

EFEITO DO SILÍCIO NA MORTALIDADE DE LAGARTAS DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE), AO FINAL DO SEGUNDO ÍNSTAR

Mariana Macêdo de SOUZA (1), Adria Raiane Souza SILVA (2), Lucas Reinold Teodosio da SILVA (3), Cherlyson Cunha de MEDEIROS (4), Luciano Pacelli Medeiros MACEDO (5).

(1) Estudante do curso de Agroecologia 3º Período, IFRN, Campus Ipanguaçu, Base Física, Ipanguaçu/RN. E-mail: mari.macedodsouza@gmail.com

(2) Estudante do curso de Agroecologia 3º Período IFRN, Campus Ipanguaçu, Base Física, Ipanguaçu/RN. E-mail: ccm1933@hotmail.com

(3) Estudante do curso de Agroecologia 3º Período, IFRN, Campus Ipanguaçu, Base Física, Ipanguaçu/RN. E-mail: Adria_arrss@hotmail.com

(4) Estudante do curso de Agroecologia 1º Período, IFRN, Campus Ipanguaçu, Base Física, Ipanguaçu/RN. E-mail: lucasreinold@hotmail.com

(5) Professor-Orientador, IFRN, Campus Ipanguaçu, Base Física, Ipanguaçu/RN E-mail: luciano.macedo@ifrn.edu.br

RESUMO

Conhecida no estágio larval como lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) é a mais importante praga da cultura do milho na região do Vale do Açu, RN, alimentando-se preferencialmente, do cartucho. Este trabalho foi realizado em casa-de-vegetação e no Laboratório de Biotecnologia, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Ipanguaçu, no período de maio a julho de 2010, e objetivou avaliar o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento de *S. frugiperda*. O tratamento com silício consistiu na aplicação de 3,2 ml de solução de dióxido de sílica amorfa (860 g/Kg - 86%), mais 96,8 ml de água, via solo, aos 5, 10, 15, 20 e 25 dias após a emergência de plantas de milho mantidas em vasos com capacidade para 2 Kg de substrato. Outro grupo de plantas foi cultivado sem aplicação de silício. Avaliou-se o desenvolvimento de lagartas alimentadas com folhas de milho retiradas de plantas tratadas com silício, em comparação com lagartas alimentadas com folhas de milho não tratadas, registrando-se a mortalidade ao final de 24 e 48 horas. Verificou-se efeito do silício na mortalidade de lagartas alimentadas com folhas provenientes de plantas que receberam esse mineral, 24 horas após o fornecimento das folhas de milho. Assim, o uso do silício poderá ser incluído em programas de manejo integrado de pragas (MIP), visando diminuir a pressão populacional da lagarta-do-cartucho.

Palavras-chaves: Dióxido de sílica; Inseto-praga; Resistência de plantas a insetos.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho, *Zea mays* L., é responsável por 40% do total de grãos produzidos no Brasil, com cerca de 32 milhões de toneladas/ano, porém com um rendimento médio de 2800 kg por hectare. Esta baixa produtividade muitas vezes é impulsionada pelo ataque de pragas, ocorrência de doenças entre outros fatores que podem limitar a produção. Dentre as pragas pode-se destacar a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) como um dos principais insetos-praga da cultura do milho no Brasil, podendo reduzir a produção em 15 a 34% (Cruz, 1995).

No manejo da lagarta-do-cartucho, a utilização de produtos químicos ainda é a principal tática recomendada, porém com um aumento considerável no custo de produção. Em algumas regiões brasileiras, são necessárias até dez aplicações de inseticidas para o controle dessa praga, possivelmente devido à resistência desse inseto aos ingredientes ativos utilizados.

Práticas culturais que aumentam o grau de resistência das plantas estão sendo cada vez mais utilizadas no Manejo Integrado de Pragas (MIP), podendo auxiliar no controle de insetos-praga. Dentre os métodos culturais de controle de pragas citam-se o controle biológico, a resistência de plantas a insetos e o controle cultural como alternativas em conjunto ao controle químico.

Quanto ao cultivo de plantas resistentes, podem-se utilizar aquelas com resistência genética ou com resistência induzida. Essa última vem se tornando uma prática promissora, por ser um método de baixo custo e por causar um menor impacto ambiental. A resistência induzida pode ser obtida através da aplicação de silício, que poderá se constituir em uma alternativa viável, principalmente em plantas da família Poaceae (gramíneas), devido a sua grande capacidade em acumular esse mineral (Epstein, 1994; Marschener, 1995; Epstein 1999).

O silício pode proporcionar aumento do grau de resistência das plantas ao ataque de insetos e doenças. Diversos estudos demonstram que esse mineral se deposita nas células epidérmicas das folhas e tricomas, aumentando o espessamento e a rigidez, e também atua como um elicitor no sistema de defesa da planta ao ataque de pragas pela produção de compostos fenólicos de defesa. O aumento do grau de resistência das plantas com silício pode ser resultado de alterações morfológicas das estruturas externas e internas da planta, bem como da produção de compostos deletérios ao inseto. Assim, pode haver alteração no comportamento desse inseto em plantas tratadas com silício.

Dessa forma, tendo em vista a necessidade de pesquisas que conduzam ao melhor entendimento da interação silício-planta-inseto, este trabalho objetiva avaliar o efeito da aplicação de silício em plantas de milho na mortalidade da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, ao final do segundo ínstar, na Região do Vale do Açu.

OBJETIVO GERAL

- Induzir resistência à lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, em plantas de milho pela aplicação de silício, via solo e foliar.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, quando alimentada com folhas de milho que receberam o tratamento com dióxido de sílica;

- Avaliar o efeito do silício na mortalidade de lagartas de *S. frugiperda*;

- Verificar o efeito do silício na indução de resistência do milho ao ataque de *S. frugiperda*.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A única forma assimilável de silício pelas plantas é o ácido silícico, que é prontamente absorvido pelas plantas (Raven, 1983; Werner & Roth, 1983). Porém, a capacidade de absorção é diferente, até mesmo em genótipos da mesma espécie.

O transporte do silício para todas as partes aéreas das plantas é limitado ao xilema (Balastra et al., 1989). O silício está presente na parede deste vaso, tendo a função de aumentar a sua resistência à compressão durante a tensão respiratória (Raven, 1983). O ácido silícico é transportado passivamente para a parte aérea das plantas através da corrente transpiratória, sendo depositado como polímero de sílica amorfa ou opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) (Jones & Handreck, 1967).

A primeira publicação da utilização de silício na proteção de plantas ocorreu em 1940. Especulou-se a respeito do modo de ação do silício sobre a redução da severidade do míldio em plantas de pepino. Foi observada uma relação direta entre a deposição de ácido silícico nos sítios de infecção do míldio e o grau de resistência de plantas à doença. Houve uma silicificação (deposição de silício) das células epidérmicas, dificultando a penetração do tubo infectivo dos fungos, agindo, assim, como uma barreira mecânica (Wagner, 1940 citado por Lima Filho et al., 1999).

O acúmulo e a polimerização de silício na célula epidérmica, logo abaixo da cutícula, formam uma barreira mecânica denominada “dupla camada silício-cutícula”, ajudando a manter as folhas mais eretas, diminuindo a transpiração e protegendo as plantas contra o ataque de insetos-praga e fungos (Yoshida et al., 1962, citados por Savant et al., 1997).

O papel do silício na resistência à broca-do-colmo-do-arroz, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae), foi investigado por Djamin & Pathak (1967), em variedades de arroz. Estes autores concluíram que, nas variedades com alto teor de silício, um menor número de lagartas foi encontrado, diminuindo, assim, a porcentagem de coração-morto nas plantas. Verificaram, ainda, alta correlação linear negativa ($r=0,80$) entre a sobrevivência das lagartas e a porcentagem de silício encontrada nas plantas. A concentração de silício nas plantas afetou a sobrevivência das lagartas e reduziu os sintomas de coração morto, reduzindo

também a alimentação desses insetos, sendo a mortalidade correlacionada com o excessivo desgaste da região incisora da mandíbula.

O efeito de diferentes fontes de silício sobre o tripses, *Stenchaetothrips biformis* (Bagnall) (Thysanoptera: Thripidae), mosca-da-galha, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason) (Diptera: Cecidomyiidae) e lagarta-enroladeira, *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee) (Lepidoptera: Pyralidae), insetos-praga da cultura do arroz, foi investigado por Subramanian & Gopalaswamy (1988). Esses autores concluíram que, nos tratamentos em que foi adicionado silício, o número de tripses/folha foi significativamente menor em relação ao tratamento sem silício. Também foi constatado que a porcentagem populacional da mosca-da-galha e da lagarta-enroladeira diminuiu com a adição de silício. Entretanto, a barreira mecânica proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não é o único mecanismo de defesa ao ataque de insetos ou à penetração das hifas de fungos. Em trabalhos recentes com plantas de pepino, foi observado que o silício age no tecido do hospedeiro, afetando sinais químicos entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida dos mecanismos de defesa da planta (Samuels et al., 1991). O mecanismo de resposta da planta ao ataque de insetos sugadores é similar ao do ataque de patógenos (Dreyer & Campbell, 1987).

A aplicação de 2 kg de casca de arroz carbonizada por m² de solo aumentou significativamente o teor de silício em plantas de arroz e isso diminuiu a porcentagem de coração-morto causado pela lagarta-amarela-do-colmo, *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) (Sawant et al., 1994). Puzyrkov et al. (1996) investigaram a possibilidade da utilização de um composto orgânico-silícico (tetraetoxisilane-TES) como método alternativo para reduzir a quantidade de inseticidas e fungicidas para o controle do besouro-do-colorado, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae), e do fungo causador da doença conhecida como requeima, *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary, na cultura da batata. Houve uma redução na aplicação de pesticidas de 11 para 2 a 5 kg/ha e aumento na produção de 9% a 24%.

Carvalho et al. (1999), estudando o efeito do silício na resistência do sorgo ao pulgão-verde, *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae), verificaram que o mineral causou redução na preferência e na reprodução dessa praga. Ao estudarem o efeito da aplicação de silicato de sódio em plantas de milho, Goussain et al. (2002) observaram que houve aumento do canibalismo entre lagartas pequenas, como também uma maior mortalidade de lagartas de primeiro e sexto instar de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) quando alimentadas com plantas tratadas com este mineral. Este fato pode estar relacionado ao acúmulo de silício nas células epidérmicas, o que, possivelmente, aumentou a rigidez do tecido, dificultando a alimentação esta praga devido ao excessivo desgaste da região incisora da mandíbula.

Uma tática para o controle do pulgão-do-milho, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae), seria a utilização de materiais resistentes, porém, por não se tratar de uma praga-chave da cultura, não há, ainda, disponibilidade de genótipos de milho com essas características. Diante disso, Moraes et al. (2005) testaram o efeito do silício na preferência do pulgão-da-folha em plantas de milho. Os tratamentos consistiram na aplicação de silício via solo e ou foliar. Foram realizados testes de não-preferência com folhas destacadas e diretamente em plantas de milho. Verificou-se que os tratamentos nos quais o silício foi aplicado via solo mais uma adubação foliar, ou mediante duas aplicações foliares, foram os que apresentaram menor número de pulgões, possivelmente devido ao aumento da resistência das folhas, o que dificultou a alimentação desses insetos.

Estudo da indução de resistência em trigo por silício e pelo pulgão *S. graminum* foi realizado por Gomes et al. (2005). Verificou-se que a aplicação de silício ativou e aumentou a síntese de compostos de defesa da planta de trigo, como peroxidase e polifenoloxidase, reduzindo a taxa de crescimento e também a preferência desse inseto-praga a plantas tratadas com este mineral.

DESCRIÇÃO DA PROPOSTA

O presente trabalho propõe-se estudar a relação do silício com lagartas de *Spodoptera frugiperda*, a principal praga da cultura do milho na Região do Vale do Açu. Trata-se de uma pesquisa inédita, na citada região, podendo contribuir para a diminuição do uso de agrotóxicos pelos agricultores, visto que a adoção de qualquer tática cultural, como o uso do silício, é ecologicamente correta e economicamente viável para os produtores de milho. Além disso, sabe-se que o silício aumenta o espessamento da parede celular das plantas, constituindo-se numa barreira mecânica, dificultando, dessa forma, a alimentação e o desenvolvimento dos insetos-praga.

METODOLOGIA

O bioensaio foi realizado em casa-de-vegetação e no Laboratório de Biotecnologia, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN, Campus Ipanguaçu (36°51'22" S, 5°30'45" W, 20 m de altitude), no período de maio a julho de 2010.

O cultivo das plantas foi realizado em casa-de-vegetação. Inicialmente, colocaram-se quatro sementes de milho híbrido Agrocere por vaso com capacidade para 2 L de substrato, composto por terra adubada com esterco (2:1). Após sete dias da emergência, realizou-se o desbaste deixando-se apenas a plântula mais vigorosa.

A umidade dos vasos foi mantida por meio de irrigação diária. Em vinte vasos foram feitas cinco aplicações, via solo, de solução de dióxido de sílica amorfa (860 g/Kg - 86%), sendo a primeira cinco dias após a emergência e depois aos 10, 15, 20 e 25 dias. Em cada aplicação foram utilizados 3,2 ml de solução em 96,8 ml de água/vaso, totalizando, ao final das aplicações, 16 ml de dióxido de sílica/vaso, conforme utilizado anteriormente por Goussain et al. (2002), em experimento também com milho e utilizando silicato de sódio. Outros 20 vasos foram mantidos nas mesmas condições, sem aplicação de silício. Os vasos foram dispostos inteiramente ao acaso nas bancadas da casa-de-vegetação.

Aos 40 dias após a emergência das plantas, que corresponde ao estágio dois de desenvolvimento fisiológico das plantas, retiraram-se as folhas de milho (com e sem silício) para serem utilizadas no bioensaio (realizados no Laboratório de Biotecnologia), pois é nesse período que a cultura se encontra mais suscetível ao ataque da lagarta-do-cartucho (Cruz & Turpin, 1982).

Para o estabelecimento inicial da população de *S. frugiperda*, lagartas foram coletadas em plantio de milho, no Campus Ipanguaçu, e mantidas em placas de Petri (19 cm de diâmetro), fornecendo-se, diariamente, seções foliares de milho até a transformação para a fase de pupa. Os adultos obtidos foram colocados em uma gaiola cilíndrica de PVC de 20 cm de diâmetro x 20 cm de altura para oviposição. A gaiola foi fechada na parte superior com tecido tipo "voil" e forrada internamente com papel jornal, que servirá de substrato para a oviposição.

Os adultos foram alimentados com solução aquosa de mel a 20 %. Para não haver problemas de fermentação e contaminação com microrganismos, o alimento foi renovado a cada dois dias. As posturas foram retiradas diariamente e acondicionadas em potes plásticos de 6,5 cm de diâmetro x 6,5 cm de altura, fechados na parte superior com tecido tipo organza. As lagartas obtidas foram utilizadas no bioensaio com adição e sem adição de silício.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com 20 repetições, comparando-se o desenvolvimento de lagartas alimentadas com folhas retiradas de plantas tratadas com silício com outras alimentadas com folhas sem tratamento. As parcelas foram constituídas por copos de plástico (capacidade de 100 mL), onde foi colocada uma seção foliar de aproximadamente 3-4 cm de comprimento, com a largura natural da folha. Sobre cada seção foi colocada uma lagarta recém-eclodida, oriundas da criação de manutenção mantida no Laboratório de Biotecnologia.

Para o fechamento da placa utilizou-se filme plástico do tipo Magipack®. As lagartas permaneceram nesse conjunto até completarem 48 horas, sendo que a seção foliar foi trocada a cada 24 h, portanto, duas vezes. O experimento foi mantido em gaiola de acrílico (50 cm altura x 50 cm de largura x 50 cm de comprimento), cuja temperatura interna era de aproximadamente 25°C, fotofase de 12 h e umidade relativa de 70 ± 10%.

Avaliou-se, durante dois dias, a mortalidade ao final do segundo ínstar, sendo consideradas lagartas mortas pelo efeito direto dos tratamentos, aquelas que apresentaram o corpo sem mutilação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se efeito do silício na mortalidade de lagartas alimentadas com folhas provenientes de plantas que receberam esse mineral, 24 horas após o fornecimento das folhas de milho. Essas lagartas apresentaram mortalidade de 100%, correspondente ao dobro da mortalidade ocorrida na testemunha, sem adição de silício (50%) (Figura 1). De acordo com Jones & Handreck (1967) e Raven (1983), a aplicação de silício proporciona o maior transporte desse elemento para a parte aérea da planta, sendo depositado nas células epidérmicas como sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), tornando os tecidos foliares mais rígidos, o que pode ter dificultado a alimentação destes insetos.

Djainin & Pathak (1967) verificaram que a resistência dos tecidos vegetais foi positivamente correlacionado com o teor de silício das plantas, em 20 variedades de arroz. Esses autores observaram redução na taxa de alimentação e na sobrevivência da broca-do-colmo, *Chilo suppressalis* (Walker), em plantas com maiores teores de silício, sendo a mortalidade, provavelmente, resultado do excessivo desgaste da região incisora da mandíbula das lagartas, o que não pode ser observado na presente pesquisa.

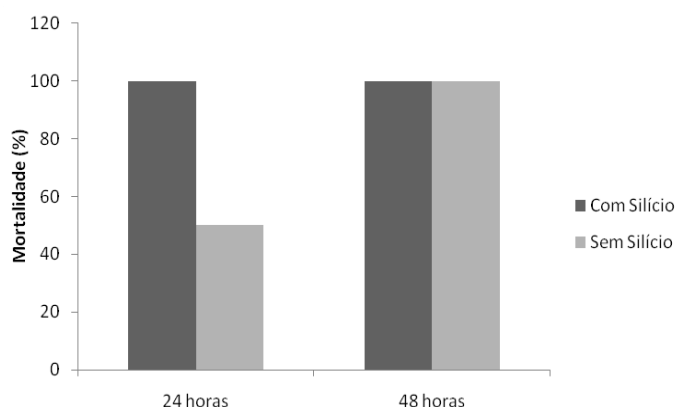


Figura 1. Porcentagem de mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas de plantas de milho, com ou sem adição de silício, ao final de 24 e 48 horas após o fornecimento do alimento.

No entanto, 48 horas após o fornecimento de folhas de milho tratadas e não tratadas com silício, não foram detectadas diferenças para a mortalidade (100%), independente do tratamento. Isso, provavelmente, ocorreu devido à maior perda de água por transpiração das seções de folhas não tratadas, em comparação com aquelas mais ricas em silício. São necessários, portanto, outros experimentos, com controle da turgidez, principalmente, para confirmar o efeito do silício na redução da transpiração das folhas, o que também foi confirmado por Goussain et al. (2002), estudando o efeito da aplicação de silício sobre o desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*.

Ainda é cedo para se inferir sobre o verdadeiro efeito do silício nas fases imaturas da lagarta-do-cartucho, uma vez que a pesquisa encontra-se em fase preliminar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos, a severidade de *S. frugiperda* para a cultura do milho vem aumentando no Vale do Açu, devido ao desequilíbrio biológico, através da eliminação de seus inimigos naturais e do aparecimento de populações resistentes a inseticidas e, provavelmente, em virtude de maior disponibilidade de alimento, uma vez que o milho vem sendo cultivado em mais de uma safra anual. Dessa maneira, livre dos inimigos naturais e com disponibilidade alimentar durante o ano todo, a praga tem amplas condições de sobrevivência. Dessa forma, torna-se necessária a busca de alternativas mais eficientes, de baixo custo e fácil utilização, como a resistência de plantas por meio da aplicação de silício.

REFERÊNCIAS

- BALASTRA, M.L.F.C.; PEREZ, M.; JULIANO, B.O.; VILLAREAL, P. Effects of sílica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hull. **Canadian Journal of Botany**, v.67, n.8, p.2356-2363, 1989.
- CARVALHO, S.P.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.28, n.4, p.505-510, 1999.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1995. 45p. (EMBRAPA/CNPMS. Circular Técnica, 21).
- CRUZ, I.; TURPIN, F.T. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estágios de crescimento da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.17, p.355-359, 1982.

- DJAMIN, A.; PATHAK, M.D. Role of silica in resistance to asiatic rice borer, *Chilo suppressalis*(Walker), in rice varieties. **Journal of Economic Entomology**, v.60, p.347-351, 1967.
- DREYER, D.L.; CAMPBELL, B.C. Chemical basis of host-plant resistance to aphids. **Plant Cell Environment**, v.10, p.353-361, 1987
- EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p.641-664, 1999.
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences**, v.91, p.11-17, 1994.
- GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; GOUSSAIN, M.M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientae Agrícola**, v.62, n.6, p.547-551, 2005.
- 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.
- GREENE, G.L.; LEPLA, N.C.; DICKERSON, W.A. Velvetlran caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v.69, n.4, p.487-488, 1976.
- JONES, L. H. P.; HANDRECK, K. A. Sílica in soils, plants and animals. **Advances in Agronomy**, v. 19, p. 107 - 147, 1967.
- LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M. Supressão de patógenos em solos induzida por agentes abióticos: o caso do silício. **POTAFOS**, Informações Agronômicas, Piracicaba, n.87, p.8-12, 1999.
- MARSCHENER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MORAES, J.C.; GOUSSAIN, M.M; CARVALHO, G.A.; COSTA, R.R. Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) Treated with Silicon. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.4, p.761-766, 2005.
- PUZYRKOV, P. E.; DOROZHKINA, L. A.; DOLGUSHKIN, V. A. Application of tetraetoxisilane for increasing potato yield and for ecological safety of pesticides. **Izvestiya-Timiryazevskoi-Sel'skokhozyaistvennoi-Akademii**, n.2, p.135-144, 1996.
- RAVEN, J.A. The transport and function of silicon in plants. **Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society**, v.58, p.179-207, 1983.
- SAMUELS, A.L. et al. Mobility and deposition of silicon in cucumber plants. **Plant, Cell and Environment**, v.14, p.485-492, 1991.
- SAVANT, N. K.; SNYDER, G. H.; DATNOFF, L. E. Silicon management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, v.58, p.151-199, 1997.
- SAWANT, A.S.; PATIL, V.H.; SAVANT, N.K. Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. **International Rice Research Notes**, v.19, n.4, p.20-21, 1994.
- SUBRAMANIAN, S.; GOPALASWAMY, A. Effect of silicate materials on rice crop pests. 1983.
- WERNER, D.; ROTH, R. Silica metabolism. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. (ed.). **Encyclopedia of plant physiology. New Series**, Berlin: Springer-Verlag, v.15B, p.682-694, **International Rice Research Newsletter**, v.13, n.3, p.32, 1988.