

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA E
INTERAÇÃO SILÍCIO-INSETICIDA
SISTÊMICO NO CONTROLE DE *Schizaphis*
graminum (ROND.) (HEMIPTERA:
APHIDIDAE) EM TRIGO**

ROSANE RODRIGUES COSTA

2008

ROSANE RODRIGUES COSTA

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA E INTERAÇÃO SILÍCIO-INSETICIDA
SISTÊMICO NO CONTROLE DE *Schizaphis graminum* (ROND.)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM TRIGO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do Programa de Pós-
graduação em Agronomia/Entomologia, área de
concentração em Entomologia Agrícola, para a
obtenção do título de “Doutor”.

Orientador
Prof. Dr. Jair Campos Moraes

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2008

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Costa, Rosane Rodrigues.

Indutores de resistência e interação silício-inseticida sistêmico no controle de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em trigo / Rosane Rodrigues Costa. – Lavras : UFLA, 2008.

75 p.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: Jair Campos Moraes

Bibliografia.

1. Ácido silícico. 2. Acibenzolar-S-Methyl. 3. Imidacloprid. 4. Resistência induzida. 5. Pulgão-verde. 6. Triticultura. 7. EPG. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 633.119754

ROSANE RODRIGUES COSTA

**INDUTORES DE RESISTÊNCIA E INTERAÇÃO SILÍCIO-INSETICIDA
SISTÊMICO NO CONTROLE DE *Schizaphis graminum* (ROND.)
(HEMIPTERA: APHIDIDAE) EM TRIGO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2008

Prof. Dr. Alcides Moino Júnior	UFLA
Dr. Ernesto Prado	EPAMIG/FAPEMIG
Prof. Dr. Luis Cláudio Paterno Silveira	UFLA
Dr. Rogério Antônio Silva	EPAMIG

Prof. Dr. Jair Campos Moraes
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

A DEUS, pelo infinito amor e misericórdia.

Aos meus pais, Robson e Maria Auxiliadora, exemplos de amor, dedicação, perseverança e humildade.

DEDICO

Ao Carlos pelo amor, companheirismo, paciência e dedicação em todos os momentos.

Às irmãs Ronelza e Rejane pela cumplicidade.

À minha avó Dona Anita pelo amor.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente em minha vida.

À Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia, pela realização do curso de Doutorado.

Ao Prof. Dr. Jair Campos Moraes por ter me orientado durante toda a vida acadêmica, pelos ensinamentos e pela oportunidade.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo.

A todos os professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos ensinamentos.

Ao Dr. Júlio Louzada e à Dra. Rosângela Tristão Borém, professores do Departamento de Biologia/UFLA, pela confiança e amizade.

Aos pesquisadores da Epamig/EcoCentro Lavras, Dr. Ernesto Prado e Dra. Lenira, pelo constante apoio.

Aos Professores Alcides Moino Júnior e Luis Cláudio Paterno Silveira e aos pesquisadores Ernesto Prado e Rogério Antônio Silva por aceitarem participar da banca examinadora e por suas importantes sugestões.

A Melissa e Lia pela amizade incondicional e por compreenderem as ausências nos últimos momentos do curso de doutorado.

À amiga Renata pelo carinho e presença em minha vida.

Aos colegas de pós-graduação, Alexa, Marçal, Lucas, Fabrícia, Marcelo, Stephan, Letícia, Val e Vaneska, pelos momentos de convivência e descontração.

Ao Alex pela disposição e auxílio nos experimentos.

A Dona Irene e Julinho, exemplos de nobreza e humildade, pelo carinho e amizade.

Aos funcionários, Fabio, Lisiane, Nazaré e Elaine, e a todos os colegas e estagiários do Departamento de Entomologia pela convivência harmoniosa durante todo o tempo.

Ao Senhor José Lamas pela amizade.

À Dona Maria Inês e ao Senhor Geraldo pelo carinho e acolhida.

Aos meus queridos familiares, tias, tios, primas e primos, que mesmo de longe torcem por minha felicidade.

À minha família: Mãe, Pai, Carlos, Ronelza e Rejane.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	i
GENERAL ABSTRACT.....	ii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5
ARTIGO 1 - Comportamento alimentar e biologia do pulgão-verde em plantas de trigo tratadas com indutores de resistência.....	9
Abstract.....	11
Resumo.....	12
Introdução.....	13
Material e Métodos.....	14
Resultados e Discussão.....	21
Conclusões.....	28
Agradecimentos.....	28
Referências Bibliográficas.....	28
Tabelas.....	31
ARTIGO 2 - Interação silício-imidaclopride no comportamento biológico e alimentar de <i>Schizaphis graminum</i> (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo.....	38
Abstract.....	40
Resumo.....	41
Introdução.....	42
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	51
Conclusões.....	70
Agradecimentos.....	71
Referências Bibliográficas.....	71
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75

RESUMO GERAL

COSTA, Rosane Rodrigues. **Indutores de resistência e interação silício-inseticida sistêmico no controle de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em trigo** 2008. 75p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras – Lavras – MG.¹

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo, sendo capaz de levar a planta à morte pela sucção de seiva e injeção de toxina, além de transmitir vírus. Uma tática recomendada para o manejo de pulgões em trigo é a utilização de inseticidas seletivos, principalmente no tratamento de sementes. Além disso, estudos com indutores de resistência em plantas a insetos, como o silício e o acibenzolar-s-methyl (ASM) são promissores. Os objetivos nesta pesquisa foram a avaliação do comportamento alimentar de *S. graminum* alimentados com plantas de trigo tratadas com silício, ASM e imidaclopride, além da avaliação de alguns aspectos biológicos do inseto. Foram realizados 2 experimentos, conduzidos no Departamento de Entomologia, UFLA, Lavras, com trigo cultivar Embrapa 22 e *S. graminum*. No primeiro experimento os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 (com silício e sem silício) x 2 (com ASM e sem ASM) e no segundo, 2 (com silício e sem silício) x 2 (com imidaclopride e sem imidaclopride). Para tanto, ensaios de biologia e “honeydew clock” com 10 repetições cada e EPG (Electrical Penetration Graphs) com 25 repetições foram montados em ambos os experimentos. Em geral, a aplicação de indutores de resistência (silício e/ou ASM) forneceu resistência às plantas de trigo ao ataque do pulgão-verde, afetando sua biologia e comportamento alimentar. Entretanto, a causa de resistência associada ao silício não está relacionada à formação de barreiras que impedem a penetração dos estiletes do pulgão nos tecidos foliares. Verificou-se, também, que o inseticida sistêmico imidaclopride atuou como deterrente sobre adultos e foi letal em ninfas de *S. graminum* até 45 dias após o tratamento de sementes.

¹ Jair Campos Moraes – UFLA (Orientador).

GENERAL ABSTRACT

COSTA, Rosane Rodrigues. **Resistance inducers and silicic-systemic insecticide in the *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera:Aphididae) control on wheat.** 2008. 75 p. Thesis (Doctor in Entomology) – Federal University of Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil.¹

The greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) is one of the main pest insects of wheat crop, its being capable of death plants by sap suction and toxin injection, in addition to transmitting viruses. A tactics recommended to the management of aphids on wheat is the use of selective insecticides, mainly in seed treatment, besides, studies with plants resistance inducers to insects, such as Acibenzolar-S-Methyl and silicon are promising. The objectives in this research were the evaluation of the feeding behavior of *S. graminum* on wheat plants treated with silicon, ASM and imidacloprid, in addition to the evaluation of some biological features of the insect. Two experiments were conducted, in the Entomology Department of the UFLA, Lavras, on wheat, cultivate Embrapa 22 and *S. graminum*. In the first experiment, the treatments were distributed in factorial scheme 2 (with silicon and without silicon) x 2 (with ASM and without ASM) and in the second 2 (with silicon and without silicon) x 2 (with imidacloprid and without imidacloprid). So, biology and honeydew excretion assays with 10 replicates each and EPG (Electrical Penetration Graphs) with 25 replicates were use in both experiments. In general, the application of resistance inducers (silicon and/or ASM) increase wheat plants resistance to greenbug, affecting its biology and feeding behavior. However, the cause of resistance associated with silicon is not related to the formation of barrier which prevents the penetration of greenbugs' stylets into the leaf tissues. It was found also that the systemic insecticide imidacloprid acts as a deterrent on adults and it is lethal in nymphs of *S. graminum* till 45 days after seed treatment.

¹ Jair Campos Moraes – UFLA (Adviser).

INTRODUÇÃO GERAL

O trigo (*Triticum aestivum* L) é um importante cereal cultivado em todo mundo, Apesar disso, a produção brasileira, cerca de 3,9 milhões de toneladas/ano, é incapaz de abastecer o mercado interno. O Brasil importa aproximadamente 6,5 milhões de toneladas/ano, e é hoje, com isso, o maior importador mundial (Agriannual, 2008). Esse cereal é responsável por 20% das calorias provenientes dos alimentos consumidos pelo homem (Silva et al., 1996).

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) é considerado a principal praga-chave para as culturas do trigo, cevada, aveia, centeio e sorgo, sendo originário da Europa e da Ásia, de onde foi levado para as Américas, e ocorre em todas as regiões geográficas onde esses cereais são cultivados (Tonet & Silva, 1994).

As injúrias e danos causados por esse afídeo atingem a planta em praticamente todos os estádios fenológicos, desde a fase de plântula até o enchimento dos grãos, podendo levá-la à morte (Silva et al., 1996). Segundo Salvadori & Tonet (2001), os danos ocasionados por *S. graminum* podem ser diretos ou indiretos. Os danos diretos ocorrem pela sucção de seiva e, como consequência, as limitações de água e de nutrientes para a planta trazem o amarelecimento, secamento e morte de plântulas e de folhas e até redução do número, do tamanho e peso dos grãos e do poder germinativo das sementes. Por possuir saliva tóxica, esse pulgão provoca secamento e morte de plântulas e folhas. As toxinas liberadas por ele durante o processo de alimentação resultam na destruição enzimática da parede celular, provocando clorose e, posteriormente, necrose do tecido vegetal. Os efeitos indiretos ocorrem pela transmissão do Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC). Além disso, os insetos sugadores como esse afídeo possuem, no aparelho digestório, um mecanismo de câmara filtro pelo qual passa a seiva extraída da planta. Estima-se

que uma pequena parte da seiva extraída é aproveitada como alimento pelo pulgão e o restante é eliminado pelo canal excretor. Esta seiva eliminada torna a superfície das plantas açucarada e pegajosa, atraindo outros insetos e servindo de substrato para fungos “fumagina” (Ilharco, 1992). A extensão dos danos diretos causados pelo pulgão-verde depende da densidade populacional, do estágio de desenvolvimento, do vigor e do suprimento de água pelas plantas, sendo que, logo após a emergência, baixas populações do pulgão-verde são suficientes para causar a morte das plântulas, reduzindo, assim, o estande da cultura (Embrapa, 2003).

Para o manejo do pulgão-verde de forma sustentável é necessário a utilização de táticas que priorizem o baixo impacto ao homem e ao ambiente. Neste sentido, como alternativa estão sendo estudados e testados indutores de resistência de plantas a insetos (Correa et al., 2005; Costa & Moraes, 2006), além do uso de inseticidas seletivos, com baixa persistência no ambiente e toxicidade a mamíferos.

Os benefícios da utilização de silício na agricultura estão relacionados com a proteção das plantas contra a toxicidade do Mn e Al (Hidradate et al., 1998; Horiguchi, 1988), a prevenção do progresso da senescência foliar (Agarie et al., 1998), o aumento da produtividade em gramíneas (Elaward & Green, 1979; Korndörfer & Lepsch, 2001), a diminuição na incidência de patógenos e o aumento da proteção contra insetos fitófagos (Goussain et al., 2002 e 2005; Costa & Moraes, 2006; Epstein, 1994; Marschner, 1995; Carvalho et al., 1999; Correa et al., 2005; Savant et al., 1997), a redução na transpiração (Datnoff et al., 2001), o aumento da taxa fotossintética das plantas e a melhoria da arquitetura foliar (Deren, 2001).

Além do acúmulo e formação de barreira mecânica na epiderme das plantas (Korndörfer et al., 2001), o silício pode agir como indutor, sendo capaz de ativar os genes que codificam respostas de defesa da planta, tais como as

enzimas oxidativas peroxidases, polifloxiidase, fenilalanina-amonioliasa (precursores da síntese de lignina, suberina, tanino, quinonas, flavonóides e fitoalexinas) (Gomes et al., 2005).

Outro indutor, comercializado no Brasil como Bion[®], é o ácido benzo-(1,2,3)-tiadiazole-7-carbótico (Acibenzolar-S-Methyl ou ASM). Esse indutor é um dos mais promissores de resistência vegetal e o primeiro representante de uma nova geração de protetores de plantas na indução de resistência (Lyon & Newton, 1997), além de apresentar baixa fitotoxidez (Gorlach et al., 1996). A resistência proporcionada por ASM à planta parece estar ligada ao aumento na síntese de fitoalexinas, por exemplo, que são metabólitos secundários produzidos pelas plantas em resposta a estresses físicos, químicos ou biológicos (Siegrist et al., 1997).

Além dos indutores a aplicação de inseticida seletivo de forma racional pode trazer benefícios no manejo das pragas na lavoura. O tratamento de sementes com imidaclopride pode ser uma alternativa para evitar a infestação de pulgões no estabelecimento da cultura. Esse inseticida sistêmico é um neonicotinóide do grupo das nitroguanidinas (Andrei, 1999), que possui baixa toxicidade a mamíferos (Ishii et al., 1994) e é seletivo a inimigos naturais (Balsdon et al., 1993).

Para avaliação do comportamento alimentar de insetos sugadores de seiva, como os pulgões, pode-se utilizar a técnica “Electrical Penetration Graphs” (EPG), que foi introduzida por McLean & Kinsey (1964) e adaptada por Tjallingii (1978). Essa técnica baseia-se no princípio de que o inseto e a planta fazem parte de um circuito elétrico. Um eletrodo é colocado no substrato do vaso com a planta e um outro é fixado no dorso do inseto por uma gota de prata (Tjallingii & Prado, 2001). O circuito é fechado quando os estiletos do inseto penetram no tecido foliar. Desse momento em diante a variação da voltagem é gravada utilizando-se um programa de computador. Cada padrão de

onda gerada pelo sistema é característica de uma atividade e localização dos estiletes, representadas pelas fases de caminamento, xilemática e floemática (Tjallingii & Prado 2001).

A técnica de EPG permite, também, o estudo do comportamento de insetos sugadores em plantas tratadas com inseticidas sistêmicos (Nisbet et al., 1993); da transmissão de vírus (Prado & Tjallingii, 1994; Fereres & Collar, 2001) e da resistência de plantas (Van Helden & Tjallingii, 1993; Lei et al., 1996; Goussain et al., 2005).

Neste contexto, o objetivo nesta pesquisa foi o estudo do comportamento alimentar e da biologia de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício, ASM e imidaclopride.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREI, E. **Compêndio de Defensivos Agrícolas**. São Paulo: Organização Andrei, 1999. 672 p.
- AGARIE, S.; AGATA, W.; KAUFMAN, P. B. Involvement of silicon in the senescence of rice leaves. **Plant Production Science**, Shinkawa, v. 1, n. 2, p. 104-105, 1998.
- ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. AGRIANUAL 2008. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 502 p.
- BALSDON, J. A.; BRAMAN, S. K.; PENDLEY, A. F.; ESPELIE, K. E. Potential for integration of chemical and natural enemy suppression of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). **Journal Environmental Horticulture**, v.11, p.153-156, 1993.
- 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**, Londrina, v. 28, n. 3, p.505-510, set. 1999.
- CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and Acibenzolar-S-Methyl as Resistance Inducers in Cucumber, against the Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 429-433, May/June 2005.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 5, n. 6, p. 834-839, Nov./Dec. 2006.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. **Silicon in Agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. 403 p.
- DEREN, C. Plant genotypes, silicon concentration and silicon related responses. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon on agriculture**. Amsterdam: Elsevier, 2001. Cap. 8, p. 149-158
- EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings National of Academy Science**, Washington, v. 91, n. 1, p. 11-17, Jan. 1994.

ELAWARD, S. H.; GREEN JUNIOR, V. E. Silicon and the rice plant environment a review of recent research. **Revista IL Riso**, Milano, v. 28, p. 235-253, 1979.

MANEJO de pragas na cultura do sorgo. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, 2003. 65 p. (Circular técnica, 27).

FERERES, A.; COLLAR, J. L. Analysis of noncirculative (“virus”) transmission by Electrical Penetration Graphs. In: HARRIS, K. F., SMITH, O. P., DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-insect-plant interactions**. New York: Academic, 2001. p. 87-102.

GOMES, F. B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GÖRLACH, J.; VOLRATH, S.; KNAUF-BEITER, G.; HENGY, G.; BECKHOVE, U.; KOGEL, K.; OOSTENDORP, M.; STAUB, T.; WARD, E.; KESSMANN, H.; RYALS, J. Benzothiadiazole, a novel class of inducers of systemic acquired resistance, activates gene expression and disease resistance in wheat. **The Plant Cell**, Rockville, v. 8, n. 4, p. 629-643, Apr. 1996.

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**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 305-310, Apr./June 2002.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J. C.; PRADO, E. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.

HELDEN, M. van; TJALLINGII, W. F. Tissue localization of lettuce resistance to the aphid *Nasonovia ribisnigri* using electrical penetration graphs. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v. 68, n. 3, p. 269-278, Sept. 1993.

HIDRADATE, M.; TANIGUCHI, S.; SAKURAI, K. Aluminum speciation in aluminum-silica solutions and potassium chloride extracts of acidic soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 62, n. 3, p. 630-636, may/June 1998.

HORIGUCHI, T. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 34, n. 1, p. 65-73, Mar. 1988.

ILHARCO, F. A. **Equilíbrio biológico de afídeos**. Lisboa: Fundação Calouste, Gulbenkian, 1992. 303 p.

ISHII, Y.; KOBORI, I.; ARAKI, Y.; KUROGOCHI, S.; IWAYA, K.; KAGABU, S. HPLC determination of the new insecticide imidacloprid and its behavior in rice and cucumber. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 12, p. 2917-2921, Dec. 1994.

KORNDÖRFER, G. H.; LEPSCH, I. . Effect of silicon on plant growth and yield. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam: Elsevier Science, 2001. v. 1, p. 133-147.

KORNDÖRFER, C. M.; ABSALLA, A. L.; BUENO, I. C. da S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-193, 2001.

LEI, H.; TJALLING, W. F.; LENTEREN, J. C. van; XU, R. M. Stylet penetration by larvae of the greenhouse whitefly on cucumber. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 79, n. 1, p. 77-84, 1996.

LYON, G. D.; NEWTON, A. C. Do resistance elicitors offer new opportunities in integrated disease control strategies? **Plant Pathology**, Oxford, v. 46, n. 5, p. 636-641, Oct. 1997.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 920 p.

McLEAN, D. L.; KINSEY, M. G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature**, London, v. 202, n. 493, p. 1358-1359, 1964.

NISBET, A. J.; WOODFORD, J. A. T.; STRANG, R. H. C.; CONNOLLY, J. D. Systemic antifeedant effects of azadirachtin on the peach-potato aphid *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 68, n. 1, p. 87-98, July 1993.

PRADO, E.; TJALLINGII, W. F. Aphid activities during sieve element punctures. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 72, n. 2, p. 157-165, Aug. 1994.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo Integrado dos pulgões de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2001. 52 p. (Comunicado Técnico).

SAVANT, N. K.; SNYDER, G. D.; DATNOFF, L. E. Silicon in management and sustainable rice production. **Advances in Agronomy**, London, v. 58, p. 151-199, 1997.

SIEGRIST, L.; GLENEWINKEL, D.; KOLLE, C.; SCHMIDTKE, M. Chemically induced resistance in green bean against bacterial and fungal pathogens. **Journal of Plant Disease and Protection**, Stuttgart, v. 104, n. 6, p. 599-610, Dec. 1997.

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mês**. Brasília: Embrapa- SPI; Planaltina: Embrapa: CPAC, 1996. 176 p.

TJALLINGII, W.F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: HARRIS, K. F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-Insect-Plant Interactions**. London: Academic Press, 2001. 376 p.

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetrations behavior by aphids. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v. 24, n. 2, p. 521-530, 1978.

TONET, G. L.; SILVA, R. F. P. Antibiose de genótipos de trigo ao biótipo C de *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Homoptera: Aphididae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1181-1186, 1994.

Artigo 1

Comportamento alimentar e biologia do pulgão-verde em plantas de trigo
tratadas com indutores de resistência

(Preparado de acordo com as normas da revista “Scientia Agricola”)

ROSANE RODRIGUES COSTA^{1*}, JAIR CAMPOS MORAES², ERNESTO
PRADO³, RONELZA RODRIGUES DACOSTA⁴

¹Doutor em Entomologia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: rosanerc@bol.com.br

²Professor Doutor. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: jcmoraes@ufla.br.

³Pesquisador Doutor Visitante. Epamig/EcoCentro Lavras, epradoster@gmail.com

⁴Mestre em Entomologia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: ronelzagro@yahoo.com.br

* Autor Correspondente

Comportamento alimentar e biologia do pulgão-verde em plantas de trigo
tratadas com indutores de resistência

ABSTRACT – The greenbug is one of the main pest insects on wheat crop. The silicon is a resistance inducer because supply plant protection to insects. Other resistance inducer which has been studied is Acibenzolar-S-Methyl (ASM). It is possible to investigate in detail the effects of resistance inducers in the behavior of insects by Electrical Penetration Graph (EPG) technique. This way, the objective in this research was the study of the feeding behavior and *S. graminum* biology on treated wheat plants with silicon and/or ASM. The experiment was conducted in the Entomology Department of the UFLA, with wheat cultivate Embrapa 22, *S. graminum*, 1% silicic acid and 0.5% Bion ®(ASM). Essays of biology, EPG and honeydew excretion were performed. The treatments were arranged into a factorial scheme 2 (without silicon and with silicon) x 2 (without ASM and with ASM), with ten replicates for the assays of biology and honeydew excretion and 25 replicates for EPG. In general, the application of resistance inducers reduced the number of aphid nymphs, the number and frequency of drops of honeydew, the number, total duration and the percentage of insect in phloem phase. On the other hand, application of inducer prolonged the duration of the pre-reproductive period of those aphids. Application of silicon and/or ASM increase wheat plants resistance to greenbug, affecting both its biology and feeding behavior.

KEY WORDS: *S. graminum*, EPG, Silicon, ASM, induced resistance

RESUMO – O pulgão-verde é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo. O silício pode fornecer proteção às plantas contra insetos, sendo considerado indutor de resistência. Outro indutor de resistência de plantas que vem sendo estudado é o acibenzolar-s-methyl (ASM). É possível analisar detalhadamente os efeitos dos indutores de resistência no comportamento dos insetos pela técnica “Electrical Penetration Graph” (EPG). Assim, o objetivo nesta pesquisa foi a avaliação do comportamento alimentar e da biologia de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e/ou ASM. O experimento foi conduzido no Departamento de Entomologia, UFLA, com trigo cultivar Embrapa 22, *S. graminum*, ácido silícico a 1% e Bion® (ASM) a 0,5%. Foram realizados ensaios de biologia, de EPG e excreção de “honeydew”. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 (sem silício e com silício) x 2 (sem ASM e com ASM), com dez repetições para os ensaios de biologia e excreção de “honeydew” e com 25 repetições para o EPG. Em geral a aplicação de indutores de resistência reduziu o número de ninfas de pulgões, o número e a frequência de gotas de “honeydew”, o número, a duração total e a porcentagem de insetos em fase floemática. Por outro lado, a aplicação de indutores prolongou a duração do período pré-reprodutivo desse afídeo. A aplicação de silício e/ou ASM forneceu resistência às plantas de trigo ao ataque do pulgão-verde, afetando sua biologia e comportamento alimentar.

PALAVRAS-CHAVE: *S. graminum*, EPG, silício, ASM, resistência induzida

1. INTRODUÇÃO

Na triticultura mundial há perdas expressivas devido ao ataque de insetos-praga. Dessa forma, gasta-se muito com inseticidas, comprometendo a sustentabilidade desta atividade agrícola. Neste contexto, é crescente o estudo de alternativas viáveis para uma agricultura equilibrada, associada à economia pela redução do uso de produtos fitossanitários.

O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo. Danifica as plantas pela grande quantidade de seiva extraída, o que causa limitações de água e nutrientes, e injeta toxinas durante a alimentação, as quais causam clorose e necrose do tecido foliar. Além disso, esse inseto pode transmitir vírus, predispor a planta a doenças e afetar a qualidade dos grãos (Salvadori & Tonet, 2001).

A presença de elementos que enrijecem a parede celular, como o silício, pode influenciar o comportamento alimentar dos insetos. Além disso, após a picada de prova, pode haver rejeição do inseto pela planta se esta não estiver nutricionalmente adequada, pois é sabido que em algumas plantas, após a aplicação de silício, há um aumento na produção de

enzimas envolvidas no processo de indução de resistência, indicando a síntese de compostos de defesa da planta a agentes externos (Gomes et al., 2005).

Outro indutor de resistência de plantas que vem sendo estudado é o Acibenzolar-S-Methyl (ASM). Este composto proporciona proteção a plantas de trigo afetando o desenvolvimento e a reprodução de *S. graminum* (Costa & Moraes, 2006).

O objetivo na presente pesquisa foi estudar o comportamento alimentar e biologia de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e/ou ASM, já que é possível analisar detalhadamente os efeitos dos indutores de resistência no comportamento dos insetos pela técnica “Electrical Penetration Graphs” (EPG) (McLean & Kinsey, 1964; Tjallingii, 1978), que permite a observação do caminamento dos estiletes dos insetos da cutícula até o floema das plantas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Metodologia geral

Os pulgões foram coletados em plantas de sorgo, no campus da Universidade Federal de Lavras, e mantidos em câmaras climatizadas no

Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia, em temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotofase de 12 horas. Os insetos foram mantidos em seções foliares de sorgo de 10 cm de comprimento, fixadas por tampas de isopor a copos plásticos de 50 mL com água. A cada dois dias as folhas foram substituídas.

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia, ambos da UFLA. Foram plantadas quatro sementes de trigo cultivar Embrapa 22 por vaso, com capacidade para 1 Kg de substrato, composto de terra de barranco e esterco de curral curtido, na proporção de 2:1, que foram dispostos sobre bancada. Após dez dias da semeadura foi realizado desbaste, deixando-se duas plantas mais vigorosas por vaso. Foram realizadas análise do solo e correções conforme recomendações da 5^a aproximação (Comissão... 1999). O ácido silícico a 1% e o Bion[®] (ASM) a 0,5% foram aplicados 20 dias após a semeadura para todos os ensaios. A aplicação do ASM foi realizada com pulverizador manual até o escoamento da calda, em média 8,5 mL por vaso, enquanto a aplicação do ácido silícico foi diretamente no substrato,

ao redor das plantas, pela aplicação de 50 mL de solução/vaso (equivalente a 1t SiO₂/ha).

2.2. Biologia do pulgão-verde

Este ensaio foi conduzido em casa-de-vegetação do Departamento de Entomologia da UFLA. Cinco dias após a aplicação dos produtos, duas fêmeas adultas, no início do período reprodutivo, retiradas da criação estoque, foram liberadas em gaiola cilíndrica de plástico transparente, com 0,5cm de altura e 0,8cm de diâmetro, com fundo fechado por tecido tipo organza e a outra extremidade circundada com espuma para evitar ferimentos nas folhas. As gaiolas foram fixadas às folhas das plantas de trigo por grampo metálico, sendo colocada uma gaiola/planta/vaso. Após 24h foram retiradas as duas fêmeas adultas e deixada apenas uma ninfa de primeiro ínstar/gaiola. Quando se iniciou o período reprodutivo, ou seja, quando se detectava a presença de ninfas na gaiola, diariamente, com auxílio de um pincel, as ninfas foram contadas e retiradas. Durante o ensaio as gaiolas foram deslocadas para outras partes da folha conforme estas se tornavam amareladas.

Os parâmetros biológicos observados foram: períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo; número de ninfas; taxa de

crescimento da população e longevidade. Para estimar a taxa de crescimento populacional do pulgão, utilizou-se o método proposto por Wyatt & White (1977) com a seguinte equação:

$$r_m = 0,738 (\log_e M_d)/d,$$

em que: r_m : taxa de crescimento populacional;

M_d : número de ninfas nascidas durante o período igual a “d”;

d: duração do período pré-reprodutivo em dias.

2.3. Avaliação do comportamento alimentar do pulgão-verde mediante as técnicas de excreção de “honeydew” e EPG.

2.3.1. Excreção de “honeydew”

Dez dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas de trigo foram transferidas da casa-de-vegetação para o laboratório para realização da técnica. A temperatura do laboratório era de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e a fotofase, de 12 horas. A avaliação da excreção de “honeydew” foi realizada sobre um cilindro de plástico de 12 cm de diâmetro e 2,5 cm de largura, encaixado em um eixo horizontal de um pequeno relógio analógico. O cilindro, que gera uma rotação de 12 horas, foi coberto com uma tira de papel filtro impregnada com uma solução contendo 3 mL de ácido acético glacial, 10 mL de n-butanol e 0,3 g de ninhidrina, pois essa solução tingem os

aminoácidos presentes na excreção de “honeydew” dos insetos (Mittler, 1958). Posteriormente, esse conjunto foi instalado sobre um micromanipulador, que ficou um centímetro abaixo de um pulgão, colocado em uma folha da planta de cada tratamento para a coleta do “honeydew”. As gotas dessa substância açucarada, em contato com a solução de ninhidrina, tornam-se de coloração púrpura. Os pulgões ficaram uma hora sem alimentação antes do início dos registros.

Os parâmetros avaliados foram: o número de gotas produzido pelos insetos, a frequência entre as gotas, o tempo para a primeira gota e o tempo para última gota.

2.3.2. EPG

Cinco dias após a aplicação dos tratamentos, as plantas de trigo foram levadas da casa-de-vegetação para o laboratório para realização do estudo do comportamento alimentar do pulgão-verde mediante a técnica de EPG. As condições de temperatura, fotofase e umidade do laboratório eram ambientes. A penetração dos estiletes dos pulgões nas plantas, também chamada de prova, foi registrada usando um equipamento com sistema DC (corrente contínua). A extremidade de um fio de ouro, de 20 μm diâmetro e 20 mm de comprimento, foi fixada no dorso de um pulgão

adulto fêmea de *S. graminum* com auxílio de tintura de prata e solvente à base de água. A outra extremidade foi fixada num fio de cobre com solda de alumínio, conectado a um amplificador com uma resistência elétrica de $1\text{ G}\Omega$. Logo após a fixação, o pulgão foi colocado na parte abaxial da folha. Outro eletrodo foi fixado no substrato da planta. O circuito foi fechado assim que os estiletos do inseto penetraram no tecido foliar. Todo esse material foi colocado em uma gaiola de Faraday que, depois de fechada, minimizou os ruídos externos que poderiam eventualmente interferir nos registros das ondas. Todos os sinais (variação de voltagem) foram registrados em forma de ondas em disco rígido de um PC, utilizando o software STYLET 30, durante 8 horas. Antes do início dos registros, os pulgões ficaram uma hora sem se alimentar.

Durante a prova, três fases comportamentais podem ser distinguidas, cada uma contendo uma ou mais ondas: 1) fase de caminhamento, incluindo as ondas A, B, C, F e queda de potencial (pd); 2) fase xilemática com a onda G; 3) fase floemática com as ondas E1 e E2. As ondas são distinguidas com base na amplitude, frequência, nível de voltagem e origem elétrica (Tjallingii & Prado, 2001).

Os parâmetros analisados estão apresentados abaixo:

Parâmetros	Sigla
Duração da 1ª não prova (tempo para a primeira prova)	D1NP
Duração da não prova	DNP
Duração da 1ª prova (caminhamento)	D1C
Nº de breves puncturas nas células durante o caminhamento dos estiletes	NPD
Duração da fase xilemática	DG
Porcentagem de insetos que chegaram à fase xilemática	PIG
Nº de fase floemática-salivação	NE1
Nº de fase floemática-ingestão	NE2
Duração total da fase floemática-salivação	DTE1
Duração total da fase floemática-ingestão	DTE2
Porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-salivação	PIE1
Porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-ingestão	(PIE2);
Duração total da fase floemática	(DTE)
Tempo total para atingir a primeira fase floemática desde o início do registro	(TEReg)
Tempo na prova até atingir a primeira fase floemática	(TENaPr)

2.4. Estatística

O delineamento utilizado foi o inteiramente ao acaso. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 (sem silício e com silício) x 2 (sem ASM e com ASM), com dez repetições para os ensaios de biologia e excreção de “honeydew” e 25 para o EPG.

Os dados de número de gotas do ensaio de excreção de “honeydew” e o número de ninfas na biologia de *S. graminum* foram transformados para $\sqrt{X + 0,5}$ antes de serem submetidos à análise de

variância. As médias foram comparadas pelo teste F a 5% de significância para todos os ensaios, exceto para a técnica do EPG, para a qual utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade e qui-quadrado para os dados de porcentagem.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Biologia do pulgão-verde

Foram observados efeitos significativos para a aplicação de silício ou ASM no período pré-reprodutivo, sendo que a aplicação desses produtos, em separado, prolongou esse período (Tabela 1). Entretanto, não houve diferença significativa para os períodos reprodutivo (média de 12,62 dias) e pós-reprodutivo (média de 3,72 dias), bem como para a longevidade (média de 24,4 dias) e a taxa de crescimento populacional (média de 0,23) do pulgão-verde, ou seja, essas variáveis não foram afetadas pela aplicação de silício e/ou ASM. Da mesma forma, Costa & Moraes (2002) observaram que a aplicação de silício em plantas de sorgo não influenciou na duração do período reprodutivo de *S. graminum*.

O número de ninfas colocadas foi afetado apenas pela aplicação de silício (Tabela 2). As plantas que não receberam esse indutor

apresentaram, em média, 27,89 ninfas e as tratadas, 14,69 ninfas. Este resultado corrobora aquele apresentado por Costa & Moraes (2006), segundo os quais o número de ninfas de *S. graminum* nas plantas de trigo que receberam a aplicação de silício via solo foi quatro vezes menor do que nas plantas testemunhas (sem silício). Também Carvalho et al. (1999) observaram que a produção de ninfas de *S. graminum* em genótipos de sorgo submetidos à aplicação de silício foi, em média, 32% menor em relação à testemunha. Já Neri (2006) não observou efeitos da aplicação de silício na biologia de *Rhopalosiphum maidis* alimentadas em plantas de milho com silício.

3.2 Excreção de “honeydew”

Verificou-se que tanto para o número de gotas como para a frequência entre gotas de “honeydew” houve interação entre os fatores estudados.

Quando se aplicou ASM, não houve efeito significativo da aplicação de silício, e quando não houve aplicação de ASM, a aplicação de silício reduziu o número e a frequência de gotas para menos da metade (Tabela 3 e 4). Da mesma forma, nas plantas em que não houve aplicação de silício, a aplicação de ASM reduziu os valores destas variáveis em

torno de 50%. Já nas plantas que receberam silício, não houve efeito significativo da aplicação de ASM (Tabela 3 e 4). Também Goussain et al. (2005) verificaram que o número de gotas de “honeydew” excretadas pelo pulgão-verde, quando alimentados em plantas tratadas com silício, foi a metade em comparação com as plantas testemunhas.

Não foram observadas diferenças significativas para tempo para a primeira gota (média de 5,13 horas) e tempo para última gota (média de 10,37 horas), para os tratamentos testados.

A redução no número e na frequência de gotas de “honeydew” em plantas submetidas à aplicação de silício ou ASM indica a possibilidade de ocorrência de barreira nessas plantas, restringindo a alimentação por esse inseto sugador.

3.3 EPG

Não foram observadas diferenças significativas para: tempo para a primeira prova (D1NP) e duração da primeira prova (D1C) (Tabela 5). Esses resultados indicam que tanto a aplicação de silício quanto com ASM não provocaram efeito adverso antes da primeira prova e, ainda, a primeira penetração dos estiletos não foi afetada pela aplicação desses indutores em relação à testemunha. Já a duração total da não-prova (DNP)

foi significativamente maior nos tratamentos com silício e/ou ASM (Tabela 5), indicando que após a primeira prova, esses afídeos permaneceram com seus estiletes um menor tempo nos tecidos das plantas.

Para o número de breves puncturas nas células durante o caminhamento dos estiletes (NPD) não houve diferenças significativas entre as médias dos tratamentos (Tabela 5), podendo-se inferir que não ocorreu efeito de endurecimento da parede celular pela aplicação de silício e ASM ao ponto que pudesse impedir a penetração dos estiletes nas células.

Não foram verificados valores significativos entre os tratamentos para a duração da fase xilemática (DG) e porcentagem de insetos que chegaram à fase xilemática (PIG) (Tabela 6). A ação do silício e do ASM, por meio do aumento da atividade de enzimas relacionadas à resistência da planta, provavelmente não ocorreu nos vasos do xilema, não sendo um impedimento à ingestão de seiva bruta.

Não houve diferenças significativas para a duração total da fase floemática-salivação (DTE1), indicando que os indutores estudados não bloquearam a chegada do pulgão-verde ao floema. No entanto, a duração

total da fase floemática-ingestão (DTE2) foi reduzida apenas nos tratamentos ASM e silício + ASM (Tabela 7). Períodos curtos de ingestão podem indicar problemas na qualidade da seiva e aceitabilidade pelo inseto sugador, portanto, a partir dos resultados observados constata-se que a aplicação de silício e ASM, isoladamente ou em associação, pode interferir negativamente na alimentação de *S. graminum*. Correa et al. (2005) também verificaram efeito negativo do ASM no comportamento de *Bemisia tabaci*, biótipo B (Gen.)(Hemiptera: Aleyrodidae), em plantas de pepino.

O tratamento das plantas de trigo com silício e ASM, isoladamente ou em conjunto, reduziu de modo significativo o número de fases floemáticas-salivação (NE1), e o número de fases floemáticas-ingestão (NE2) do pulgão-verde, bem como a duração total da fase floemática (DTE), ou seja, a fase em que o inseto esteve com seu estilete no floema (Tabela 7).

A porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-salivação (PIE1) foi afetada apenas pelo tratamento com ASM, havendo redução significativa de cerca de 54% quando comparada às plantas não tratadas (Tabela 8). Já a porcentagem de insetos que chegaram à fase

floemática-ingestão (PIE2) (88%) foi significativamente menor em plantas tratadas com silício em relação à testemunha (44%) (Tabela 8).

O tempo para atingir pela primeira vez o floema (TEReg e TENaPr) indica presença de fatores que influenciam a penetração dos estiletos antes dos vasos condutores de seiva. Nesta pesquisa não foram observadas diferenças significativas nos diferentes tratamentos para estes parâmetros (Tabela 9), isto é, os insetos que conseguiram se alimentar o fizeram no mesmo tempo que aqueles que se alimentaram das plantas testemunhas. Porém, a duração da alimentação foi reduzida pela aplicação dos indutores. Da mesma forma, Goussain et al. (2005) verificaram que o tempo gasto por *S. graminum* para atingir o floema em plantas de trigo foi similar entre as plantas tratadas com silício e as não tratadas e que, também, como nessa pesquisa, houve efeito da aplicação de silício na biologia desses afídeos. Esses resultados sugerem que plantas adubadas com silício apresentaram diminuição da qualidade da seiva.

O estudo de excreção de “honeydew” complementa a técnica de EPG na avaliação do comportamento alimentar do pulgão-verde, assim, pode-se inferir que os insetos que se alimentaram de plantas que receberam silício ou ASM apresentaram alimentação reduzida em

comparação com a testemunha, demonstrando a eficiência dos indutores na resistência de plantas de trigo a *S. graminum*, porém esses indutores parecem apresentar efeito sinérgico.

Pela técnica de EPG, o tempo para atingir a primeira fase de alimentação dos afídeos geralmente é maior quando há mecanismos de resistência. Nessa pesquisa, com utilização de indutores, isso não ocorreu provavelmente porque os indutores testados diminuíram o número e a duração das fases de alimentação, mas não retardaram o tempo de alimentação desse afídeo, podendo estar no floema a proteção conferida pelos indutores estudados.

A aplicação de silício reduziu o número de ninfas, o número de gotas de “honeydew” e a duração total da fase floemática-ingestão (DTE2) em plantas tratadas. Dessa forma, o silício pode ter agido como indutor de substâncias de defesa em plantas atacadas, diminuindo a alimentação e, como consequência, reduzindo a fecundidade do pulgão-verde. De modo geral, a aplicação de silício ou ASM forneceu resistência às plantas de trigo ao ataque do pulgão-verde.

4. CONCLUSÕES

A biologia de *S. graminum* foi afetada pela aplicação de ácido silícico ou ASM em plantas de trigo.

A aplicação do ácido silícico ou ASM em plantas de trigo afeta o comportamento alimentar de *Schizaphis graminum*.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pela concessão de bolsas e o apoio financeiro ao projeto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, Londrina, v. 28, n. 3, p. 505-510, set. 1999.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

CORREA, R. S. B.; MORAES, J. C.; AUAD A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and Acibenzolar-S-Methyl as Resistance Inducers in Cucumber, against the Whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) Biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 429-433, May/June 2005.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Resistência induzida em sorgo por silicato de sódio e infestação inicial pelo pulgão-verde *Schizaphis graminum*. **Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 27, n. 1/2, p. 37-39, jan./dez. 2002.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 5, n. 6, p. 834-839, Nov./Dec. 2006.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n.6, p. 547-551, nov./dez. 2005.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; PRADO, E. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae), **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.

McLEAN, D.L.; KINSEY, M.G. A technique for electronically recording of aphid feeding and salivation. **Nature**, London, v. 202, n. 493, p. 1358-1359, 1964.

MITTLER, T. E. Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) (Homoptera: Aphididae). II The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. **Journal of Experimental Biology**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 74-84, 1958.

NERI, D. K. P. **Indução de resistência em milho ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Hemiptera: Aphididae) pela aplicação de silício e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006, 68 p. Tese (Doutorado em Entomologia).

SALVADORI, J. R.; TONET, G .E. L. **Manejo Integrado dos pulgões de trigo.** Passo Fundo: EMBRAPA, 2001. 52 p. (Comunicado Técnico).

TJALLINGII, W. F. Electronic recording of penetrations behavior by aphids. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v. 24, n. 3, p. 521-530, 1978.

TJALLINGII, W. F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: HARRIS, K. F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-Insect-Plant Interactions.** London: Academic Press, 2001. 376 p.

WYATT, I. J.; WHITE, P. F. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.14, n. 3, p. 757-766, 1977.

Tabela 1. Período pré-reprodutivo (média \pm erro padrão) do pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício ou ASM, em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Período pré-reprodutivo (dias)
Sem silício	7,39 \pm 0,15 b
Com silício	8,06 \pm 0,31 a
ASM	Período pré-reprodutivo (dias)
Sem ASM	7,33 \pm 0,35 b
Com ASM	8,13 \pm 0,15 a
CV (%)	10,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$)

Tabela 2. Número de ninfas (média \pm erro padrão) colocadas por *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício, em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Número de ninfas
Sem silício	27,89 \pm 8,70 a
Com silício	14,69 \pm 4,38 b
CV (%)	17,50

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$).

Tabela 3. Número de gotas de “honeydew” de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e/ou ASM, registradas por 12 horas (média \pm erro padrão).

SILÍCIO	ASM	
	Sem	Com
Sem silício	13,4 \pm 1,5 aA	4,3 \pm 1,3 aB
Com silício	5,0 \pm 1,4 bA	6,3 \pm 1,2 aA

CV (21,80 %)

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Testes de F ($P \leq 0,05$).

Tabela 4. Frequência entre gotas (gotas/hora) de “honeydew” de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício e/ou ASM registradas por 12 horas (média \pm erro padrão).

SILÍCIO	ASM	
	Sem	Com
Sem silício	1,1 \pm 0,1 aA	0,4 \pm 0,1 aB
Com silício	0,5 \pm 0,1 bA	0,6 \pm 0,1 aA

CV (48,04 %)

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Testes de F ($P \leq 0,05$).

Tabela 5. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* antes de atingir os vasos condutores de seiva em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício (Si) e/ou acibenzolar-s-methyl (ASM) (média ± erro padrão), avaliados pela técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Parâmetros	Un.	Tratamentos			
		Testemunha	Si	ASM	Si + ASM
Duração da 1ª não prova (D1NP)	min	4,8 ± 1,0 a	13,4 ± 5,4 a	25,6 ± 19,2 a	10,7 ± 3,1 a
Duração da não prova (DNP)	min	56,1 ± 16,2 b	174,7 ± 28,4 a	187,9 ± 32,4 a	165,9 ± 27,0 a
Duração do 1º Caminhamento (D1C)	min	33,9 ± 6,9 a	26,0 ± 6,2 a	59,8 ± 20,7 a	31,8 ± 7,5 a
Nº de puncturas nas células durante o caminhamento dos estiletes (NPD)	n	90,5 ± 10,0 a	67,2 ± 10,5 a	66,6 ± 11,8 a	81,0 ± 11,3 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos vasos do xilema em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício (Si) e/ou acibenzolar-s-methyl (ASM) (média \pm erro padrão), avaliados pela técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

34

Parâmetros	Un.	Tratamentos			
		Testemunha	Si	ASM	Si + ASM
Duração da fase xilemática (DG)*	min	72,1 \pm 18,2	99,7 \pm 22,3	58,5 \pm 13,1	65,8 \pm 25,1
Porcentagem de Insetos que chegaram à fase xilemática (PIG)**	%	32 \pm 0,1	56 \pm 0,1	36 \pm 0,1	52 \pm 0,1

* e ** Médias com diferenças não significativas respectivamente, pelos testes de Kruskal-Wallis e de Qui-quadrado, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7 Parâmetros do comportamento de *S. graminum* nos vasos do floema em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício (Si) e/ou acibenzolar-s-methyl (ASM) (média ± erro padrão), avaliados pela técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Parâmetros	Un.	Tratamentos			
		Testemunha	Si	ASM	Si + ASM
Nº de fase floemática-salivação (NE1)	n	5,2 ± 0,7 a	1,7 ± 0,4 b	2,8 ± 0,8 b	2,9 ± 0,5 ab
Nº de fase floemática-ingestão (NE2)	n	3,2 ± 0,5 a	0,8 ± 0,2 b	1,4 ± 0,4 b	1,0 ± 0,2 b
Duração total da fase floemática-salivação (DTE1)	min	16,0 ± 4,0 a	8,0 ± 1,9 a	8,4 ± 1,8 a	12,0 ± 2,8 a
Duração total da fase floemática-ingestão (DTE2)	min	222,2 ± 23,8 a	92,2 ± 33,2 ab	76,5 ± 21,9 b	42,7 ± 15,2 b
Duração da fase floemática (DTE)	min	219,5 ± 23,1 a	57,1 ± 20,7 b	79,1 ± 21,6 b	46,2 ± 13,1 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Porcentagem de *S. graminum* que chegaram nos vasos do floema em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício (Si) e/ou acibenzolar-s-methyl (ASM) (média \pm erro padrão), avaliados pela técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Parâmetros	Un.	Tratamentos			
		Testemunha	Si	ASM	Si + ASM
Porcentagem de Insetos que chegaram na fase floemática-salivação (PIE1)	%	96 \pm 0,1 a	68 \pm 0,1 ab	52 \pm 0,1 b	80 \pm 0,1 ab
Porcentagem de Insetos que chegaram na fase floemática-ingestão (PIE2)	%	88 \pm 0,1 a	44 \pm 0,1 b	48 \pm 0,1 ab	64 \pm 0,1 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula, na linha, não diferem entre si pelo teste de Qui-quadrado, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9. Parâmetros do comportamento de *S. graminum* para atingir a fase floemática, em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício (Si) e/ou acibenzolar-s-methyl (ASM) (média ± erro padrão), avaliados pela técnica de EPG em 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Parâmetros	Un.	Tratamentos			
		Testemunha	Si	ASM	Si + ASM
Tempo total para atingir a primeira fase floemática desde o registro (TEReg)	min	155,4 ± 20,6	208,1 ± 32,5	163,1 ± 28,8	200,2 ± 20,7
Tempo na prova até atingir a primeira fase floemática (TENaPr)	min	20,7 ± 2,6	20,9 ± 5,5	24,5 ± 4,7	18,4 ± 2,5

Médias com diferenças não significativas pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.

Artigo 2

Interação silício-imidaclopride no comportamento biológico e alimentar de
Schizaphis graminum (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo

(Preparado de acordo com as normas da revista Ciência e Agrotecnologia)

ROSANE RODRIGUES COSTA^{1*}, JAIR CAMPOS MORAES², ERNESTO
PRADO³, RONELZA RODRIGUES DACOSTA⁴

¹Doutor em Entomologia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: rosanerc@bol.com.br

² Professor Doutor. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: jcmoraes@ufla.br.

³ Pesquisador Doutor Visitante. EPAMIG/EcoCentro Lavras, e-mail: epradoster@gmail.com

⁴ Mestre em Entomologia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Departamento de Entomologia - DEN, e-mail: ronelzagro@yahoo.com.br

* Autor Correspondente

Interação silício-imidaclopride no comportamento biológico e alimentar
de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de
trigo

ABSTRACT – The greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) is one of the main pest insects on wheat crop, its being capable of leading a plant to death by sap suction and toxin injection, in addition to transmitting viruses. A tactics recommended to the management of aphids on wheat is the use of selective insecticides, mainly in seed treatment. This way, in this research, the objectives were the monitoring of the feeding behavior of *S. graminum* on wheat plants treated with silicon and/or imidacloprid, in addition to the evaluation of some biological features of the insect. The experiment was conducted in the Entomology Department, UFLA, on wheat cultivate Embrapa 22, *S. graminum*., 1% silicic acid and imidacloprid seed treatment. So, biology and EPG assays were conducted, started 15, 30 and 45 days after the seeds germination, and honeydew excretion. The treatments were distributed in factorial scheme 2 (with silicon and without silicon) x 2 (with imidacloprid and without imidacloprid), with 10 replicates to biology and honeydew excretion assays, and with 25 replicates to EPG. It was found that the systemic insecticide imidacloprid acts as a deterrent on adults and it is lethal on nymphs of *S. graminum* till 45 days after seed treatment. Besides, the plants treated with silicon showed *S. graminum* resistance.

KEY WORDS: Aphids, Silicic acid, insecticide, EPG, wheat growing.

RESUMO – O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) é um dos principais insetos-praga da cultura do trigo, sendo capaz de levar a planta à morte pela sucção de seiva e injeção de toxina, além de transmitir vírus. Uma tática recomendada para o manejo de pulgões em trigo é a utilização de inseticidas seletivos, principalmente no tratamento de sementes. Desta forma, nesta pesquisa, os objetivos foram o monitoramento do comportamento alimentar de *S. graminum* alimentados com plantas de trigo tratadas com silício e/ou imidaclopride, além da avaliação de alguns aspectos biológicos do inseto. O experimento foi conduzido no Departamento de Entomologia, UFLA, com trigo cultivar Embrapa 22, *S. graminum*, ácido silícico a 1% e tratamento de sementes com imidaclopride. Para tanto, foram realizados ensaios de biologia e de EPG, iniciados aos 15, 30 e 45 dias após a germinação das sementes, e excreção de “honeydew”. Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 (sem silício e com silício) x 2 (sem imidaclopride e com imidaclopride), com dez repetições para os ensaios de biologia e excreção de “honeydew”, e com 25 repetições para o EPG. Verificou-se que o inseticida sistêmico imidaclopride atua como deterrente sobre adultos e é letal em ninfas de *S. graminum* até 45 dias após o tratamento de sementes. Além disso, as plantas tratadas com silício mostram-se resistentes a *S. graminum*.

PALAVRAS-CHAVE: Afídeos, ácido silícico, inseticida, EPG, triticultura.

1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L) é um importante cereal cultivado em todo mundo, sendo o Brasil o maior importador mundial, produzindo apenas 38% de todo o trigo consumido no país (Agrianual, 2008).

Dentre os problemas enfrentados pela triticultura brasileira ocorre o ataque de pragas, que aumenta os custos de produção da cultura devido aos gastos com o controle fitossanitário. O pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) é considerado praga-chave da cultura de trigo. As injúrias e danos causados por esse afídeo atingem a planta em praticamente todos os estádios fenológicos, desde a fase de plântula até o enchimento dos grãos, podendo levá-la à morte (Silva et al., 1996).

Os danos ocasionados por *S. graminum* podem ser diretos, pela sucção de seiva, que provoca o amarelecimento, secamento e morte de plântulas e folhas e redução da produtividade e poder germinativo das sementes; e indiretos, pela transmissão do Vírus do Nanismo Amarelo da Cevada (VNAC) (Salvadori e Tonet, 2001).

A aplicação de inseticida sistêmico como o imidaclopride no tratamento de sementes de trigo pode ser uma alternativa para evitar a

infestação de pulgões no estabelecimento da cultura. Esse inseticida é um neonicotinóide do grupo das nitroguanidinas (Andrei, 1999), que possui baixa toxicidade a mamíferos (Ishii et al., 1994) e é seletivo a inimigos naturais (Balsdon et al., 1993).

Também a utilização de táticas que permitam uma maior resistência da planta contra agentes bióticos é uma alternativa promissora no manejo integrado do pulgão-verde em trigo, podendo reduzir ou até mesmo abolir a utilização de inseticidas.

Assim, a aplicação de silício pode fornecer proteção às plantas tratadas. Essa proteção deve-se à barreira mecânica passiva da planta contra o estresse ambiental (Korndörfer et al., 2001) e à proteção ativa induzida por este elemento dentro das células vegetais, desencadeando reações que iniciam mecanismos de defesas bioquímicas em plantas tratadas (Gomes et al., 2005). O silício solúvel é absorvido pelas raízes das plantas como ácido monossilícico (H_4SiO_4) de forma passiva, acompanhando a absorção de água. É transportado através do xilema das plantas e depositado nas paredes das células, principalmente das folhas. Parte do silício absorvido permanece na forma solúvel, mas a maior parte

dele é incorporada na parede celular (principalmente nas células da epiderme) (Epstein, 2001; Jarvis, 1987).

A técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG) permite a avaliação do comportamento alimentar de insetos sugadores de seiva. Essa técnica baseia-se no princípio de que o inseto e a planta fazem parte de um circuito elétrico. Um eletrodo é colocado no substrato do vaso com a planta e um outro é fixado no dorso do inseto por uma gota de prata (Tjallingii & Prado, 2001). O circuito é fechado quando os estiletes do inseto penetram no tecido foliar. Desse momento em diante a variação da voltagem é gravada utilizando-se um programa de computador. Cada padrão de onda gerada pelo sistema é característica de uma atividade e localização dos estiletes, sendo representadas pelas fases de caminhamento, xilemática e floemática (Tjallingii & Prado 2001).

Com isso, os objetivos neste trabalho foram verificar a influência do silício e do tratamento de sementes com imidaclopride na biologia e no comportamento alimentar de *S. graminum* em plantas de trigo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Metodologia geral

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação e em sala climatizada do Laboratório de Resistência de Plantas a Insetos do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras. Os pulgões foram coletados em plantas de sorgo e mantidos em câmaras climatizadas à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e fotofase de 12 horas. Os insetos permaneceram em seções de folhas de sorgo de 10 cm de comprimento, fixadas com disco de isopor a copos plásticos de 50 mL com água, sendo substituídas a cada dois dias.

Vasos plásticos com capacidade para 1 kg de substrato, foram preenchidos com terra de barranco e esterco de curral curtido, na proporção de 2:1, em que foram plantadas quatro sementes de trigo da cultivar Embrapa 22 por vaso, os quais foram dispostos sobre bancadas. Após oito dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando-se duas plantas com maior vigor por vaso.

Os tratamentos foram distribuídos em esquema fatorial 2 (sem silício e com silício) x 2 (sem imidaclopride e com imidaclopride), com dez repetições para os bioensaios de biologia e excreção de “honeydew” e

25 repetições para os de EPG. Para os tratamentos que receberam o inseticida sistêmico imidaclopride, as sementes foram tratadas um dia antes da semeadura, na dosagem correspondente a 60 mL do produto comercial/100Kg de sementes, de acordo com a recomendação do fabricante. A aplicação de 50 mL da solução de ácido silícico a 1% foi realizada via solo, diretamente no substrato ao redor das plantas 10 dias após a emergência das plântulas, na dosagem correspondente a 1t de SiO₂/ha.

2.2 Aspectos biológicos do pulgão-verde

Em casa-de-vegetação, foram montados ensaios aos 15, 30 e 45 dias após a emergência das plântulas. Duas fêmeas adultas, no início do período reprodutivo, retiradas da criação estoque, foram liberadas em gaiola cilíndrica de plástico transparente, com 0,5cm de altura e 0,8cm de diâmetro, com o fundo fechado com tecido tipo organza e a outra extremidade circundada com espuma para evitar ferimentos nas folhas. As gaiolas foram fixadas às folhas por grampo metálico, sendo colocada uma gaiola/planta/vaso. No dia seguinte, foram retiradas as duas fêmeas adultas e deixada apenas uma ninfa de primeiro instar por gaiola. Quando se iniciou o período reprodutivo, ou seja, quando se detectou a presença

de ninfas na gaiola, diariamente, com auxílio de um pincel, as ninfas foram contadas e retiradas. Durante este ensaio, as gaiolas foram deslocadas para outras partes da folha quando a área se tornava amarelada.

Os parâmetros biológicos observados foram períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo, número de ninfas, taxa de crescimento da população e longevidade.

Para estimar a taxa de crescimento populacional do pulgão, utilizou-se o método proposto por Wyatt & White (1977,) com a seguinte equação:

$$r_m = 0,738 (\log_e M_d)/d,$$

em que: r_m : taxa de crescimento populacional;

M_d : número de ninfas nascidas durante o mesmo número “d”;

d: duração do período pré-reprodutivo em dias.

2.3 Comportamento alimentar do pulgão-verde

2.3.1 Excreções de “honeydew”

A partir de quinze até os 30 dias após a emergência, plantas de trigo foram levadas, diariamente, da casa-de-vegetação para o laboratório para realização da técnica. A temperatura do laboratório era de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ e

a fotofase, de 12 horas. A excreção de “honeydew” foi montada em um cilindro de plástico de 12 cm de diâmetro e 2,5 cm de largura, encaixado em um eixo horizontal de um pequeno relógio analógico. O cilindro, que gera uma rotação de 12 horas, foi coberto com uma tira de papel filtro impregnado com uma solução contendo 3 mL de ácido acético glacial, 10 mL de n-butanol e 0,3 g de ninhidrina, pois essa solução tingem o aminoácido presente no “honeydew” excretado pelos insetos (Mittler, 1958). Posteriormente esse conjunto foi instalado sobre um micromanipulador, que ficou um centímetro abaixo de um pulgão colocado numa folha da planta de cada tratamento, para a coleta das excreções de “honeydew”. As gotas de “honeydew”, em contato com a solução de ninhidrina, tornaram-se de coloração púrpura. Os pulgões ficaram uma hora sem alimentação antes do início dos registros.

Os parâmetros avaliados foram o número de gotas produzido pelos insetos, a frequência entre as gotas, o tempo para a 1ª gota e o tempo para última gota.

2.3.2 EPG

Foram montados ensaios aos 15, 30 e 45 dias de emergência e, para tanto, o plantio de trigo foi escalonado. Assim, as plantas eram

levadas da casa-de-vegetação ao laboratório para realização da técnica de EPG depois de transcorridos estes períodos. As condições de temperatura, fotofase e umidade do laboratório eram ambientes. A penetração dos estiletes dos pulgões nas plantas foi registrada usando sistema de corrente contínua.

Foi fixada no dorso do pulgão adulto de *S. graminum* uma extremidade de um fio de ouro de 20 μm diâmetro e 20 mm de comprimento, com auxílio de tintura de prata e solvente à base de água. A outra extremidade foi fixada num fio de cobre com solda de alumínio e conectado a um amplificador com uma resistência elétrica de 1 G Ω . Logo após a fixação, o pulgão foi colocado na parte abaxial da folha. Outro eletrodo foi fixado no substrato da planta. O circuito foi fechado assim que os estiletes do inseto penetram no tecido foliar. Todo esse material foi colocado em uma gaiola de Faraday que, depois de fechada, minimizou os ruídos externos que poderiam eventualmente interferir nos registros das ondas. Todos os sinais (variação de voltagem) foram gravados em forma de ondas em disco rígido de um PC, utilizando o software STYLET 30, durante 8 horas. Antes do início dos registros, os pulgões ficaram uma hora sem se alimentar.

Durante a prova, três fases comportamentais podem ser distinguidas, cada uma contendo uma ou mais ondas: 1) fase de caminhamento, incluindo as ondas A, B, C, F e queda de potencial (pd); 2) fase xilemática com a onda G; e 3) fase floemática com as ondas E1 e E2. As ondas são distinguidas com base na amplitude, frequência, nível de voltagem e origem elétrica (Tjallingii & Prado, 2001).

Os parâmetros analisados estão apresentados abaixo:

Parâmetros	Sigla
Tempo para a 1ª prova	D1NP
Duração da não prova	DNP
Duração da 1ª prova (caminhamento)	D1C
Duração da fase xilemática	DG
Porcentagem de insetos que chegaram à fase xilemática	PIG
Nº de fase floemática-salivação	NE1
Nº de fase floemática-ingestão	NE2
Duração total da fase floemática-salivação	DTE1
Duração total da fase floemática-ingestão	DTE2
Porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-salivação	PIE1
Porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-ingestão	PIE2
Duração total da fase floemática	DTE
Tempo total para atingir a primeira fase floemática desde o registro	TEReg
Tempo na prova até atingir a primeira fase floemática	TENaPr

Todos os parâmetros foram avaliados para plantas com 15, 30 e 45 dias de emergência.

2.4 Análise Estatística

Os dados de número de gotas do ensaio de excreção de “honeydew” e o número de ninfas na biologia de *S. graminum* foram transformados para $\sqrt{X + 0,5}$ antes de serem submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de F a 5% de significância para todos os ensaios, exceto para a técnica do EPG, para qual se utilizou os testes não paramétrico de Kruskal-Wallis e qui-quadrado para os dados de porcentagem ao nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Aspectos biológicos do pulgão-verde

Os parâmetros biológicos do pulgão-verde foram comparados apenas para os tratamentos Testemunha e Silício, já que nos tratamentos que receberam o inseticida imidaclopride a mortalidade das ninfas foi de 100%, independentemente se o ensaio teve início aos 15, 30 ou 45 dias após a emergência das plântulas. Nestes tratamentos, os períodos pré-reprodutivo (média de 8,81 dias para ensaio iniciado aos 15 DAE; 7,72 dias para 30 DAE e 8,83 dias para 45 DAE 8,81) e pós-reprodutivo (média de 8,9 dias para ensaio iniciado aos 15 DAE; 8,53 dias para 30

DAE e 8,78 dias para 45 DAE) não apresentaram diferenças significativas, ou seja, não foram afetados pela aplicação de silício. Neri (2006) e Goussain et al. (2005) também verificaram que esses períodos não foram afetados pela adubação silicatada. Contudo, a aplicação de silício reduziu significativamente a duração do período reprodutivo do pulgão-verde em plantas de trigo nos ensaios iniciados 15 e 30 dias após a emergência das plântulas, mas não naquele iniciado aos 45 dias (Tabela 1).

A aplicação do silício, provavelmente, reduziu a alimentação dos pulgões em plantas de trigo (PIE2, Tabela 9), o que pode ter afetado negativamente o seu período reprodutivo. Esses resultados também foram obtidos por Goussain et al. (2005), que observaram uma redução de mais de 30% no período reprodutivo de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício.

Tabela 1. Duração do período reprodutivo (média \pm erro padrão) do pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação ou não de silício, em ensaios iniciados aos 15, 30 e 45 dias de emergência em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Período reprodutivo (dias)		
	15 dias	30 dias	45 dias
Sem silício	20,17 \pm 2,91 a	21,56 \pm 2,23 a	14,89 \pm 2,01 a
Com silício	9,00 \pm 0,56 b	9,44 \pm 2,19 b	10,33 \pm 0,88 a
CV (%)	60,65	50,10	38,38

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$).

Pelos resultados do número de ninfas, verificou-se uma redução significativa de mais de 60% quando as plantas foram submetidas à aplicação de silício, entretanto essa diferença foi observada apenas para o ensaio iniciado aos 15 dias após a emergência (Tabela 2). Isso pode ter ocorrido porque a absorção e a translocação de silício ocorreram de forma mais eficiente em plantas de trigo mais novas (Jarvis, 1987).

Tabela 2. Número de ninfas (média \pm erro padrão) colocadas por *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação ou não de silício, em ensaios iniciados aos 15, 30 e 45 após a emergência em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Número de ninfas		
	15 dias	30 dias	45 dias
Sem silício	32,00 \pm 7,84 a	30,89 \pm 3,75 a	23,67 \pm 4,76 a
Com silício	11,75 \pm 0,76 b	14,72 \pm 3,41 a	17,00 \pm 3,19 a
CV (%)	38,40	20,54	27,40

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$).

De forma semelhante à observada para o número de ninfas, observou-se que a taxa de crescimento populacional do pulgão-verde em ensaios iniciados 15 dias após a emergência das plântulas de trigo reduziu significativamente quando silício foi aplicado (Tabela 3). A aplicação do silício também reduziu a longevidade do pulgão-verde nas plantas com ensaio iniciado 30 dias após a emergência (Tabela 4).

Tabela 3. Taxa de crescimento populacional (média \pm erro padrão) do pulgão-verde *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação ou não de silício, em ensaios iniciados aos 15, 30 e 45 dias de emergência em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Taxa de crescimento		
	15 dias	30 dias	45 dias
Sem silício	0,21 \pm 0,01 a	0,21 \pm 0,01 a	0,22 \pm 0,01 a
Com silício	0,17 \pm 0,01 b	0,19 \pm 0,01 a	0,20 \pm 0,01 a
CV (%)	13,88	19,08	18,85

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$)

Outros autores verificaram resultados análogos para *S. graminum*, em que a aplicação de silício afetou negativamente o número de ninfas, a longevidade e o crescimento da população (Carvalho et al., 1999; Moraes & Carvalho, 2002; Basagli et al., 2003; Gomes et al., 2005; Goussain et al., 2005 e Costa & Moraes, 2006).

Tabela 4. Longevidade (média \pm erro padrão) de *S. graminum* em plantas de trigo submetidas à aplicação ou não de silício, em ensaios iniciados aos 15, 30 e 45 após a emergência em casa-de-vegetação.

SILÍCIO	Longevidade		
	15 dias	30 dias	45 dias
Sem silício	40,00 \pm 4,58 a	37,89 \pm 2,00 a	28,44 \pm 2,00 a
Com silício	26,25 \pm 1,15 a	22,71 \pm 1,72 b	30,00 \pm 2,39 a
CV (%)	51,74	37,46	32,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$).

Na avaliação aos 45 dias após a emergência das plantas, não foram observadas diferenças significativas da aplicação de silício em todos os aspectos biológicos avaliados, provavelmente devido ao estágio fenológico mais adiantado das plantas.

3.2 Excreções de “honeydew”

Da mesma forma como se observou para a duração total do período de ingestão da seiva (DTE2, Tabela 8) quinze dias após a germinação das plântulas, o número de gotas e a frequência entre gotas de “honeydew” do pulgão foram reduzidos significativamente em plantas tratadas com imidaclopride (Tabela 5). Também Nauen (1995) observou

redução de gotas de “honeydew” de *M. persicae* em 95% quando da aplicação de imidaclopride em baixa concentração.

O número de gotas (média de 7,2) e a frequência (média de 0,62) em plantas tratadas com silício não diferenciaram estatisticamente da testemunha. No entanto, Goussain et al. (2005), ao investigarem o comportamento alimentar do pulgão-verde *S. graminum* utilizando a técnica de excreção de “honeydew” em plantas de trigo tratadas com silício, constataram que esse elemento diminuiu o número de gotas de “honeydew” pelo pulgão, indicando uma redução na ingestão de seiva.

Tabela 5. Número de gotas e frequência (gotas/hora) entre gotas de “honeydew” de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com imidaclopride registradas por 12 horas (média \pm erro padrão).

Imidaclopride	Número de gotas	Frequência entre gotas
Sem imidaclopride	12,50 \pm 2,05 a	1,04 \pm 0,17 a
Com Imidaclopride	1,90 \pm 0,75 b	0,16 \pm 0,07 b
CV (%)	39,85	68,01

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$)

O tempo para a primeira gota não foi afetado pela aplicação de silício ou imidaclopride (média de 2,09 horas), mas a aplicação desses produtos de forma isolada reduziu significativamente o tempo para a

última gota de “honeydew” de *S. graminum* (Tabela 6), indicando que o pulgão-verde, ao se alimentar dessas plantas, encontrou fator no floema que o fez parar a ingestão.

Tabela 6. Tempo para a última gota de “honeydew” de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício ou imidaclopride registrados por 12 horas (média \pm erro padrão).

SILÍCIO	Tempo para última gota (horas)
Sem silício	7,34 \pm 0,75 a
Com silício	4,80 \pm 1,05 b
Imidaclopride	Tempo para última gota (horas)
Sem imidaclopride	9,63 \pm 0,79 a
Com Imidaclopride	2,51 \pm 1,02 b
CV (%)	54,57

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de F ($P \leq 0,05$).

3.3 EPG

Observou-se que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos com silício e/ou imidaclopride em plantas de trigo em qualquer época de aplicação dos produtos para os seguintes parâmetros: tempo para a 1ª prova (D1NP) (média de 67,68 min para ensaio 15 DAE; 98,03 min para 30 DAE e 40,95 min para 45 DAE) e duração da 1ª prova (caminhamento) (D1C) (média de 43,33 min para ensaio 15 DAE; 34,12

min para 30 DAE e 47,88 min para 45 DAE). Esses resultados sugerem que a ação do silício e a do imidaclopride não estão relacionadas à barreira para inserção dos estiletes nos tecidos foliares das plantas.

Para a duração total da não prova (DNP), os tratamentos com imidaclopride, ao 30 dias, e silício+imidaclopride, aos 15, 30 e 45 dias, apresentaram aumentos significativos em relação à testemunha (Tabela 7), indicando que nas plantas tratadas com esse inseticida de forma isolada ou em associação ao silício, os insetos permaneceram com seus estiletes fora dos tecidos das plantas por um tempo maior que em plantas testemunhas (não tratadas).

Não foram verificadas diferenças significativas para os seguintes parâmetros em todas as épocas de avaliação: duração da fase xilemática (DG) (média de 69,17 min para ensaio 15 DAE; 126,39 min para 30 DAE e 106,10 min para 45 DAE), e porcentagem de insetos que chegaram à fase xilemática (PIG) (média de 28% para ensaio 15 DAE; 22% para 30 DAE e 21% para 45 DAE). Tanto a ação do silício, por meio do aumento da atividade de enzimas relacionadas à resistência da planta, como a do inseticida sistêmico imidaclopride provavelmente não ocorrem nos vasos do xilema, não sendo um impedimento à ingestão de seiva bruta. Segundo

Spiller et al. (1990), o padrão de onda G (fase xilemática) é representado pela ingestão da seiva do xilema. Esses autores afirmam que afídeos desidratados mostram maior incidência e maior duração na sucção do xilema, sugerindo que esta ocorrência está relacionada apenas com o balanço de água do inseto.

Tabela 7. Parâmetro do comportamento de *S. graminum* antes de atingir os vasos condutores de seiva em plantas de trigo submetidas à aplicação de silício e/ou imidaclopride (média \pm erro padrão) aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE), avaliados pela técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Variáveis	DAE	Testemunha	Silício (S)	Imidaclopride (I)	S+I
DNP (min)	15	127,0 \pm 20,0 b	168,4 \pm 24,4 b	222,8 \pm 31,0 ab	245,9 \pm 34,7 a
	30	103,9 \pm 10,1 b	185,4 \pm 35,2 ab	239,6 \pm 27,2 a	294,4 \pm 38,2 a
	45	84,4 \pm 17,1 b	157,4 \pm 28,3 ab	155,4 \pm 27,0 ab	224,0 \pm 29,6 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade.
 Legenda: DNP= Duração total da não prova.

Não foram observadas diferenças significativas para o tempo total para atingir a primeira fase floemática (TEReg) (média de 289,50 min para ensaio 15 DAE; 179,22 min para 30 DAE e 211,45 min para 45 DAE) e para o tempo na prova até atingir a primeira fase floemática (TENaPr) (média de 21,95 min para ensaio 15 DAE; 29,14 min para 30 DAE e 33,96 min para 45 DAE). Portanto, a aplicação de silício e/ou imidaclopride, em plantas avaliadas aos 15, 30 e 45 dias após a emergência, não afetou o tempo para alimentação dos pulgões, isto é, os insetos que conseguiram se alimentar o fizeram no mesmo tempo que aqueles que se alimentaram das plantas testemunhas, porém a duração da alimentação foi menor aos 15 dias da emergência para as plantas que receberam tratamento inseticida e silício + inseticida (DTE2, Tabela 8).

A duração total da fase floemática-salivação (DTE1) não apresentou diferença significativa (média de 9,23 min para ensaio 15 DAE; 7,94 min para 30 DAE e 21,54 min para 45 DAE). O número de fases floemáticas-salivação (NE1) foi significativamente menor, em relação à testemunha, em plantas tratadas com silício aos 30 dias após a emergência; imidaclopride aos 15 e 30 dias e silício+imidaclopride nos três tempos de avaliação (Tabela 8). Constata-se também que a aplicação

de silício, imidaclopride ou ambos proporcionou redução significativa do número de fase floemática-ingestão (NE2) em ensaios iniciados aos 15 e 30 dias após a emergência das plantas; e com 45 dias somente a aplicação de silício+imidaclopride afetou negativamente a ingestão no floema (Tabela 8).

Foram verificadas reduções significativas, em relação à testemunha, tanto na duração total da fase floemática-ingestão (DTE2), como na duração total da fase floemática (DTE) em plantas que receberam imidaclopride isoladamente ou em associação ao silício, cujo ensaio teve início ao 15 dias após sua emergência, (Tabela 8).

Portanto, a aplicação de silício e/ou imidaclopride reduziu o número de vezes em que os insetos se alimentaram e, ainda, a aplicação do imidaclopride isoladamente ou associado ao silício reduziu o período de alimentação do pulgão-verde nas plantas de trigo.

De forma semelhante, Chen et al. (1997) constataram que *A. gossypii*, ao se alimentar em plantas resistentes de melão, apresentou uma redução na duração da fase de ingestão no floema (DE2). Também Paul et al. (1996) utilizaram o EPG para localizar a resistência ao pulgão *Phorodon humuli* (Schrank, 1801) (Hemiptera: Aphididae) no hospedeiro

Humulus lupulus L., Cannabinaceae, que se mostrou resistente aos afídeos por ter apresentado uma reduzida ingestão no floema.

Tabela 8. Parâmetros do comportamento alimentar de *S. graminum* nos vasos do floema, em plantas de trigo submetidas a aplicação de silício e/ou imidaclopride (média \pm erro padrão) aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE), avaliados por meio da técnica de EPG durante 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Variáveis	DAE	Testemunha	Silício (S)	Imidaclopride (I)	S+I
NE1 (n)	15	1,9 \pm 0,4 a	1,5 \pm 0,5 ab	0,3 \pm 0,1 b	0,6 \pm 0,3 b
	30	1,9 \pm 0,3 a	1,0 \pm 0,4 b	1,1 \pm 0,3 b	0,3 \pm 0,1 b
	45	1,8 \pm 0,3 a	1,2 \pm 0,4 ab	1,3 \pm 0,3 ab	0,6 \pm 0,2 b
NE2 (n)	15	1,2 \pm 0,2 a	0,7 \pm 0,3 b	0,3 \pm 0,1 b	0,4 \pm 0,2 b
	30	1,6 \pm 0,2 a	0,6 \pm 0,2 b	0,6 \pm 0,2 b	0,3 \pm 0,1 b
	45	1,3 \pm 0,1 a	0,8 \pm 0,2 ab	0,8 \pm 0,2 ab	0,4 \pm 0,1 b
DTE2 (min)	15	90,6 \pm 14,6 a	82,1 \pm 23,2 ab	17,8 \pm 5,8 b	22,0 \pm 6,4 b
	30	188,8 \pm 22,6 a	132,8 \pm 36,7 a	104,8 \pm 24,6 a	160,7 \pm 68,2 a
	45	199,4 \pm 20,3 a	128,1 \pm 29,2 a	141,2 \pm 32,5 a	90,9 \pm 20,4 a
DTE (min)	15	96,9 \pm 14,5 a	66,0 \pm 16,9 ab	13,0 \pm 4,7 b	27,6 \pm 6,8 b
	30	187,8 \pm 22,3 a	136,0 \pm 34,1 a	107,8 \pm 23,6 a	163,0 \pm 68,5 a
	45	198,3 \pm 20,3 a	178,4 \pm 29,9 a	123,7 \pm 29,2 a	93,7 \pm 19,4 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, ao nível de 5% de probabilidade. Legenda: NE1= N^o de fase floemática-salivação, NE2= N^o de fase floemática-ingestão, DTE2= Duração total da fase floemática-ingestão e DTE= Duração total da fase floemática.

De modo geral foram observadas diferenças significativas para a porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-salivação (PIE1) e a porcentagem de insetos que chegaram à fase floemática-ingestão (PIE2). Verificaram-se reduções para os tratamentos silício ou imidaclopride aos 15 e 30 dias após emergência das plantas de trigo, bem como silício+imidaclopride nas três épocas de avaliação (Tabela 9). Estes resultados estão de acordo com os obtidos no estudo da biologia de *S. graminum* nessa pesquisa. Porém, Goussain et al. (2005), em trabalho com EPG em *S. graminum*, observaram que em plantas de trigo, cultivar Lorini, a aplicação de silício tanto no solo como foliar não interferiu no número de insetos que chegaram ao floema (PIE1 e PIE2) e no tempo de ingestão de seiva (DTE2) em comparação com as plantas não tratadas (testemunha).

Tabela 9. Porcentagem de insetos que atingiram a fase floemática em plantas de trigo submetidas a silício e/ou imidaclopride (média \pm erro padrão) aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE), avaliados pela técnica de EPG, em 8 horas de registro (sala com temperatura ambiente).

Variáveis	DAE	Testemunha	Silício (S)	Imidaclopride (I)	S+I
PIE1 (%)	15	80 \pm 8 a	56 \pm 10 ab	24 \pm 9 b	28 \pm 9 b
	30	92 \pm 6 a	48 \pm 10 b	48 \pm 10 b	24 \pm 9 b
	45	96 \pm 4 a	56 \pm 10 ab	76 \pm 13 ab	40 \pm 10 b
PIE2 (%)	15	80 \pm 8 a	32 \pm 10 b	16 \pm 7 b	24 \pm 9 b
	30	92 \pm 6 a	44 \pm 10 b	44 \pm 10 b	29 \pm 9 b
	45	92 \pm 6 a	56 \pm 10 ab	56 \pm 10 ab	32 \pm 10 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Qui-quadrado, ao nível de 5% de probabilidade. Legenda: PIE1= Porcentagem de Insetos que chegaram à fase floemática-salivação e PIE2= Porcentagem de Insetos que chegaram à fase floemática-ingestão.

Alvarez et al. (2006) concluíram que a técnica de EPG é eficiente na localização de fatores de resistência em genótipos de batata a *M. persicae* e que os mecanismos de resistência foram detectados na superfície e em 3 níveis de tecidos de planta (epiderme, mesófilo e floema). Do mesmo modo, nessa pesquisa, pelo emprego da técnica de EPG pôde-se avaliar o comportamento alimentar do pulgão-verde em plantas tratadas com imidaclopride, bem como a indução de resistência em plantas de trigo a esse inseto pela aplicação de silício, a qual provavelmente está associada ao floema.

Com os resultados de excreção de “honeydew”, juntamente com os de EPG, pôde-se verificar que, em plantas tratadas com imidaclopride, os insetos que conseguiram iniciar a ingestão de alimento rejeitaram as plantas depois de um certo tempo (DTE2 e DTE menores em relação à testemunha). Portanto, o inseticida imidaclopride apresentou efeito deterrente, impedindo a manutenção da alimentação do pulgão-verde.

Em diversos trabalhos foram estudados os efeitos do imidaclopride em insetos sugadores. Dewar & Read (1990) sugeriram que o tratamento de sementes de beterraba com imidaclopride causou ação repelente em afídeos. Woodford & Mann (1992) também descreveram

esse efeito em experimento com folhas de batata. Esses autores, utilizando a técnica de EPG, mostraram que o período de prova foi mais curto em plantas tratadas com o imidaclopride em relação às plantas que não receberam tratamento, sugerindo ação repelente ou anti-alimentar sobre *M. persicae*. Nauen (1995) afirmou que em baixa dosagem esse inseticida apresenta efeito anti-alimentar, e em dosagens medianas, efeito letal em *M. persicae*. Nesta pesquisa, em doses recomendadas pelo fabricante, o inseticida sistêmico imidaclopride apresentou efeito deterrente quando utilizado no tratamento das sementes de trigo (DTE2 e DTE, Tabela 8). Assim, estudos de alimentação em tempo prolongado poderão complementar os dados fornecidos nessa pesquisa.

Apesar de serem constatados, em algumas variáveis, efeitos dos tratamentos com imidaclopride sobre o comportamento alimentar de *S. graminum*, como redução do número e duração de fase floemática-ingestão (NE2 e DTE2) e menor porcentagem de insetos que chegaram a essa fase (PIE2), os insetos que conseguiram se alimentar o fizeram no mesmo tempo (TEReg e TEPr) que aqueles que se alimentaram das plantas testemunhas. O imidaclopride não teve efeito na mortalidade de adultos, sendo que esse fato pode ser devido ao curto tempo de exposição

dos insetos nos ensaios de EPG e excreção de “honeydew” (8 e 12 horas, respectivamente) em qualquer uma das épocas estudadas. Já no ensaio em que os aspectos biológicos foram avaliados, a mortalidade nos tratamentos que continham o imidaclopride foi de 100% em todas as épocas de avaliação (elevado efeito residual), provavelmente devido ao tempo de exposição prolongado dos insetos ao inseticida sistêmico e por se tratarem de ninfas de primeiro ínstar de pulgões, que são mais sensíveis.

4. CONCLUSÕES

O inseticida sistêmico imidaclopride atuou como deterrente sobre adultos e letal em ninfas de *S. graminum* até 45 dias após o tratamento de sementes em plantas de trigo;

As plantas de trigo tratadas com silício mostraram-se resistentes a *S. graminum*, porém a proteção ao ataque não está relacionada a barreiras que impedem a penetração de seus estiletes nos tecidos foliares.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão de bolsas e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais - FAPEMIG pela concessão de bolsas e apoio financeiro ao projeto.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA. AGRIANUAL 2008. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2008. 502 p.

ALVAREZ, A. E.; TJALLINGII, W.F.; GARZO, E.; VLEESHOUWERS, V.; DICKE, M.; VOSMAN, B. Location of resistance factors in the leaves of potato and wild tuber-bearing *Solanum* species to the aphid *Myzus persicae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 121, n. 2, p. 145-157, Nov. 2006.

ANDREI, E. **Compêndio de Defensivos Agrícolas**. São Paulo: Organização Andrei, 1999. 672 p.

BALSDON, J. A.; BRAMAN, S. K.; PENDLEY, A. F.; ESPELIE, K. E. Potential for integration of chemical and natural enemy suppression of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). **Journal Environmental Horticulture**, Washington, DC, v. 11, p. 153-156, 1993.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. C. R. Effect of sodium silicate on the resistance of wheat plants to green-aphids *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 659-663, May/June 2003.

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, p. 505-510, 1999.

CHEN, J. Q.; RAHBE, Y.; DELOBEL, B.; SAUVION, N.; GUILLAUD, J.; FEBVAY, G. Melon resistance to the aphid *Aphis gossypii*: behavioural analysis and chemical correlations with nitrogenous compounds. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 85, n. 1, p. 33-44, Oct, 1997.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 5, n. 6, p.834-839, Nov./Dec. 2006.

DEWAR, A. M.; READ, L. A.; Evaluation of an insecticidal seed treatment, imidacloprid, for controlling aphid on sugar beet. **Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Pest and Diseases**, Brighton, n. 2, p. 731-736, Nov. 1990.

EPSTEIN, E. Silicon in Plants: Facts vs. Concepts. In: DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDORFER, G. H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, 2001. p. 221-239.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 62, n. 6, p. 547-551, Nov./Dec. 2005.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; PRADO, E. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 807-813, Sept./Oct. 2005.

ISHII, Y.; KOBORI, I.; ARAKI, Y.; KUROGOCHI, S.; IWAYA, K.; KAGABU, S. HPLC determination of the new insecticide imidacloprid and its behavior in rice and cucumber. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 42, n. 12, p. 2917-2921, Dec. 1994.

JARVIS, S. C. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 97, n. 3, p. 429-437, 1987.

KORNDÖRFER, C. M.; ABSALLA, A. L.; BUENO, I. C. da S. O silício e as gramíneas no cerrado. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 153-193, 2001.

MITTLER, T.E. Studies on the feeding and nutrition of *Tuberolachnus salignus* (Gmelin) (Homoptera: Aphididae). II The nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. **Journal of Experimental Biology**, Oxford, v. 35, n. 1, p. 74-84, 1958.

MORAES, J. C.; CARVALHO, S. P. Indução de resistência em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Homoptera: Aphididae) com a aplicação de silício. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1185-1189, nov./dez. 2002.

NAUEN, R. Behaviour modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response. **Pesticide Science**, Sussex, v. 44, n. 2, p.145-153, June 1995.

NERI, D. K. P. **Indução de resistência em milho ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch.) (Homoptera: Aphididae) pela aplicação de silício e sua interação com inseticida no controle de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** 2006, 68 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PAUL, T. A.; DARBY, P.; GREEN, C. P.; HODGSON, C. J.; ROSSITER, J. T. Electrical penetration graphs of the damson-hop aphid, *Phorodon humili* on resistant and susceptible hops (*Humulus lupulus*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 80, n. 2, p. 335-342, Aug. 1996.

SALVADORI, J.R.; TONET, G.E.L. **Manejo Integrado dos pulgões de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA, 2001. 52p. (Comunicado Técnico).

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar: do plantio à mês**. Brasília: Embrapa- SPI, Planaltina: Embrapa: CPAC, 1996. 176 p.

SPILLER, N. J.; KOENDERS, L.; TJALLINGII, W. F. Xylem ingestion by aphids – a strategy for maintaining water balance. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 55, n. 2, p. 101-104, 1990.

TJALLINGII, W. F.; PRADO, E. Analysis of circulative transmission by electrical penetration graphs. In: HARRIS, K. F.; SMITH, O. P.; DUFFUS, J. E. (Ed.). **Virus-Insect-Plant Interactions**. London: Academic Press, 2001. 376p.

WYATT, I. J.; WHITE, P. F. Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and Tetranychid mites. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 14, n. 3, p. 757-766, 1977.

WOODFORD, J. A. T., MANN, J. A. Systemic effects of imidacloprid on aphid feeding behaviour and virus transmission on potatoes. **Proceedings of the Brighton Crop Protection Conference, Pest and Diseases**, Brighton, p. 557-562, 1992.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de indutores de resistência de plantas a insetos pode ser uma importante ferramenta no manejo integrado de pragas. Como observado nesta pesquisa, tanto o silício como o ASM podem agir sobre o comportamento alimentar e a biologia de *S. graminum* em plantas de trigo. Assim, a aplicação destes compostos, associada a outras práticas de manejo, como o controle biológico, pode contribuir significativamente para a redução da aplicação de inseticidas. Entretanto, o uso de produtos fitossanitários torna-se necessário quando há elevada densidade populacional de insetos-praga, dada sua ação rápida de controle. Neste sentido, o inseticida sistêmico imidaclopride pode ser uma alternativa interessante, apresentando ação de antixenose (deterrente) sobre adultos e letal em ninfas de *S. graminum* quando utilizado no tratamento de sementes.

Entretanto, pesquisas relacionadas à adubação silicatada e à aplicação de ASM para o manejo de pragas devem ser trabalhadas em condições de campo, considerando a complexidade que este meio apresenta para validar a viabilidade técnica e econômica da utilização destes produtos.