerais, com o cultivo de milho de ciclo médio, em delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos, quatro repetições, quatro linhas de plantio/parcela. Os tratamentos consistiram no fornecimento de 0, 2, 4, 8, 16 t ha⁻¹ de remineralizador (pó de rocha NaturalPlus[®] de Ipirá, Bahia) e NPK em linha de plantio. Vinte plantas da área útil de cada parcela foram monitoradas semanalmente para incidência de pragas durante os estágios fenológicos V1 a V12. No estágio reprodutivo R3 avaliou-se o dano causado pela lagarta do cartucho em folhas por meio de escala de dano visual. Durante o levantamento observou-se a ocorrência de *Spodoptera frugiperda*, *Dalbulus maidis* e *Diabrotica speciosa* em menor quantidade nos tratamentos com remineralizador de solo, independente da dose. O dano causado pela lagarta do cartucho na redução da área foliar foi diretamente proporcional ao número de lagartas. O remineralizador de rocha silicatada reduziu a incidência de insetos sugadores e o dano causado por lagarta do cartucho na cultura do milho.

Palavras-chave: Rochagem; Vaquinha; Cigarrinha; Lagarta do cartucho; Incidência.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the incidence of pests in maize fertilized with soil remineralizer from silicate rock compared to chemical fertilization with NPK. The experiment was conducted in an experimental area at the Federal Institute of Northern Minas Gerais, Campus Januária, Minas Gerais, with the cultivation of medium - cycle corn with corn grain medium-cycle in a randomized block design, with six treatments, four replications, four planting / plot lines . The treatments consisted in the supply of 0, 2, 4, 8, 16 t ha⁻¹ remineralizer (NaturalPlus[®] rock powder from Ipirá, Bahia) and NPK in planting line. Twenty plants of the area of each plot were monitored weekly for pest incidence during the phenological stages V1 to V12. In the reproductive stage R3 the damage caused by the caterpillar in leaves was evaluated by means of scale of visual damage. During the survey, the occurrence of *Spodoptera frugiperda*, *Dalbulus maidis* and *Diabrotica speciosa* was observed in a smaller quantity in the treatments with soil remineralizer, regardless of the dose. The damage caused by the caterpillar on leaf area reduction was directly proportional to the number of caterpillars. The silicate rock remineralizer reduced the incidence of sucking insects and damage caused by caterpillars in corn.

Key words: Dust rock; Corn rootworm; Leafhopper; Caterpillar; Incidence.

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 10/10/2018; aprovado em 10/11/2018

¹Graduanda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, mpauladefatima@yahoo.com.br

²Graduanda, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, dayaneoliveira_1996@hotmail.com

³Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, samuel.m.almeida96@gmail.com

⁴Graduando, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, pedro.agro.15@gmail.com

⁵Doutora em Produção Vegetal, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, eliane.brito@ifnmg.edu.br

⁶Doutora em Fitopatologia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais, Januária, (38) 3629-4600, tatiana.rodrigues@ifnmg.edu.br



INTRODUÇÃO

O plantio de milho no Brasil ocupa uma área de 17 milhões de hectares com produção estimada em mais de 80 milhões de toneladas na safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Cerca de 31% dessa área é cultivada com variedades geneticamente modificadas, apontando tendência de crescimento a cada ano (ISAAA, 2018). A transgenia do milho foi desenvolvida principalmente para conferir resistência à lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), através da tecnologia do milho Bt (toxina da bactéria *Bacillus thuringiensis*) (TÉLLEZ et al., 2016) inseto que provoca os maiores danos na cultura devido à extensa área danificada no limbo foliar. Adicionalmente, a cigarrinha, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), tem se destacado no cenário agrícola brasileiro devido às epidemias de enfezamento do milho causadas por moleculas transmitidos por esse inseto (OLIVEIRA et al., 2013).

Apesar da expansão da área cultivada com transgênicos de milho resistentes à lagarta do cartucho a tecnologia tem demonstrado perda de eficiência, devido a resistência da lagarta à toxina Bt (SANTOS-AMAYA et al., 2015; TÉLLEZ et al., 2016). Além da problemática envolvendo o uso da transgenia, o manejo químico, amplamente utilizado, forneceu em 2015 mais de 117 milhões de litros de inseticidas para manejo de insetos (PIGNATI et al., 2017), com potencial para contaminação de consumidores, solo, água, animais, além da seleção de populações de pragas resistentes.

Diante do desafio de manejar insetos tão bem adaptados ao milho e da falta de tecnologias eficientes e menos agressivas ao meio ambiente e consumidores é necessária uma estratégia integrada de métodos para esse fim. O manejo de pragas por meio do fornecimento de nutrientes via adubação no solo pode ser uma medida de fácil manipulação por parte dos produtores, quando um ou mais nutrientes possibilitam à planta maior defesa contra a injúria dos insetos (NERI et al., 2005).

A agricultura investe prioritariamente na adubação de culturas baseada em fontes altamente solúveis de NPK e alguns poucos micronutrientes para garantir a produção de milhões de grãos anualmente. Essa oferta pobre de nutrientes, juntamente com a baixa fertilidade de solos brasileiros, pode produzir alimentos com menor qualidade nutricional. As plantas mal nutridas e com deficiências são mais suscetíveis a pragas e doenças (HUBER et al., 2012). Além disso, investir na adubação química altamente solúvel onera a produção agrícola, pois a maioria dos adubos usada é importada (IBRAM, 2011). O uso de remineralizadores no solo, por meio da prática da rochagem, é uma tecnologia alternativa de fertilização que se faz pelo acréscimo de rocha moída com o objetivo de fornecer nutrientes em substituição ou em complementação aos adubos químicos altamente solúveis (THEODORO et al., 2012). Essa prática colabora para melhoria da fertilidade do solo, além de não ser poluente, apresenta baixo custo e atende aos princípios agroecológicos de produção vegetal com destaque para solos tropicais (THEODORO et al., 2012), contribuindo, dentre outras para sequestro de CO₂ ambiental (BEERLING et al., 2018).

O remineralizador ao sofrer ataque químico e/ou biológico disponibiliza gradativamente uma série de nutrientes restabelecendo o equilíbrio nutricional nos diversos sistemas de produção (MARTINS et al., 2010). Quando o remineralizador origina-se de rocha silicática possui uma composição rica em silício na forma de silicatos de potássio, cálcio, magnésio, dentre outros (MARTINS et al., 2010). O Si é o segundo elemento de maior abundância na natureza e altamente acumulado por gramíneas (HODSON et al., 2005), mas não é ofertado para produção convencional de muitas delas. O remineralizador, nesse contexto, passa ser um potencial fornecedor de Si e outros nutrientes essenciais, através da solubilização de silicatos, de forma gradual e satisfatória para permitir boas produções (MARTINS et al., 2010). O Si induz na planta a resistência a insetos devido principalmente à barreira mecânica formada pelo acúmulo deste elemento na parede celular do tecido vegetal (GOUSSAIN et al., 2002) e produção de compostos que induzem resistência na planta à herbivoria (ALHOUSARI; GREGER, 2018).

As fontes de silício mais utilizadas na agricultura são os meta-silicatos e os termo-fosfatos, porém, apesar da boa disponibilidade do nutriente os produtos podem apresentar quantidades superiores de metais pesados demandando processos de descontaminação para uso agrícola, o que provoca sérios problemas ambientais (GASCHO, 2001). Nesse contexto, o remineralizador de rocha silicática versa como um adequado fornecedor de Si e uma ampla gama de nutrientes para culturas, promove a conservação dos recursos naturais, pois constitui uma fonte sustentável de nutrientes para plantas, uma vez que é um produto que se encontra em abundância e com ampla distribuição no território brasileiro (THEODORO et al., 2012).

Diante do exposto objetivou-se avaliar a incidência e severidade de dano de pragas em cultivo de milho adubado com remineralizador de rocha silicática em comparação ao milho adubado com NPK, no município de Januária, Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campo na área experimental do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG Campus Januária-MG entre os meses de setembro e dezembro de 2017. O solo da área experimental é do tipo Latossolo de textura média. Foi utilizado a cultivar de milho XB4013, um híbrido de ciclo médio indicado para produção de grãos. O experimento foi implantado em delineamento em blocos casualizados (DBC), utilizando seis tratamentos e quatro repetições totalizando 24 parcelas de 3 x 2,1 m, constituídas de quatro linhas de plantio, com espaçamento de 0,7 x 0,2 m, com 16 plantas m⁻¹.

Os tratamentos consistiram da incorporação e incubação por 40 dias, em sulco de plantio, diferentes doses de remineralizador (NaturalPlus[®] de Ipirá/BA, pó de rocha Piroxenito, composição: 61,8% SiO₂; 6,2% CaO; 4,5% K₂O; 3,7% MgO; 0,9 P₂O₅) comparados à adubação química convencional com NPK. Nos tratamentos com remineralizador aplicaram-se 0, 2, 4, 8, 16 t ha⁻¹ e somente no tratamento com NPK adicionou-se 556 kg de superfosfato simples ha⁻¹; 68 kg KCl ha⁻¹; 71,5 kg (NH₄)₂SO₄ ha⁻¹ em plantio e 68 kg KCl ha⁻¹;

140 kg (NH₄)₂SO₄ ha⁻¹ em cobertura. A adubação química foi calculada com base na demanda da cultura e na análise química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química e física do solo da área experimental no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG Campus Januária antes do plantio do milho, perfil de 0-20 cm.

pH	Composição química								Composição física						
	MO	P	K	Ca	Mg	Al	SB	V	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
	dag/kg	mg/dm ³		-----cmolc/dm ³ -----				%	-----mg/dm ³ -----				-----dag/kg-----		
5,8	0,3	15,2	62,2	0,5	2,0	0,03	2,4	65,3	0,1	4,9	4,8	0,2	75	8	17

MO, matéria orgânica; SB, soma de bases; V, saturação de bases.

Durante o experimento foi realizada capina com enxada e a irrigação foi feita por aspersão convencional. Foram feitas 10 avaliações de incidência de insetos durante os estágios vegetativos do milho V1 a V12. A avaliação da incidência de *S. frugiperda*, *D. maidis* e *D. speciosa* foi semanal, desde a primeira semana após germinação das sementes até a finalização do período vegetativo da cultura. Vinte plantas das duas linhas centrais de cada parcela foram marcadas e amostradas, totalizando 80 plantas avaliadas por tratamento por dia de avaliação. Para as avaliações da incidência de insetos foram feitas contagens visuais de indivíduos em cada planta. Adicionalmente, no estágio fenológico R3, foi feita avaliação da injúria causada por *S. frugiperda* utilizando uma escala visual de danos proposta por Davis e Williams, 1989 (NERI et al., 2005) (Tabela 2), sendo a nota média de danos em cada parcela por avaliação obtida das notas atribuídas por dois avaliadores.

Os dados de incidência dos insetos foram submetidos à Análise de Variância, comparando os tratamentos com remineralizador e o tratamento químico convencional (NPK) usado como controle. Havendo significância foi aplicado o Teste Tukey de média à 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas usando o programa Sisvar versão 5.6 (FERREIRA, 2014) e os gráficos confeccionados pelo programa SigmaPlot versão 12.5 (Systat Software, San Jose, CA).

Tabela 2. Escala de dano visual de *Spodoptera frugiperda* em milho proposta por Davis e Williams (1989), (NERI et al., 2005).

NOTA	DESCRIÇÃO
0	Sem dano nas folhas
1	Perfurações diminutas em algumas folhas
2	Pequena quantidade de perfurações arredondadas em algumas folhas
3	Perfurações arredondadas em várias folhas
4	Perfurações arredondadas e lesões em algumas folhas
5	Lesões em várias folhas
6	Grandes lesões em várias folhas
7	Grandes lesões e porções comidas (dilaceradas) em algumas folhas
8	Grandes lesões e porções comidas (dilaceradas) em várias folhas
9	Grandes lesões e porções comidas (dilaceradas) na maioria das folhas

RESULTADOS E DISCUSSÃO

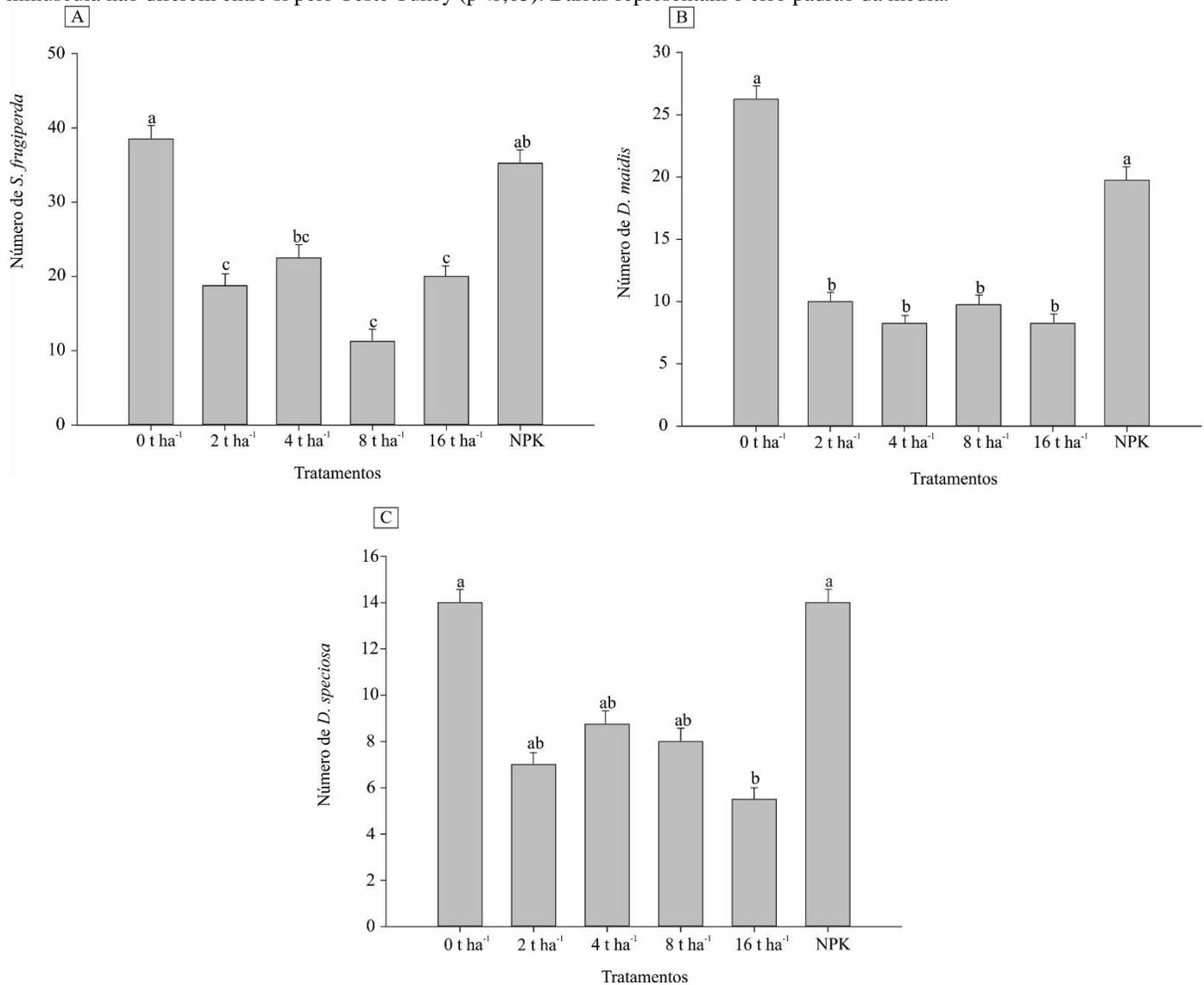
Durante o período do experimento, observou-se a ocorrência expressiva de *S. frugiperda*, *D. maidis* e *D. speciosa* (Germar) (Coleoptera: Chrysomelidae). A lagarta do cartucho foi observada no campo a partir da 3ª avaliação, apresentando pico populacional na 9ª avaliação no tratamento com 0 t ha⁻¹ de remineralizador e na 6ª avaliação no tratamento com NPK. Nos tratamentos com remineralizador o maior número de insetos foi observado na 7ª avaliação, cerca de 54 dias após germinação das plantas. As plantas do tratamento com 8 t ha⁻¹ de remineralizador apresentaram menor incidência de lagarta não diferindo estatisticamente das plantas dos tratamentos com as demais doses de remineralizador, mas diferindo do controle com NPK (p = 0,0000) (Figura 1A). Comparado à adubação química convencional, o tratamento com 8 t ha⁻¹ de remineralizador, reduziu a incidência de lagarta do cartucho no milho em 79% durante o período analisado.

A maior incidência de lagarta resultou em maior severidade dos danos na folha do milho adubado com NPK e na ausência de remineralizador. As notas atribuídas ao dano de *S. frugiperda* em milho para as plantas dos tratamentos 0, 2, 4, 8, 16 t ha⁻¹ de remineralizador e NPK foram 6, 3, 4, 4, 3 e 5, respectivamente, no estágio fenológico R3. As plantas dos tratamentos que receberam remineralizador, independente da dose, demonstraram menor extensão de área foliar danificada em relação às plantas controle, demonstrando a dificuldade da lagarta em consumir o limbo foliar.

A *D. maidis* foi observada a partir da primeira semana de avaliação, com pico populacional aos 54 dias após germinação do milho nos tratamentos com 0 e 2 t ha⁻¹ de remineralizador e NPK. Nos tratamentos com 4, 8 e 16 t ha⁻¹ de remineralizador a maior população do inseto ocorreu por volta dos 28 dias após a germinação das plantas. As plantas que receberam diferentes doses do remineralizador apresentaram menor incidência de cigarrinha em relação às plantas dos tratamentos controle com NPK e sem remineralizador (p = 0,0000) (Figura 1B).

Quanto à incidência de *D. speciosa*, a redução significativa da população do inseto ocorreu nas plantas que receberam a dose 16 t ha⁻¹ de remineralizador, em relação às plantas com NPK e sem remineralizador (p = 0,0000) (Figura 1C). Com exceção do tratamento de 0 t ha⁻¹ os demais tratamentos apresentaram o máximo de insetos, acumulado por avaliação, aos 28 dias após germinação do milho.

Figura 1. Número médio de *Spodoptera frugiperda* (A), *Dalbulus maidis* (B) e *Diabrotica speciosa* (C) em plantas de milho, estágios V1 a V12, adubadas com remineralizador de rocha silicatada e NPK (Tratamentos). Colunas seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo Teste Tukey ($p < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média.



Os resultados apresentados, de menor incidência das pragas nas plantas dos tratamentos com remineralizador, são melhor explicados pela possível absorção e acúmulo de Si pelo milho conferindo a resistência necessária aos diferentes insetos (ALHOUSARI; GREGER, 2018) e maior equilíbrio nutricional da cultura. O remineralizador em questão é rico em Si, com mais de 60% desse elemento em sua constituição, presente na forma de vários silicatos, destacando-se Ca, Mg e K. No solo, o Si é disponível como ácido silícico, o qual é absorvido pela raiz seguindo para o xilema e via fluxo de transpiração é depositado nas folhas na presença de pectina e cálcio (MEENA et al., 2014) como ácido silícico coloidal, imediatamente abaixo da cutícula formando uma cutícula dupla (ALHOUSARI; GREGER, 2018). Esse comportamento confere à planta resistência devido a múltiplos fatores ocorrendo isolados ou simultaneamente.

Um desses fatores é a barreira física constitutiva formada no tecido vegetal, devido ao acúmulo do Si amorfo na parede celular, que confere abrasividade ao tecido vegetal, desgastando de forma irreversível o aparelho bucal do inseto mastigador (MASSEY; HARTLEY, 2009). Outros fatores estão relacionados ao efeito da indução de resistência na planta ao inseto onde o Si age como um elicitador, aumentando atividades enzimáticas como peroxidase, polifenoloxidase e quitinase (TUBANA et al., 2016). Adicionalmente, essa resposta de indução de resistência ativa a produção de voláteis de plantas induzidos por herbívoros - *Herbivore induced plant volatiles* (HIPVs) que estão relacionados com a atração de inimigos naturais da praga para as plantas tratadas com Si (REYNOLDS et al., 2009; KVEDARAS et al., 2010). Além da resistência a estresse biótico e abiótico conferida à planta pelo Si, este elemento no solo interage com o P contribuindo para ganho de

produção em plantas mesmo com a deficiência desse nutriente no solo e também ameniza a suscetibilidade de plantas a pragas causada por excesso de N (SAHEBI et al., 2015).

Além do Si, o Cu, Zn, Fe e Mn estão envolvidos na produção de peróxidos de hidrogênio que é uma espécie reativa de oxigênio sabidamente relacionada à resposta de defesa de plantas a patógenos (HUBER et al., 2012). O Mn também é demandado na produção de compostos fenólicos e fitoalexinas, como parte da resposta de resistência bioquímica pós formada da planta a estresses bióticos (HUBER et al., 2012). Portanto, plantas bem nutridas, apresentarão maior resistência às pragas e outros fatores de estresse, corroborando com a menor incidência de pragas nas plantas adubadas com remineralizador.

As mariposas de *S. frugiperda* ovopositam à noite na superfície das folhas e as lagartas recém eclodidas raspam as folhas mais novas da planta e após o 3º ínstar penetram no cartucho, ocasionando danos extensos ao limbo foliar (SARMENTO et al., 2002). Durante seu ciclo, lagartas do cartucho de 2º e 6º ínstars apresentaram o dobro e triplo de mortalidade, respectivamente, quando alimentadas com folhas de milho adubadas com silicato de sódio (25-28% (p/v) de SiO₂) em comparação àquelas alimentadas com folhas sem adubação suplementar de Si (GOUSSAIN et al., 2002). A dificuldade na raspagem da folha em função da sua maior rigidez para as lagartas de 2º ínstar e os danos à mandíbula das lagartas de 6º ínstar são os responsáveis pela mortalidade verificada em experimento *in vitro* (GOUSSAIN et al., 2002). Ainda que a lagarta não morra de inanição pela oferta de folha de milho com acúmulo de Si pode haver uma diminuição da sua fecundidade na fase adulta (ovos por fêmea) (ALVARENGA et al., 2017) ocasionada pela falta de nutrientes necessários para o seu desenvolvimento.

Na área experimental, devido ao livre acesso às plantas dos diferentes tratamentos, as mariposas de *S. frugiperda* não demonstraram preferência por planta adubada ou não com remineralizador para sua ovoposição, resultando em deposição de ovos de forma aleatória no campo. Porém, após a eclosão dos ovos, nos ínstars larvais iniciais, a dificuldade na alimentação pode ter comprometido o ciclo do inseto e, conseqüentemente, limitado a sua população ao longo do tempo de avaliação (NERI et al., 2005). Como as lagartas não se movimentam de uma planta para outra, aquela que apresentasse dificuldade para se alimentar de uma planta em função do tratamento recebido, destinava-se a morrer ou ter seu desenvolvimento comprometido. A redução superior a 70% no número médio acumulado de lagarta ao longo do ciclo da cultura contribuiu não só para expressiva redução de área foliar lesionada, o que impacta na produção (OTA et al., 2011), mas também pode colaborar para redução dos custos com manejo químico da praga (NERI et al., 2009) uma vez que 25 a 30% dos custos de produção do milho com insumos é destinado ao manejo fitossanitário (IMEA, 2018), destacando-se o da lagarta do cartucho.

A *D. speciosa* tem sua postura de ovos realizada na base da planta próxima ao solo e as larvas recém eclodidas causam grande dano às raízes do milho, impactando na biomassa fresca deste órgão e também da parte aérea (MARQUES et al., 1999). Danos à raiz do milho não foram observados no presente trabalho. O adulto comporta-se como inseto mastigador e já foi

relatado que *D. speciosa* em plantas de batata adubadas com silício e pó de rocha Biocksil® reduziram o número de lesões pela metade quando comparadas às plantas sem adubação com alguma fonte de Si (GOMES et al., 2009). Ao lado do campo experimental havia um cultivo de Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) com alta incidência de *D. speciosa*, o que possivelmente contribuiu para a menor população do inseto no cultivo do milho, pois essa praga apresenta preferência alimentar para feijões e leguminosas (MARQUES et al., 1999). Esse comportamento de preferência alimentar, associado com limitação à alimentação oferecida pelas plantas fertilizadas com remineralizador devido ao acúmulo de Si, contribuíram para a ocorrência de um população de *D. speciosa* transiente na cultura do milho, uma vez que apesar de presente não se estabeleceu no cultivo (MAPA, 2010).

A cigarrinha *D. maidis* é uma praga de poucos hospedeiros, sendo restrita sua multiplicação ao gênero *Zea* (OLIVEIRA et al., 2016). Seu dano se dá diretamente pela sucção de seiva, onde ocorre o comprometimento do desenvolvimento da planta, além de ser transmissora do vírus *Maize rayado fino virus* – MRFV (risca do milho) e mollicutes *Spiroplasma kunkelii* e o *Maize huhsy stunt* fitoplasma – MBS fitoplasma, associados ao enfezamento pálido e vermelho, respectivamente (OLIVEIRA et al., 2013). *D. maidis* deposita seus ovos isolados ou em pequenos grupos no interior do tecido foliar na base das folhas mais novas, permanecendo na fase de ninfas imóveis, alimentando-se da folha, saindo desse estado apenas quando ameaçadas ou incomodadas (HEADY et al., 1985).

As cigarrinhas fêmeas têm grande capacidade de identificar plantas com alta qualidade nutricional para sua ovoposição mesmo que para isso elas tenham que se deslocar alguns metros em busca de hospedeiro que atenda sua exigência nutricional (TIPPING et al., 2004). No hospedeiro, as ninfas se alimentam do floema acarretando em hipertrofia do mesmo e granulação das células ocasionando o bloqueio da seiva pelos vasos condutores (NIELSEN et al., 1999). O Si confere aos insetos sugadores as mesmas dificuldades para obtenção de alimentos descritas para os mastigadores, pois também impedem o livre acesso dos estiletes aos vasos condutores e estimulam a resposta de defesa bioquímica da planta contra esses insetos por meio da produção de glucosinolatos (TEIXEIRA et al., 2017).

CONCLUSÕES

A adubação do milho com remineralizador de solo de origem de rocha silicatada reduz a incidência de lagarta do cartucho, cigarrinha e vaquinha em milho, com conseqüente diminuição dos danos causados por esses insetos.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Entomologia e ao Laboratório de Análise de Solos e Tecido Vegetal do IFNMG Campus Januária pelo apoio às análises; à Terra Produtiva Mineradora de Ipirá/BA pela doação do remineralizador e ao Dr. Eder de Souza Martins, Embrapa Cerrados, pelas orientações durante a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALAVARENGA, R.; MORAES, J.; AUAD, A.; COELHO, M.; NASCIMENTO, A. Induction of resistance of corn plants to *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) by application of silicon and gibberellic acid. *Bulletin of Entomological Research*, v.107, n.4, p.527-533, 2017. 10.1017/S0007485316001176.
- ALHOUSARI, F.; GREGER, M. Silicon and mechanisms of plant resistance to insect pests. *Plants*, v.7, n.33, p1-11, 2018. 10.3390/plants7020033.
- BEERLING, D. J. A.; LEAKE, J. R.; LONG, S. P.; SCHOLLES, J. D.; TON, J.; NELSON, P. N.; BIRD M.; KANTZAS, E.; TAYLOR, L. L.; SARKAR, B.; KELLAND, M.; DELUCIA, E.; KANTOLA, I.; MÜLLER, C.; RAU, G.; HANSEN, J. Farming with crops and rocks to address global climate, food and soil security. *Nature Plants*, v. 4, p.138-174, 2018. 10.1038/s41477-018-0108-y.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>. Acesso em: 04 de nov. 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, vol.38, n.2, p.109-112, 2014. 10.1590/S1413-70542014000200001.
- GASCHO, G. J. Silicon sources for agriculture. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (eds). *Silicon in Agriculture*. Amsterdam: Elsevier Science BV, 2001. cap. 12, p.197-207.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERI, D. K. P. Adução com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 1, p.18-23, 2009. 10.30969/acsa.v14i2.977.
- GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, M. L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, v.31, n.2, p.305-310, 2002. 10.1590/S1519-566X2002000200019.
- HEADY, S. E.; MADDEN, L. V.; NAULT, L. R. Oviposition behavior of *Dalbulus* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae). *Annual Entomological Society of America*, v.78, n.6, p.723-727, 1985. 10.1093/aesa/78.6.723.
- HODSON, M. J.; WHITE, P. J.; MEAD, A.; BROADLEY, M. R. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, v.96, p.1027-1046, 2005. 10.1093/aob/mci255.
- HUBER, D.; RÖMHELD, V.; WEINMANN, M. Relationship between nutrition, plant diseases and pests. In: MARSCHNER, H. (ed). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. London: Elsevier, 2012, cap. 10, p.283-298. 10.1016/B978-0-12-384905-2.00010-8.
- IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração, 2011. *Informações e análise da economia mineral brasileira, 6ª ed. Fosfato/Potássio/Fertilizantes*. Disponível em: <http://www.ibra.org.br/sites/1300/1382/00001456.pdf>. Acesso em: 20 de jan. 2018.
- IMEA, Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária, 2018. *Custo e produção do milho safra 2017/2018*. Disponível em: <http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/28032017194637.pdf>. Acesso em: 05 de nov. 2018.
- ISAAA, International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2018. *Resumo Executivo. ISAAA: situação global dos cultivos transgênicos em 2017*. 20 p. Disponível em: <https://d3351uupugsy2.cloudfront.net/cms/files/50569/15306214042018-07-03-ISAAA-Resumo-Executivo.pdf>. Acesso em: 04 de nov. 2018.
- KVEDARAS, O. L.; NA, M.; CHOI, Y. S.; GURR, G. M. Silicon enhances natural enemy attraction and biological control through induced plant defences. *Bulletin of Entomological Research*, v.100, p.367-371, 2010. 10.1017/S0007485309990265.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2010. *Normas internacionais para medidas fitossanitárias NIMF Nº 8 determinação de status de uma praga em uma área (1998)*. Food and Agriculture Organization of the United Nations by the Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply of Brazil. ed FAO. 2010. 12p.
- MARTINS, E. S.; RESENDE, A. V.; OLIVEIRA, C. G.; FURTINI NETO, A. E. Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos. In: *Agrominerais para o Brasil*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. cap.5, p.89-104.
- MASSEY, F.P.; HARTLEY, S. E. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. *Journal of Animal Ecology*, v.78, p.281-291, 2009. 10.1111/j.1365-2656.2008.01472. x.
- MEENA, V. D.; DOTANIYA, M. L.; COUMAR, V.; RAJENDIRAN, S.; KUNDU, A. S.; RAO, A. S. A case for silicon fertilization to improve crop yields in tropical soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, v.84, n.3, p.505-518, 2014. 10.1007/s40011-013-0270-y.
- NERI, D. K. P.; MORAES, J. C.; GAVINO, M. A. Interação silício com inseticida regulador de crescimento no manejo de

- lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.29, n.6, p.1167-1174, 2005. 10.1590/S1413-70542005000600010.
- NERI, D. K. P.; GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; GÓES, g. b.; MARROCOS, S. T. P. Influência do silício na suscetibilidade de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) ao inseticida lufenuron e no desenvolvimento de plantas de milho. *Ciência Rural*, v.39, n.6, p.1633-1638, 2009. 10.1590/S0103-84782009005000111.
- NIELSEN, G. R.; FUENTES, C.; QUEBEDEUX, B.; WANG, Z.; LAMP, W.O. Alfalfa physiological response to potato leafhopper injury depends on leafhopper and alfalfa developmental stage. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.90, p. 247- 255, 1999. 10.1046/j.1570-7458.1999.00445.x.
- OLIVEIRA, E.; RESENDE, R. O.; GIMÉNEZ PECCI, M. L. P.; LAGUNA, I. G.; HERRERA, P.; CRUZ, I. Ocorrência e perdas causadas por mollicutes e vírus na cultura do milho safrinha no Paraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 38, n. 1, p.19-25, 2003.10.1590/S0100-204X2003000100003.
- OTA, E. C.; LOURENÇÃO, A. L.; DUARTE, A. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; ITO, M. A. Desempenho de cultivares de milho em relação à lagarta-do-cartucho. *Bragantia*, v. 70, n. 4, p.850-859, 2011. 10.1590/S0006-87052011000400018.
- PIGNATI, W. A.; LIMA, F. A. N. S.; LARA, S. S. L.; CORREA, M. L. M.; BARBOSA, J. R.; LEÃO, L. H. C.; PIGNATTI, M. G. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a vigilância em saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.22, n.10, p.3281-3293, 2017. 10.1590/1413-812320172210.17742017.
- REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. *Annual Applied Biology*, v.155, n. 2, p.171-186, 2009. 10.1111/j.1744-7348.2009.00348.x.
- SAHEBI, M.; HANAFI, M. M.; AKMAR, A. S. N.; RAFII, M. Y.; AZIZI, P.; TENGOUA, F. F.; AZWA, J. N. M.; SHABANIMOFRAD, M. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. *BioMed Research International*, v.2015, p.1-16, 2015. 10.1155/2015/396010.
- SANTOS-AMAYA, O. F.; RODRIGUES, J. V. C.; SOUZA, T. C.; TAVARES, C. S.; CAMPOS, S. O.; GUEDES, R. N. C.; PEREIRA, E. J. G. Resistance to dual-gene Bt maize in *Spodoptera frugiperda*: selection, inheritance, and cross-resistance to other transgenic events. *Scientific Reports*, v.5, n.18243, p.1-10, 2015. 10.1038/srep18243.
- SARMENTO, R. A.; AGUIAR, R. W. S.; AGUIAR, R. A. S. S.; VIEIRA, S. M. J.; OLIVEIRA, H. G.; HOLTZ, A. M. Revisão da biologia, ocorrência e controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em milho no Brasil. *Bioscience Journal*, v. 18, n. 2, p. 41-48, 2002.
- TEIXEIRA, N. C.; VALIM, J. O. S.; CAMPOS, W. G Silicon-mediated resistance against specialist insects in sap-sucking and leaf-chewing guilds in the Si non-accumulator collard. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v.165, p.94-108, 2017. 10.1111/eea.12628.
- TÉLLEZ, P.; AYRA, C.; MORÁN-BERTOT, I.; RODRÍGUEZ-CABRERA, L.; SOSA, A. E.; OLIVA, O.; PONCE, M.; RIVERÓN, A.; HERNÁNDEZ, D.; RODRÍGUEZ, N. C. New knowledge on insect-resistance management for transgenic Bt corn. *Biotecnología Aplicada*, v.33, n.1, p.1511-1513, 2016.
- THEODORO, S. T.; TCHOUANKOUE, J. P.; GONÇALVES, A. O.; LEONARDOS, O.; HARPER, J. A importância de uma rede tecnológica de rochagem para a sustentabilidade em países tropicais. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.6, p.1390-1407, 2012. 10.26848/rbvf.v5i6.232929.
- TIPPING C.; MIZELL, R. F.; ANDERSEN, P. Dispersal adaptations of immature stages of three species of leafhoppers (Hemiptera: Auchenorrhyncha: Cicadellidae). *Florida Entomology*, v.87, n.3, p.372-379, 2004. 10.1653/0015-4040(2004)087[0372:DAOISO]2.0.CO;2.
- TUBANA, B. S.; BABU, T.; DATNOFF, L. E. A review of silicon in soil and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. *Soil Science*, v.181, n.9/10, p.1-19, 2016. 10.1097/SS.0000000000000179.