

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

ANA LETÍCIA ZERO DOS SANTOS

**Acúmulo de silício em genótipos de sorgo com diferentes graus de resistência ao
pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)**

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS- BRASIL
MARÇO-2017

ANA LETÍCIA ZERO DOS SANTOS

**Acúmulo de silício em genótipos de sorgo com diferentes graus de resistência ao
pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências
do Curso de Graduação em
Agronomia para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS- BRASIL
MARÇO-2017

ANA LETÍCIA ZERO DOS SANTOS

**Acúmulo de silício em genótipos de sorgo com diferentes graus de resistência ao
pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências
do Curso de Graduação em
Agronomia para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Aprovado pela Banca Examinadora em 23 de março de 2017.

Prof. Dr. Fernando Juari Celoto

Msc. Diego Tolentino de Lima

Prof. Dr. Marcus Vinicius Sampaio

ICIAG-UFU

(Orientador)

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS- BRASIL

MARÇO-2017

SUMÁRIO

RESUMO	5
1 INTRODUÇÃO.....	6
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
2.1 Local e estabelecimento do experimento.....	9
2.2 Protocolo experimental	10
2.3 Análises estatísticas	10
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4. CONCLUSÃO.....	13
REFERÊNCIAS	14

RESUMO

O silício não é considerado um elemento essencial, porém quando utilizado na adubação algumas plantas tem a capacidade de acumulá-lo e com isso atenuar a ocorrência de insetos pragas. Diante disso, objetivou-se avaliar a diferença no acúmulo de silício entre genótipos de sorgo com diferentes graus de resistência ao pulgão *Schizaphis graminum*. O solo utilizado no experimento foi adubado com sílica gel na dose 600 Kg ha⁻¹ de silício e incubado por 30 dias para reação. Após a incubação foram semeados três genótipos de sorgo, TX430XGR111, GB3B e BR7B, sendo eles resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação por 47 dias para o acúmulo de silício nas plantas. Posteriormente as plantas foram destinadas ao Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER) da UFU para análise do teor de silício foliar. O teor de silício encontrado nos genótipos sem e com adubação silicatada respectivamente foi 0,85% e 1,10% para o genótipo TX430GR111 (resistente), 0,75% e 1,26% para BR7B (suscetível) e 0,92% e 1,40% para GB3B (moderadamente resistente). Assim, os genótipos responderam à adubação com silício e o acumularam de forma diferente. Porém, esse acúmulo não dependeu do grau de resistência dos genótipos.

Palavras chaves: silício, resistência induzida, pulgão-verde.

1 INTRODUÇÃO

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) possui uma ampla variedade de usos podendo ser utilizado para a produção de grãos (sorgo granífero), de etanol (sorgo sacarino), de massa para ensilagem (sorgo forrageiro), vassouras (sorgo vassoura) e de biomassa lignocelulósica (sorgo biomassa), tendo assim um grande espaço no mercado agrícola mundial (EPAMIG, 2014).

Dentre as suas características mais importantes estão alta produção de biomassa seca, adaptabilidade a climas tropicais e temperados, baixos requerimentos de água e fertilizantes em comparação a outras culturas, presença de sistemas de produção estabelecidos, além de grande diversidade genética e alta tolerância à seca e ao calor (MURRAY et al., 2008).

A capacidade da planta do sorgo de adaptar-se a uma ampla gama de ambientes, principalmente, sob condições de deficiência hídrica desfavoráveis à maioria de outros cereais, tornou o seu cultivo popular em muitas partes do mundo (WILLIAMS et al., 1999). Pode ser cultivada tanto em zonas temperadas, como em tropicais; possui alta produção de massa verde (28,6 a 137,7 ton ha⁻¹) e massa seca (8,9 a 39,5 ton ha⁻¹), quando comparada com a do milho (29,4 a 59,4 ton ha⁻¹ de massa verde e 11,4 a 23 ton ha⁻¹ de massa seca); é uma das plantas mais eficientes fotossinteticamente (usa o ciclo C4, também encontrado nas culturas de cana e milho); possui ciclo vegetativo curto (alguns híbridos atingem a maturidade em menos de 75 dias e podem fornecer três colheitas por ano), sendo adequado para rotação de culturas, além de ser resistente à seca, alagamento, toxicidade, salinidade e acidez do solo (PAZIANI e DUARTE, 2006; SANTOS, 2007).

Dentre as principais pragas da cultura do sorgo podemos citar o pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), também chamado de pulgão-verde (CARVALHO, 1999). Os pulgões possuem aproximadamente dois milímetros de comprimento, seu corpo é mole e de aspecto piriforme a ligeiramente alongado. O seu aparelho bucal é do tipo picador-sugador, possuem antenas longas, dois sifúnculos ou cornículos que são apêndices abdominais e a codícula que é uma pequena cauda. As ninfas se diferem dos adultos por serem imaturas sexualmente e geralmente com coloração mais clara (SALVADORI e TONET, 2001).

O pulgão *S. graminum* tem coloração verde limão e três riscas mais escuras no dorso, alimenta-se preferencialmente da face inferior ou da bainha das folhas mais maduras. O inseto danifica a planta pela sucção de seiva e injeção de toxinas, que causa

necrose e clorose tecidos, devido à destruição enzimática da parede celular das folhas e caules. O pulgão verde pode também transmitir viroses, como o “mosaico-anão-do-sorgo”, que pode predispor as plantas à podridão do colmo e reduzir a qualidade dos grãos (CARVALHO, 1999; EMBRAPA, 2008).

Os afídeos são pragas que possuem elevada capacidade de reprodução e dispersão por apresentarem elevado potencial biótico, tornando o seu controle difícil (SOUZA-SILVA e ILHARCO, 1995). O método de controle mais utilizado para o pulgão verde é o controle químico, com inseticidas diluídos em água aplicados via pulverização e também via tratamento de sementes. Contudo, mesmo o controle químico sendo eficiente pode causar danos ao meio ambiente, ao homem e o desequilíbrio ecológico (SALVADORI e TONET, 2001; SHUFRAN et al., 1996; ARCHER et al., 1997), como por exemplo a resistência à inseticidas (STARÝ, 1993) e a redução da longevidade e fecundidade de alguns inimigos naturais (HAGVAR et al., 1991).

Atualmente, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) é conceito mais difundido e aplicado, visando a utilização de vários métodos de controle baseados na amostragem e no monitoramento das principais pragas da cultura, com o intuito de controlar a praga sem agredir o meio ambiente e o ser humano (SALVADORI e TONET, 2001; SALVADORI et al., 2009).

No MIP busca-se manter a população de pragas abaixo do nível de dano econômico e o silício (Si), embora não esteja entre os elementos essenciais para as plantas, quando absorvido tem se mostrado muitas vezes ser benéfica para melhorar a tolerância das plantas a estresses bióticos e abióticos (EPSTEIN, 1999; REYNOLDS et al., 2009). A adubação de plantas com Si tem se mostrado eficiente na redução da população de alguns insetos, como relatado por Carvalho (1999) em que a deposição de silício nas folhas e no caule de plantas de sorgo afetou negativamente a preferência e o desenvolvimento do pulgão-verde, *S. graminum*, além de uma redução de quase 50% na reprodução desse inseto.

Ao ser acumulado pelas plantas, o silício proporciona mudanças anatômicas nos seus tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas, em decorrência da deposição de sílica, resultando na formação de uma barreira mecânica capaz de dificultar a alimentação de insetos sugadores e mastigadores (EPSTEIN, 1999). Pode, também, atuar como ativador da expressão de reações de defesa natural das plantas via produção de compostos fenólicos, entre outras substâncias químicas (LAING e ADANDONON, 2005).

A ação do silício sobre os insetos herbívoros pode ser considerada de duas formas: ação direta e ação indireta. Efeitos diretos incluem efeitos negativos sobre o crescimento e reprodução do inseto acarretando menor injúria na cultura. Os efeitos indiretos do silício podem também ocorrer por meio do aumento da tolerância da planta a estresses abióticos, como o hídrico, fortalecendo, conseqüentemente, a resistência contra o ataque de insetos (KVEDARAS e KEEPING, 2007). O papel de defesa, com conseqüentes aumentos na produção, pode ser observado principalmente em cultivares suscetíveis (LAING e ADANDONON, 2005).

A indução da resistência deve ser valorizada e incrementada na busca do estabelecimento do equilíbrio dos agroecossistemas (CARVALHO et al., 1999), sendo um componente viável do MIP, pois não deixa resíduo nos alimentos ou no ambiente e poder ser facilmente integrado com outras práticas de manejo, inclusive com controle biológico (LAING e ADANDONON, 2005).

A resistência induzida por silício, portanto, pode favorecer as plantas de sorgo reduzindo os efeitos bióticos como as pragas. No entanto, estudos são necessários para avaliar a resposta dos genótipos de sorgo existentes quanto à capacidade de acumular o silício e resistir ao ataque de pulgões, inibindo o seu crescimento populacional.

Em um estudo realizado no Laboratório de Controle Biológico (Lacob) da Universidade Federal de Uberlândia foi observada a reprodução do pulgão *S. graminum* em três genótipos de sorgo adubados com silício. Sem a adubação silicatada os genótipos apresentaram diferença na reprodução do pulgão *S. graminum*, levando a graus de resistência distintos, sendo os genótipos TX430XGR111, GB3B e BR7B, resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente. Após a adubação com silício houve diminuição na reprodução dos pulgões nos genótipos GB3B e BR7B e os três genótipos não apresentaram diferença entre eles na reprodução do pulgão (Tabela 1).

Tabela 1. Reprodução do pulgão *Schizaphis graminum* nos genótipos TX430XGR111, GB3B e BR7B com e sem silício. Dados não publicados Lacob.

Genótipo	Número de Ninfas/ Fêmea	
	Sem Silício	Com Silício
TX430XGR111	13,33 a A	12,61 a A
GB3B	17,20 b B	14,11 a A
BR7B	21,38 c B	14,12 a A

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na vertical e maiúsculas distintas na horizontal diferem entre si pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a diferença no acúmulo de silício entre esses genótipos de sorgo com diferentes graus de resistência ao pulgão *Schizaphis graminum*.

- Hipótese nula (H_0): Os genótipos de sorgo não acumulam silício quando há adubação com esse elemento.
- Hipóteses alternativas (H_1): Os genótipos de sorgo acumulam silício quando há adubação com esse elemento.

($H_{1.1}$) Os genótipos de sorgo acumulam silício de maneira semelhante.

($H_{1.2}$) Os genótipos de sorgo acumulam silício de maneira diferente.

($H_{1.2.1}$) O acúmulo de silício é independente do grau de resistência do genótipo de sorgo.

($H_{1.2.2}$) O acúmulo de silício é dependente do grau de resistência do genótipo de sorgo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local e estabelecimento do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG).

O solo utilizado no experimento foi um Neossolo Quartzarênico Órtico típico. O mesmo é caracterizado pela baixa quantidade de silício disponível às plantas ($1,2 \text{ mg dm}^{-3}$ de silício). Após a coleta, na fazenda experimental do Glória, pertencente à UFU, o solo foi peneirado e, depois de seco, colocado em sacos de 50 kg onde foi adicionado carbonato de cálcio e carbonato de magnésio com base na análise química do solo e deixado para reagir por 30 dias.

Após o período de reação foi realizada a adubação do solo com macro e micronutrientes conforme a necessidade da cultura, assim, as doses utilizadas foram: 80 kg ha^{-1} de N, na forma de sulfato de amônio; 80 kg ha^{-1} de P_2O_5 , na forma de superfosfato simples; 50 kg ha^{-1} de K_2O , na forma de cloreto de potássio e 100 kg ha^{-1} de FTE BR 12 que é uma fonte de micronutrientes composta por 1,8% de boro, 0,8% de cobre, 3,0% de ferro, 2,0% de manganês, 0,1% de molibdênio e 9,0% de zinco e 600 kg ha^{-1} de Si na forma de sílica gel, este adicionado nos tratamentos correspondentes à dose 600 kg ha^{-1} ,

após a adubação o solo foi deixado de repouso por mais 30 dias para a reação da sílica gel. Posteriormente o solo foi colocado em vasos plásticos de cinco litros e foram semeadas seis sementes por vaso. Os genótipos utilizados foram o TX430XGR111, GB3B e BR7B, sendo eles resistente, moderadamente resistente e suscetível respectivamente.

2.2 Protocolo experimental

Após semeadura, os vasos foram cobertos com tela antiafídica e regados diariamente mantendo os solos em sua capacidade de campo. Dez dias após a emergência foi feito o desbaste deixando uma planta por vaso. Os vasos foram mantidos em casa de vegetação por 47 dias para o desenvolvimento e acúmulo de silício nas plantas.

Posteriormente as plantas de sorgo foram cortadas e colocadas em sacos de papel kraft e levadas para secar em estufa. Em seguida as plantas foram destinadas ao Laboratório de Tecnologia de Fertilizantes (LAFER) da UFU para análise do teor de silício foliar de acordo com a metodologia proposta por Korndörfer et al. (2004).

2.3 Análises estatísticas

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 3x2, sendo três genótipos e duas doses de Si (0 e 600). Para o tratamento com silício, foi adicionado o correspondente a 600 kg ha⁻¹ desse elemento.

Para atender os critérios de homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos, os dados foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$, no programa SPSS (SPSS Inc, 2008). Em seguida os dados foram submetidos à Análise de Variância e as médias comparadas por meio do Teste de Tukey com 5% de significância no programa Sisvar (FERREIRA, 2011)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada interação entre aplicação de silício e genótipos de sorgo para o teor de silício foliar. Mas foi verificado efeito significativo da aplicação de silício para

todos os genótipos e diferença entre genótipos independente da aplicação de silício (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da Anava de acúmulo de Silício nos genótipos TX430XGR111, GB3B e BR7B, resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente, com ou sem adubação silicatada (600 Kg ha⁻¹). Uberlândia, 2016.

FV	F	P
Silício	63,17	0,00**
Genótipos	4,60	0,02*
Silício X Genótipos	2,38	0,12 ^{ns}

*Significativo a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade. ^{ns} Não significativo

Todos os genótipos de sorgo apresentaram maior teor de silício quando este elemento foi adicionado ao solo (F=63,17; P=0,00). O acúmulo médio dos genótipos sem a adubação com Si foi 0,84% e o acúmulo médio com a adubação com Si foi 1,25% (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de acúmulo de Silício foliar nos genótipos TX430XGR111, GB3B e BR7B, resistente, moderadamente resistente e suscetível, respectivamente, com ou sem adubação silicatada (600 Kg ha⁻¹). Uberlândia, 2016.

Adubação	GB3B (MR)	BR7B (S)	TX430GR111 (R)	Média
Com silício	1,40	1,26	1,10	1,25 A
Sem silício	0,92	0,75	0,85	0,84 B
Média	1,16 a	1,01 ab	0,97 b	

CV= 4,12%

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

MR: Moderadamente resistente. S: Suscetível. R: resistente.

A planta de sorgo é considerada acumuladora de silício (RESENDE, et al., 2009), porém, o teor de silício acumulado nos genótipos foi considerado baixo (1,25%) segundo Korndörfer et al. (1999), onde os teores de silício na planta são classificados como baixos quando menores que 1,70%; médios, de 1,70 a 3,40% e altos acima de 3,00%. Entretanto, no trabalho de Oliveira e Canuto (2016), o acúmulo de silício no sorgo apresenta-se crescente com o aumento das doses de silício aplicado, encontrando o maior teor de silício (2,26%) na maior dose, que foi a de 1000 kg ha⁻¹ de silício.

Para o acúmulo de silício entre os genótipos houve diferença entre eles ($F=4,6$; $P=0,02$). O genótipo GB3B (medianamente resistente) foi o que mais acumulou silício (1,16%) e o genótipo TX430GR111 (resistente) foi o que obteve menor acúmulo silício (0,97%). Já o genótipo BR7B (suscetível) acumulou silício tanto quanto os genótipos GB3B e o TX430GR111 (1,01%) (Tabela 3). Korndörfer et al. (2011), ao estudar 3 cultivares de cana de açúcar, duas resistentes e uma suscetível à cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* observou que o silício também foi absorvido em diferentes quantidades nessas cultivares, porém as cultivares resistentes absorveram 2,31% e 1,60%, e a suscetível foi a que menos absorveu silício 1,56%. Já para Oliveira (2016), o Si acumulado nas folhas apresentou resposta à adubação independente da cultivar de trigo testada, encontrando 1,29% e 1,68% de Si nas plantas não adubadas e adubadas com silício respectivamente, não obtendo diferença entre as cultivares. Entretanto, ao observar a porcentagem de Si acumulado nas espigas, houve interação entre a adubação com Si e as cultivares (uma resistente e duas suscetíveis ao pulgão *Sitobion avenae*), uma cultivar suscetível foi a que acumulou mais silício (1,82%), e a outra foi a que menos acumulou (1,27%) e a cultivar resistente acumulou silício tanto quando as duas suscetíveis (1,38%).

O silício acumulado na parte aérea das plantas forma uma barreira mecânica, devido ao acúmulo e polimerização de sílica amorfa nas células epidérmicas, dificultando a penetração do aparelho bucal dos insetos (MORAES et al., 2004; KVEDARAS e KEEPINGS, 2007). Um dos principais efeitos da resistência induzida por silício se dá na redução da fecundidade dos insetos, como observado por Gomes et al. (2005), onde a fecundidade de *S. graminum* em plantas de trigo foi reduzida após aplicação de silicato de cálcio e Dias et al. (2014), que observou a redução da fecundidade em fêmeas ápteras de *S. avenae*, em plantas de trigo adubadas com silício. Segundo dados do nosso grupo de pesquisa, a aplicação de silício não alterou a fecundidade de *S. graminum* no genótipo TX430XGR111 (resistente), porém nos genótipos GB3B (medianamente resistente) e BR7B (suscetível) houve a redução de 17,9% e 33,95% respectivamente na fecundidade deste afídeo em plantas adubadas com silício.

Como a diferença no acúmulo de silício entre os genótipos TX430XGR111 e BR7B não foi significativa (Tabela 3), nota-se que o teor de silício acumulado na parte aérea do sorgo não é um bom indicativo da ocorrência de resistência induzida. Existem outras formas de atuação do silício na resistência aos insetos além do espessamento da parede celular, como a ativação dos mecanismos metabólicos.

A ativação dos mecanismos metabólicos está relacionada com a presença do silício via adubação que pode promover a resistência por antibiose e não preferência (DIAS et al., 2014), e induzir a atividade de enzimas como peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amonialiase, que são compostos de defesa na planta (GOMES et al., 2005). Dessa forma há aumento da dureza dos tecidos devido a síntese de lignina e suberina, ativado pela enzima peroxidase (GOODMAN et al., 1986; BOWLES, 1990; STOUT et al., 1994). A digestão das proteínas é reduzida, diminuindo a qualidade nutricional do alimento para os herbívoros devido a ação da enzima polifenoloxidase, que participa dos processos de lignificação e na catálise oxidativa de fenóis a quinonas (FELTON e DUFFEY, 1990; FELTON et al., 1994; MOHAMMADI e KAZEMI, 2002). E por fim, a síntese de compostos fenólicos devido a enzima fenilalanina amonialiase, que apresentam propriedades deterrentes e tóxicas contribuem para a redução da qualidade nutricional da planta ao herbívoro (APPEL, 1993).

Desta forma, é provável que a ação dos mecanismos metabólicos tenham maior ação na indução de resistência do que o silício acumulado na planta.

4. CONCLUSÃO

Os genótipos de sorgo acumulam silício quando há adubação com esse elemento.

O acúmulo de silício é diferente entre os genótipos.

O acúmulo independe do grau de resistência dos genótipos.

REFERÊNCIAS

APPEL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, v. 19, p. 1521-1552, 1993.

ARCHER, T.L.; CATE, R.H.; EIKENBARY, R.D.; STARKS, K.J. Parasitoids collected from greenbugs and corn leaf aphids in Oklahoma in 1972. **Annals of the Entomological Society of America**. Lanham, v.67, n.1, p.11-14, 1997.

BOWLES, D. J. Defense-related proteins in higher plants. **Annual Review of Biochemistry**, v. 59, p. 873-907, 1990.

CARVALHO, S. P., J. C. MORAES, AND J. G. CARVALHO. 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, 1999.

DIAS, P. A. S.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, M. P.; KORNDÖRFER, A. P.; OLIVEIRA, R. S.; FERREIRA, S. E.; KORNDÖRFER, G. H. Induction of resistance by silicon in wheat plants to alate and apterous morphs of *Sitobion avenae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Annapolis, v. 43, n. 4, p. 949-956, 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistemas de Produção, 2**. ISSN 1679-0120X Versão Eletrônica - 4ª edição, set. 2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/pragas.htm>. Acesso em: 29 de jul. 2016.

EPAMIG. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Sorgo: Inovações Tecnológicas. Informe Agropecuário** 278, v. 35, n. 278. 2014. 128p.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Biology**, Palo Alto, v. 50, n. 1, p. 641-664, 1999.

FELTON, G. W.; DUFFEY, S.S. Inactivation of baculovirus by quinones formed in insect-damaged plant tissues. **Journal of Chemical Ecology**, v. 16, p. 1221-1236, 1990.

FELTON, G. W.; SUMMERS, C. B.; MUELLER, A. J. Oxidative responses in soybean foliage to herbivory by bean leaf beetle and three-cornered alfalfa hopper. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 639-650, 1994.

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, 2005.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

GOODMAN, R. N.; KIRALY, Z.; WOOD, K. R. Secondary metabolite. In: GOODMAN, R. N. **The biochemistry and physiology of plant disease**. Missouri: University of Missouri, p. 211-224, 1986.

HAGVAR, E. B.; HOF SVANG, T. Aphid parasitoids (Hymenoptera: Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. **Biocontrol News and Information**, Wellingford, v. 12, n. 1, p. 13-41, 1991.

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of insect plant resistance to the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane by silicon application. **Neotropical entomology**, v. 40, n. 3, p. 387-392, 2011.

KÖRNDORFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, 2004. 34p.

KORNDÖRFER, G. H.; SNYDER, G.H.; ULLOA, M.; PERDOMO, R.; POWELL, C., DEREN, C. & DATNOFF, L.E. Soil and plant silicon calibration for rice production. **Manuscript prepared for the Rice Council Meeting, Belle Glade** p. 14-15, 1999.

KVEDARAS, O. L.; KEEPING, M. G. Silicon impedes stalk penetration by the borer *Eldana saccharina* in sugarcane. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 125, p. 103-110, 2007

LAING, M. D.; ADANDONON, A. Silicon and insect management – Review. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3, 2005, Uberlândia. **Anais...**, Uberlândia: UFU ICIAG, 2005, 152 p.

MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, v. 162, p. 491-498, 2002.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; BASAGLI, M. A. B.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; SAMPAIO, M. V. 2004. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Aphidiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.33, n. 5, p. 619-624, 2004.

MURRAY, S. C.; SHARMA, A.; ROONEY, W. L.; KLEIN, P. E.; MULLET, J. E.; MITCHELL, S. E.; KRESOVICH, S. Genetic improvement of sorghum as a biofuel feedstock: I. QTL for stem sugar and grain nonstructural carbohydrates. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2165-2179, 2008.

OLIVEIRA, R.S. **Silício na indução de resistência à *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Aphididae), na produtividade do trigo e na produção de voláteis**. 2016. 96 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais.

OLIVEIRA, R.S.; CANUTO, D.M.F. Absorção de silício pelo sorgo em neossolo quartzarênico adubado com sílica. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23, p. 40-49, 2016.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P. (2006). **Avaliação de cultivares de milho e sorgo para silagem**. Disponível em: [http: <www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=444>](http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=444). Acesso em: 13 Jun. 2016.

RESENDE, R. S.; RODRIGUES, F. A.; SOARES, J. M.; CASELA, C. R. Influence of silicon on some components of resistance to anthracnose in susceptible and resistant sorghum lines. **European Journal of Plant Pathology**, v. 124, p.533-541, 2009.

REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, v. 155, n. 2, p. 171-186, 2009.

SALVADORI, J. R.; LAU, D.; PEREIRA, P. R. V. da S. Cultivo de trigo: Pragas e métodos de controle (Sistemas de Produção). Embrapa Trigo, 2009. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Trigo/CultivodeTrigo/pragas.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2015.

SALVADORI, J. R.; TONET, G. E. L. **Manejo integrado dos pulgões do trigo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 52 p. (Embrapa Trigo. Documentos, 34).

SANTOS, F. G. **Simpósio Estadual de Agroenergia – EMBRAPA**. Out. 2007. EMBRAPA Pelotas – RS, 2007.

SHUFRAN, R.A.; WILDE, G.E.; SLODERBECK, P.E. Description of three isozyme polymorphisms associated with insecticide resistance in greenbug (Homoptera: Aphididae) populations. **Journal of Economic Entomology**, v.89, n.1, p.46-50, 1996.

SOUSA-SILVA, C.R.; ILHARCO, F.A. **Afídeos do Brasil e suas plantas hospedeiras: lista preliminar**. São Carlos: EDUFSCar, 1995. 85 p.

SPSS Inc. Released 2008. SPSS Statistics for Windows, Version 17.0. Chicago: SPSS Inc.

STARÝ, P. Alternative host and parasitoid in first method in aphid pest management in glasshouses. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.116, p. 187-191, 1993.

STOUT, M. J.; WORKMAN, J.; DUFFEY, S. S. Differential induction of tomato foliar proteins by arthropod herbivores. **Journal of Chemical Ecology**, v. 20, p. 2575-2594,

1994.

WILLIAMS, J. R.; DELANO, D. R.; HEINIGER, R. W.; VANDERLIP, R. L.; LLEWELYN, R. V. Replanting strategies for grain sorghum under risk. **Agricultural Systems**, v. 60, p. 137-155, 1999.