



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO
MANEJO INTEGRADO DE *Plutella xylostella*
(LEPIDOPTERA:PLUTELLIDAE) NA CULTURA DO REPOLHO
(*Brassica oleracea* var. capitata)

LUCIANA MORAIS DE FREITAS

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF

MARÇO/2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO MANEJO
INTEGRADO DE *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA:PLUTELLIDAE) NA
CULTURA DO REPOLHO (*Brassica oleracea* var. *capitata*)**

LUCIANA MORAIS DE FREITAS

ORIENTADORA: ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, PhD

TESE DE DOUTORADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 028/2014D

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2014

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO MANEJO
INTEGRADO DE *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA:PLUTELLIDAE) NA
CULTURA DO REPOLHO (*Brassica oleracea* var. *capitata*)**

LUCIANA MORAIS DE FREITAS

TESE DE DOUTORADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM AGRONOMIA NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL, LINHA DE PESQUISA EM PRODUÇÃO VEGETAL.

APROVADA POR:

Ana Maria Resende Junqueira, Ph.D, Universidade de Brasília (UnB),
CPF: 340.665.511-49, e-mail: anamaria@unb.br (Orientadora)

Mariane Carvalho Vidal, D.Sc., Embrapa Hortaliças,
CPF: 771.251.691-04, e-mail: mariane.vidal@embrapa.br (Examinadora Externa)

Cristina Schetino Bastos, D.Sc., Universidade de Brasília (UnB)
CPF: CPF: 007.369.317-08, e-mail: cschetino@unb.br (Examinadora Externa)

Nara Oliveira Silva Souza, D.Sc., Universidade de Brasília (UnB),
CPF: 033.300.726-36, e-mail: narasouza@unb.br (Examinadora Interna)

Marina Regina Frizzas, D.Sc., Universidade de Brasília (UnB),
CPF: 249.222.768-58, e-mail: frizzas@unb.br (Examinadora Interna)

BRASÍLIA/DF, 28 de março de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Freitas, Luciana Morais de

Utilização de silício como ferramenta auxiliar no manejo integrado de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) / Luciana Morais de Freitas; orientação de Ana Maria Resende Junqueira – Brasília, 2014. 90 p.; il.

Tese de Doutorado (D) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2014.

1. Adubação 2. Anatomia vegetal 3. Produção 4. Traça-das-crucíferas 5. Controle
6. Qualidade I. Junqueira, A. M. R. II. Título. PhD.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FREITAS, L.M. **Utilização de silício como ferramenta auxiliar no manejo integrado de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*)** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2014, 90 p. Tese de Doutorado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Luciana Morais de Freitas

TÍTULO DA TESE DE DOUTORADO: Utilização de silício como ferramenta auxiliar no manejo integrado de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*)

GRAU: Doutor ANO: 2014

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta tese de doutorado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta tese de doutorado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Luciana Morais de Freitas

CPF: 888.250.603-78

Avenida das Araucárias nº4155

Aguas Claras

CEP: 71936-250 – Brasília / DF -

Brasil

E-mail:

moraisluciana@yahoo.com.br

“Há pessoas que desejam saber só por saber, e isso é curiosidade; outras, para alcançarem fama, e isso é vaidade; outras, para enriquecerem com a sua ciência, e isso é um negócio torpe; outras, para serem edificadas, e isso é prudência; outras, para edificarem os outros, e isso é caridade”.

Santo Agostinho.

Aos meus pais Hilton e Vera, pela disponibilidade em me gerar e me amar, e ao Tio Otávio Abreu, pelo início dessa caminhada, sem ele nada disso seria possível,
OFEREÇO.

Aos amores de minha vida, Pedro e Wendy,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Hilton Tomé de Freitas e Vera Lucia Abreu Moraes de Freitas, que sempre estiveram ao meu lado, incentivando e torcendo para que cada sonho fosse alcançado.

Aos tesouros da minha vida, Pedro e Wendy, que muitas vezes tiveram que suportar meus momentos difíceis e que nunca deixaram de me apoiar. Amo vocês mais do que qualquer coisa na vida.

Aos meus irmãos Marcello Freitas e Wilton Freitas e à minha Avó Maria, Benedita pelo aconchego familiar sempre.

Ao meu sogro Elcivônio e minha sogra Cida, pelo apoio sempre. Aos meus cunhados Katiuscia e Edmar e sobrinhos Lucas e Yuri, que bom que vocês fazem parte de minha vida.

À Universidade de Brasília, principalmente, à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

À Professora Ana Maria Resende Junqueira, pela orientação, dedicação, por acreditar sempre em mim, e, sobretudo, pelo seu olhar carinhoso e por fazer o papel de “mãe” em muitas ocasiões.

À professora Dalva Graciano Ribeiro e a toda a equipe da Botânica especialmente aos técnicos Daiane e Bernardo, pelo apoio nas análises anatômicas.

À professora Cristina Schetino Bastos, por fazer com que eu me apaixonasse perdidamente pelo mundo dos insetos. Não tem ideia do bem que me fez.

Aos Professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, pelos ensinamentos e incentivos.

Aos funcionários da Fazenda Água Limpa, em especial ao Israel, que com o apoio incansável fizeram com que esse momento fosse possível.

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Alimentos da FAV, em especial ao Márcio e Glauber, que sempre estiveram ao meu lado em todas as análises contribuindo sempre com sua amizade.

Ao professor Gervásio Rios, pelo apoio nas análises estatísticas.

À Rosana e Deusdete, funcionários da secretaria da Pós-FAV/UnB, pelo apoio.

Aos estagiários do Núcleo de Apoio à Competitividade e Sustentabilidade da Agricultura (Nucomp), em especial à Tamires Glauciene, Yumi Kamila, Rodrigo Avelino, Santiago Henao Torres e Thiago Evangelista, pelo auxílio nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos colegas da Pós-Graduação, Cláudio, Anna Paula, Marcelo, Rogerlani, Juan, Karuliny e Angélica, pelo incentivo e amizade.

Às amigas Marília Cristina e Fabiana Carmanini, pelo companheirismo diário.

Às minhas amigas de tantos anos Mayara, Sabrine e Luciane, sempre presentes nessa longa trajetória.

Aos amigos do bloco K Colina (moradia da pós-graduação) Daniele Teodoro, Amanda, Darli, Mayco, Zé, Edilene, Eduardo.

Aos amigos irmãos que tanto contribuíram para minha formação como pessoa Fernanda Carvalho, Nataly, Renato, Sebastião, Zélia, Dyorge e Danilo, espero que a gente nunca se perca uns dos outros.

Às minhas amigas “filhas” Tamiris e Jéssica, vocês fizeram com que esses quatro anos fossem regados a muito carinho e alegria.

Aos amigos de caminhada Ícaro José, Hiomone, Nádia, Ênio, Joyce, Jacqueline, João, Suzane, Ercílio e Patrícia, Alice, Ana e Luiza Vogado, Flávio, Aline Setubal, Thaís Antunes e Aline Caetano que me acolheram em Brasília e me trouxeram para mais perto de Deus.

Aos queridos professores Francisco Nóbrega dos Santos e Evandro Chagas que foram meus primeiros e principais incentivadores a seguir a carreira acadêmica

A todos que torceram e colaboraram comigo.

Muito obrigada!

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1.INTRODUÇÃO GERAL	1
2.REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 Aspectos gerais do cultivo de repolho	2
2.2 <i>Plutella xylostella</i>	3
2.3 Silício no solo e nas plantas.....	6
2.1 Ação do silício no controle de pragas	8
OBJETIVO GERAL.....	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
CAPÍTULO I	18
EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES E FORMA DE APLICAÇÃO DE SILÍCIO NOS DANOS CAUSADOS POR <i>Plutella xylostella</i> E NA PRODUÇÃO DA CULTURA DO REPOLHO.	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
1 INTRODUÇÃO.....	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	23
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.1 Densidade de lagartas nas folhas.....	26
3.2 Número de perfurações causados por <i>P. xylostella</i>	27
3.3 Nota atribuída às plantas de repolho na colheita em função da injúria causada por <i>P. xylostella</i>	29
3.4 Matéria fresca e circunferência da cabeça de repolho	30
3.5 Análise de macronutrientes, micronutrientes e silício foliar	32
4 CONCLUSÃO	34

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
CAPÍTULO II.....	38
CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL E TEOR DE VITAMINA C EM REPOLHO (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) CULTIVADO COM SILÍCIO.	
.....	38
RESUMO	39
ABSTRACT	40
1 INTRODUÇÃO.....	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 Delineamento experimental, plantio e colheita.....	43
2.2 pH e Acidez Titulável.....	45
2.3 Teor de proteína.....	45
2.4 Determinação de Resíduo Mineral Fixo (cinzas)	46
2.5 Determinação do teor de fibra bruta	46
2.6 Determinação do teor de vitamina C com iodato de potássio	47
2.7 Determinação de umidade	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4 CONCLUSÃO.....	52
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
CAPÍTULO III	56
CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE PLANTAS DE REPOLHO (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i>) ADUBADAS COM SILÍCIO	
.....	56
RESUMO	57
ABSTRACT	58
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4 CONCLUSÃO.....	68

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CAPÍTULO IV	71
INSERÇÃO DA ADUBAÇÃO COM SILÍCIO EM UM PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE <i>Plutella xylostella</i> (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) NA CULTURA DO REPOLHO.	71
RESUMO	72
ABSTRACT	73
1 INTRODUÇÃO.....	74
2 MATERIAL E MÉTODOS	76
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
3.1 Densidade de lagartas nas folhas.....	79
3.2 Número de perfurações causados por <i>P. xylostella</i>	80
3.3 Nota atribuída às plantas de repolho na colheita em função da injúria causada por <i>P. xylostella</i>	82
4 CONCLUSÃO	85
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo I

- Tabela 1.** Densidade de lagartas de *Plutella xylostella* por data de amostragem em repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício. 27
- Tabela 2.** Número de perfurações causados por *Plutella xylostella* por data de amostragem em repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício. 28
- Tabela 3** Nota atribuída às plantas de repolho no momento da colheita de acordo com o nível de injúria causado por *Plutella xylostella* em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício. 29
- Tabela 4.** Matéria fresca e circunferência da cabeça de repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício..... 31
- Tabela 5.** Concentração foliar de nutrientes em plantas de repolho cv. Kenzan, em resposta a adubação com silício..... 33

Capítulo II

- Tabela 1.** Composição centesimal e teor de vitamina C em plantas de repolho cv. Kenzan, em resposta a adubação com silício. Brasília, FAV-UnB, 2014. 51

Capítulo III

- Tabela 1.** Variáveis quantitativas analisadas para a espessura da epiderme, mesofilo e número de estômatos na face adaxial e abaxial de *Brassica oleracea* var. capitata.. 65

Capítulo IV

- Tabela 1** Número de lagartas de *Plutella xylostella* presente nas quatro folhas centrais de repolho cultivar kenzan por tratamento e por data de amostragem. Brasília – DF, UnB,2014..... 80
- Tabela 2.** Número de perfurações de *Plutella xylostella* presente nas quatro folhas centrais de repolho cultivar kenzan por tratamento e por data de amostragem. Brasília – DF, UnB,2014..82

Tabela 3. Peso médio da cabeça, circunferência e nota atribuída no momento da colheita em função da injúria causada por *P. xylostella* por tratamento. Brasília – DF, UnB,2014..... 84

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo III

Figura 1. Secções transversais da folha de *Brassica oleracea* var. *Capitata*. A. Visão geral da nervura central; B. Detalhe da epiderme adaxial mostrando os estômatos e as células epidérmicas; C. Detalhe mostrando os feixes vasculares; D. Detalhe mostrando xilema e floema; E. Detalhe mostrando aspectos da ala; F e G. Detalhe da lâmina foliar mostrando a deposição de cristais de silício na epiderme adaxial. Barra: 10µm (A); 20µm (B, C e E); 40µm (D, F e G)..... 66

Figuras 2. Secções paradérmicas da face adaxial e abaxial de folhas de *Brassica oleracea* var. *Capitata*. H. Face abaxial mostrando maior número de estômatos; I. Face adaxial; J. Detalhe dos estômatos na face abaxial; K. Detalhe dos estômatos na face adaxial. Barra: 10µm (H e I); 40µm (J e K)..... 67

RESUMO

Utilização de silício como ferramenta auxiliar no manejo integrado de *Plutella xylostella* (Lepidoptera:Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*)

O uso do silício na agricultura vem sendo considerado como uma prática limpa e sustentável, com grande potencial para diminuir o uso de agrotóxicos, mantendo a qualidade da cultura e protegendo o ambiente de contaminantes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de silício no manejo integrado da traça-das-crucíferas na cultura do repolho, as alterações em suas características físico-químicas e anatômicas, bem como a possibilidade da inserção do elemento silício, em conjunto com outras táticas de controle, em um programa de manejo integrado da praga em questão. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições e sete tratamentos, incluindo a testemunha sem silício - ASS1: adubação com agrosilício® (10,5% Si) via solo, aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação de agrosilício® (10,5% Si) via solo, aplicado de forma parcelada (metade no plantio e metade em cobertura); ASF1: adubação com agrosilício® (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação com agrosilício® (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 1: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 2: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias. Nos tratamentos onde o silício foi aplicado diretamente nas folhas foram observados menor densidade e menor nível de injúria da praga, bem como incrementos na produção sendo considerados os melhores tratamentos. O silício não alterou a maioria das características físico-químicas do repolho, podendo ser aplicado à cultura sem causar prejuízos às características nutricionais do produto. A aplicação de silício diretamente nas folhas causou expansão do mesófilo e da epiderme, bem como aumento do índice e densidade estomatal e incremento na presença de cristais tanto na face adaxial como abaxial da folha. Ao se avaliar a aplicação de silício aliada à utilização de inseticida biológico, verificou-se efeito sinérgico. Conclui-se que o silício apresenta potencial como ferramenta auxiliar de manejo da traça-das-crucíferas.

Palavras-chave: Adubação, Anatomia vegetal, Produção, Traça-das-crucíferas, Controle, Qualidade.

ABSTRACT

Silicon utilization as an auxiliar tool in the integrated management of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in cabbage crop (*Brassica oleracea* var. *capitata*).

The use of silicon in agriculture has been considered as a clean and sustainable practice, with great potential to reduce pesticide use while maintaining crop quality and protecting the environment from toxic residues. This study aimed to evaluate the application of silicon in integrated management of *Plutella xylostella* in cabbage crop and changes in their physico-chemical and anatomical features at the expense of application of silicon and also the possibility of inserting the best way of applying the element in conjunction with other control tactics in an integrated plan of management of the pest in question. The experimental design was randomized blocks with five replicates and seven treatments including the untreated control silicon - ASS1: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si) in the soil, applied once before planting; ASS2: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si) in the soil, applied in installments (half at planting and half in coverage); ASF1: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si once every seven days; ASF2: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si twice every seven days; Sifol ® (12 % Si) 1 : solution Sifol ® (foliar silicon) 3% foliar application once every seven days; Sifol ® (12 % Si) 2: solution Sifol ® (foliar silicon) 3% applied twice every seven days. Treatments where silicon was applied directly to the leaves showed smaller values of pest density and injuries and an increment on production. They were the best treatments. The silicon did not change most of the physico-chemical characteristics of cabbage plants, showing the element can be applied to the crop without changing nutritional characteristics. Treatments where silicon was applied directly to the leaves were also responsible for the expansion of the mesophyll and epidermis as well as increasing the index and stomatal density and the presence of crystals in both adaxial and abaxial side of the leaf. When silicon was applied with biological insecticide it was observed a synergistic effect. In conclusion, silicon has potential as an auxiliar tool to a program of integrated management of diamondback moth on cabbage plants.

Keywords: Fertilization, Vegetal anatomy, Production, Diamondback moth, Control, Quality.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A família das Brassicaceae, também chamada de Cruciferae é considerada uma das famílias mais antigas de plantas cultivadas pelo homem, possuindo cerca de 375 gêneros e 3.200 espécies (AHUJA *et al.*, 2010). Neste grupo estão inseridas plantas de grande importância econômica tais como couve, couve-de-bruxelas, brócolis, mostarda, canola dentre outras, sendo o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*) considerada uma das culturas mais expressivas e conhecidas desta família.

A popularidade e o aumento do consumo de plantas pertencentes à família das Brássicas se devem principalmente, ao reconhecimento do seu valor nutricional e também de suas propriedades fitoterápicas. Nutricionalmente o repolho apresenta alto teor de vitamina C, isotiocianatos, cálcio e magnésio (CARVALHO *et al.*, 2006), também foi usado durante séculos pelos romanos, tanto internamente como externamente por suas propriedades adstringentes e na forma de cataplasmas, no tratamento de feridas (VEIGA, 2005; FERREIRA, 2003)

As plantações de repolho concentram-se em cinturões verdes geralmente próximos das capitais e nas regiões serranas, sendo cultivado tanto por agricultores familiares quanto por grandes produtores (ARAGÃO *et al.*, 2009). Em muitas regiões do Brasil o repolho é cultivado de forma ininterrupta, fato que favorece o ataque de pragas, destacando-se o ataque causado pela traça-das-crucíferas que frequentemente causa sérios prejuízos à cultura.

A traça-das-crucíferas, conhecida cientificamente como *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera:Plutellidae), é considerada a principal praga das brássicas em todo o mundo (CHENG *et al.*, 2008), chegando a causar perdas de mais de 90% na produção (CASTELO BRANCO *et al.*, 2001). É considerada uma praga cosmopolita, ocorrendo em todas as regiões onde é realizado o cultivo dessas plantas (CHENG *et al.*, 2008).

A maior ocorrência da *P. xylostella* é observada nos meses de menor precipitação, de julho a setembro, sendo que o período fenológico crítico de ataque da praga ocorre na formação da cabeça, aproximadamente entre quatro e sete semanas após o transplante (CZEPAK *et al.*, 2005).

O controle químico ainda é o principal método adotado para combater *P. xylostella* (MONNERAT *et al.*, 2004), fato que tem contribuído para a seleção de populações de insetos resistentes a vários grupos de inseticidas tanto químicos como biológicos. Esse fato

tem direcionado as pesquisas para o desenvolvimento de novas táticas de controle e da integração das já existentes em um plano de manejo integrado.

Uma prática que tem sido considerada positiva no manejo da praga é adubação com uma fonte de silício com o objetivo de fortalecer as plantas contra o ataque de pragas e doenças (COSTA & MORAES, 2006). Embora o silício não seja considerado essencial para a maioria das plantas (EPSTEIN, 2009), ele proporciona benefícios evidentes, pois é capaz de proteger as mesmas contra estresses bióticos e abióticos (MORAES *et al.*, 2009).

Apesar dos benefícios e vantagens, a adubação silicatada tanto no solo como nas folhas ainda não é amplamente utilizada pelos agricultores brasileiros, provavelmente, devido a pouca divulgação de dados experimentais obtidos no Brasil em comparação com outros países (PRADO, 2000).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais do cultivo de repolho

O repolho tem como centro de origem a Costa Norte Mediterrânea, Ásia Menor e a Costa Oriental Europeia. Em sua forma selvagem era utilizado pelos egípcios, sendo que o seu uso se expandiu bastante com o passar dos anos. Acredita-se que o repolho tenha sido introduzido na Europa pelos celtas no século IX. Na América, a planta foi levada pelos europeus por volta do século XV (TIVELLI & PURQUERIO, 2008).

É uma hortaliça anual, herbácea, pertencente à família Brassicaceae também chamada de Cruciferae, cujo embricamento das folhas formam a cabeça que é parte comestível da planta (MEDEIROS *et al.*, 2004). Tem grande importância como alimento, por serem ricos em vitaminas, sais minerais e aminoácidos (DOMINGOS, 2006). Como também na medicina, pela presença de glucosinolatos e por possuir propriedades antioxidantes (SANTOS *et al.*, 2008).

Do ponto de vista econômico é a olerícola mais importante da família das Brássicas, devido à sua antiguidade, ampla distribuição e também facilidade de produção e grande volume consumido (FONSECA, 2001).

De acordo com FILGUEIRA (2008), o repolho apresenta caule ereto, curto, sem ramificações, com raiz principal distinta, desenvolvendo ramificações adventícias o que favorece a recuperação após o transplante. Apresenta folhas lisas de cor verde ou roxa, ou folhas crespas de cor verde, que devem estar livres de manchas escuras e de perfurações, formando cabeças que devem ser firmes, compactas e sem rachaduras (LANA & TAVARES, 2010). É uma cultura bienal, exigente em temperaturas amenas ou frias,

apresentando notável tolerância a geadas, mas também se desenvolve bem em temperaturas um pouco mais elevadas graças ao trabalho de fitomelhoristas com o desenvolvimento de cultivares adaptadas a condições termoclimáticas diversificadas o que possibilitou com que essa planta fosse cultivada em todas as regiões do Brasil (FILGUEIRA, 2008).

A colheita tem início a partir de 80 dias após o plantio quando as cabeças estão compactas e grandes, com as folhas que a revestem apresentando os bordos voltados para trás. As folhas externas ficam caídas e mudam de verde para uma coloração mais clara (LUZ *et al.*, 2002). Em muitas regiões brasileiras, o repolho é cultivado ininterruptamente, o que favorece o ataque de pragas e doenças, diminuindo consideravelmente a produção.

A cultura do repolho é atacada por diversas pragas que comprometem a produção, dentre elas destacam-se: os pulgões *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae), curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Latr.) (Lepidoptera: Pieridae), mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn) (Hemiptera: Aleyrodidae), traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), lagarta-roscas *Agrotis ipsilon* (Hufnagel.) (Lepidoptera: Noctuidae) e lagarta-mede-palmo *Trichoplusia ni* (Hueb.) (Lepidoptera: Noctuidae) (GALLO *et al.*, 2002). De todas as pragas *P. xylostella* é considerada a mais importante e tornou-se a mais destrutiva das brássicas no Brasil (LIANG *et al.*, 2003).

2.2 *Plutella xylostella*

Um dos principais fatores que limitam a produção de brássicas é certamente a ocorrência de pragas, entre as quais se destaca a traça-das-crucíferas, conhecida cientificamente como *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Plutellidae), sendo considerada como a principal praga das brássicas em todo o mundo (HASEEB *et al.*, 2004, VILLAS BOAS *et al.*, 2004, CHENG *et al.*, 2008), chegando a causar perdas de mais de 90% da produção (CASTELO BRANCO *et al.*, 2001).

Há indícios de que *P. xylostella* tenha sua origem na região do Mediterrâneo, onde surgiram também as principais espécies de brássicas atualmente cultivadas (MONNERAT *et al.*, 2004). No entanto, alguns autores apontam a África do Sul, local onde foi feito o primeiro registro de ocorrência da praga no início do século XX (CHALESTON & KFIR, 2000), como sendo o centro de origem devido ao grande número de espécies hospedeiras nativas e de parasitoides associados a *P. xylostella* nessa região.

Atualmente *P. xylostella* é considerada uma praga cosmopolita, ocorrendo em todas as regiões onde há o cultivo de plantas pertencentes à família das brássicas no mundo (CHENG *et al.*, 2008) com custo médio anual de controle ultrapassando um bilhão de dólares (HASEEB *et al.*, 2004). Algumas dificuldades observadas para o controle da praga se devem à coexistência de áreas de cultivo durante todo o ano, com idades diferentes, o que proporciona à praga suprimento abundante e contínuo de alimento (IMENES *et al.*, 2002).

A traça-das-crucíferas é um inseto de ciclo curto, completando-o entre 15 e 20 dias. Pode ter de 5 a 10 gerações por ano, dependendo das condições climáticas e da disponibilidade de alimento, fazendo com que as populações dessa praga variem muito de um ano a outro (DIAS *et al.*, 2004). O comportamento fisiológico de *P. xylostella* depende de fatores como temperatura, fotoperíodo, umidade relativa e oferta de alimento (CREMA & CASTELO BRANCO, 2004).

É descrita como um microlepidóptero com coloração parda na fase adulta e um desenho prismático branco que lembra um diamante esculpido na face dorsal (MEDEIROS *et al.*, 2003). A fêmea deposita seus ovos na parte inferior das folhas de forma isolada ou em grupos de dois ou três. Os ovos são muito pequenos, arredondados e de coloração esverdeada. Após cerca de três a quatro dias eclodem as lagartas que penetram no interior da folha passando a alimentar-se do parênquima foliar. Logo em seguida as lagartas abandonam a galeria e passam a alimentar-se da epiderme na parte inferior da folha, chegando a atingir o máximo desenvolvimento com 8 a 10mm de comprimento, após 9 a 10 dias da eclosão (MEDEIROS *et al.*, 2003).

Quando passam para a fase de pupa, as lagartas tecem um pequeno casulo na face inferior e, algumas vezes, na face superior das folhas. Após cerca de quatro dias, o adulto emerge como um microlepidóptero. Nos machos a margem posterior das asas anteriores tem coloração esbranquiçada e quando em posição de repouso apresenta uma mancha alongada bem característica sobre a face dorsal (MAU & KRESSING, 2011).

O “status” de praga conferido a *P. xylostella* é devido à diversidade e abundância de hospedeiras, o que inclui uma grande quantidade de plantas selvagens, à sua grande capacidade de dispersão, à ausência de controle efetivo por inimigos naturais, ao seu alto potencial reprodutivo e à sua elasticidade genética, que facilita o rápido desenvolvimento de resistência a inseticidas (VICKERS *et al.*, 2004, SHELTON, 2004).

O uso de produtos químicos é considerado a principal forma de controle de *P. xylostella* (VILLAS BÔAS *et al.*, 2001). O uso indiscriminado de inseticidas sem a prévia estimativa dos danos econômicos de *P. xylostella* nos cultivos de repolho, tem aumentado os custos de produção, diminuído os inimigos naturais, aumentado a poluição ambiental e causado intoxicação em seres vivos além de selecionar populações da praga com resistência a diversos inseticidas (MICHEREFF *et al.*, 2000; CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002).

Observações em campo de produção de brássicas realizadas por Castelo Branco *et al.*, (2001) demonstraram que são empregados diversos inseticidas para o controle de *P. xylostella*, pulverizados até quatro vezes por semana. Villas Bôas *et al.*, (2004) observaram que em geral, utiliza-se grande número de aplicações de produtos químicos por ciclo da cultura, podendo chegar de 15 a 20 aplicações, independente da presença da praga no campo.

Castelo Branco & Amaral (2002) observaram que os produtores de brássicas de Núcleos Rurais do Distrito Federal utilizam produtos não registrados no Ministério da Agricultura para o controle de *P. xylostella*, sendo que dos doze inseticidas utilizados pelos agricultores cinco não eram registrados para o controle da praga.

Medidas para minimizar o ataque da traça-das-crucíferas estão sendo utilizadas dentre as quais podemos citar: a utilização de cultivares resistentes e feromônios (IMENES *et al.*, 2002), reguladores de crescimento, inimigos naturais como parasitóides, rotação de culturas (MONERAT *et al.*, 2002), variedades resistentes (THULER, 2007) e inseticidas biológicos à base de *Bacillus thuringiensis* (DIAS *et al.*, 2002; MUSSURY *et al.*, 2002), diminuindo consideravelmente a aplicação de inseticidas na cultura.

A irrigação apresenta-se como uma ferramenta eficaz e adicional no controle da praga. Oliveira *et al.* (2000), ao avaliar o impacto da irrigação por aspersão na dinâmica populacional da traça, observaram redução de até 70% no número de aplicações de inseticidas em lavoura irrigada.

O manejo dos restos culturais também pode contribuir para o manejo do inseto-praga uma vez que, removendo-os imediatamente após a colheita da cultura evita-se a permanência da traça no campo e sua posterior dispersão para plantas jovens em áreas próximas (MAU & KESSING, 2011).

O controle biológico, quando bem planejado pode ser uma boa alternativa de controle. O uso de parasitóides do gênero *Trichogramma* tem sido importante em cultivos de repolho. Eles destacam-se entre os agentes biológicos por parasitarem ovos de pragas agrícolas, principalmente da ordem Lepidoptera (PRATISSOLI *et al.*, 2004). Esses parasitóides apresentam potencial de integração com outros métodos de controle (SOARES *et al.*, 2007), bem como com outros agentes em programas de Manejo Integrado de Pragas como por exemplo microrganismos entomopatogênicos que tem apresentado crescente utilização nesses programas, principalmente, a bactéria *Bacillus thuringiensis*. Tanto *Trichogramma spp* como *B. thuringiensis* são agentes utilizados para controle de *P. xylostella* (DIAS *et al.*, 2004).

Outra ferramenta auxiliar no controle de pragas é o uso racional da adubação e o fornecimento de nutrientes considerados benéficos à planta. Silveira & Higashi (2003) chamam a atenção para o fato de que o uso eficiente das adubações aliada à resistência dos materiais genéticos pode reduzir o nível de severidade e de incidência de pragas. Práticas culturais como a adubação da planta com silício, mesmo não sendo este um nutriente essencial, têm induzido resistência em muitas espécies vegetais.

Além da barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundários do metabolismo como polifenóis e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas (LIMA FILHO, 2005).

2.3 Silício no solo e nas plantas

O silício (Si) é considerado o segundo maior elemento em abundância na crosta terrestre, atrás apenas do oxigênio (EPSTEIN, 1999). É encontrado somente em formas combinadas, como a sílica (SiO_2) e os minerais silicatados (LIMA FILHO *et al.*, 1999).

O óxido de silício é o mineral mais abundante nos solos, sendo considerado a base da maioria dos argilominerais. Em razão da avançada intemperização dos solos tropicais, o silício se encontra basicamente na forma de quartzo, opala, caulinita e elementos de argila (BARBOSA FILHO *et al.*, 2001).

Embora se tenha nos solos minerais um alto conteúdo de silício, pouco dele se encontra disponível para as plantas, devido à sua baixa solubilidade (ESSER 2002; KORNDORFER, 2006). A solubilidade dos minerais silicatados no solo vai variar de acordo com a temperatura, pH, tamanho das partículas, composição química e pela

adsorção de Si nas superfícies minerais (SAVANT *et al.*, 1997). Alguns solos contêm pouco silício disponível por serem solos altamente intemperizados, lixiviados, ácidos e com baixa saturação por base (DATNOFF *et al.*, 2001). Segundo Esser (2002), áreas tropicais úmidas, com solos altamente intemperizados, são também, em geral, pobres em silício.

Outro fator que leva à deficiência de silício disponível no solo são os cultivos sucessivos na mesma área, principalmente de plantas que são naturalmente acumuladoras desse elemento. Para Matichenkov e Bocharnikova (2001), a adubação silicatada se faz necessária em todos os solos, com exceção daqueles com altos teores desse elemento como é o caso de solos vulcânicos jovens.

Uma pequena fração do silício total encontra-se presente na solução do solo na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), que é desprovido de carga elétrica e é a forma absorvida pelas plantas (MITAMI & MA, 2005). Outras fontes de ácido monossilícico para o solo são a decomposição de resíduos vegetais, a dissociação do ácido silícico polimerizado, a liberação do silício preso aos óxidos e hidróxidos de Fe e Al, a adição de fertilizantes silicatados e a água de irrigação (BATISTA-FILHO *et al.*, 2000)

A essencialidade do silício foi demonstrada apenas para algumas espécies de algas que incorporam o Si em suas estruturas (LIMA FILHO, 2002). No caso desses organismos o silício é importante no metabolismo de alguns aminoácidos e proteínas. Já para plantas superiores foi demonstrada essencialidade somente para algumas espécies da família Equisitaceae apesar de ser um constituinte majoritário da maioria dos vegetais (NUNES, 2012). No entanto, Epstein e Bloom (2005) relatam que plantas que crescem em ambiente rico em Si devem diferir daquelas presentes em ambientes deficientes desse elemento. A partir do decreto-lei nº 4954, aprovado em 14 de janeiro de 2004, que dispõe sobre a legislação brasileira de fertilizantes, o silício passou a ser considerado como um micronutriente benéfico (BRASIL, 2004).

Dentre os diversos benefícios proporcionados pelo silício às plantas, podemos citar a importância na complexação do alumínio presente na solução do solo formando Al-Si e reduzindo a toxidez para as plantas (ZSOLDOS *et al.*, 2003); a polimerização desse elemento nas raízes das plantas, agindo na redução da captação de manganês, livrando as mesmas de problemas causados por esse elemento (DATNOFF *et al.*, 2001); a deposição de sílica no caule o que aumenta a resistência e previne o acamamento além de proporcionar folhas mais eretas e elevar a resistência a estresses bióticos (MA & TAKAHASHI, 2002); o favorecimento na translocação de carbono para panículas e

ementes e também o aumento da eficiência do uso da água com a redução da transpiração e passagem com mais rapidez da fase vegetativa para a reprodutiva de crescimento (ZUCCARINI, 2008); o acúmulo de sílica nos órgãos de transpiração leva à formação de uma dupla camada de sílica, logo abaixo da epiderme agindo como uma barreira mecânica contra o ataque de fungos e insetos (KORNDORFER *et al.*, 2004)

Estudos sugerem que o silício aumenta a resistência da planta através da produção de metabólitos de baixo peso molecular, que incluem fitoalexinas e flavonoides (MEYER & KEEPING, 2000).

O Si é absorvido pela planta como ácido monossilícico através de um processo passivo que é controlado pela transpiração, via xilema, em conjunto com a água (fluxo de massa), ou por um mecanismo ativo que acontece através de transportadores situados na membrana plasmática das células das raízes (MITANI & MA, 2005). Atualmente são bem detalhados os mecanismos de absorção ativa de Si que é feito por proteínas de membranas específicas, codificadas por genes também específicos como constatados para as culturas de arroz, milho e cevada (MA *et al.*, 2006; MITAMI *et al.*, 2009).

As plantas apresentam diferenças na capacidade de absorver silício, isso acontece devido tanto à fisiologia das diferentes espécies, quanto do ambiente onde as plantas se desenvolvem ou até mesmo entre genótipos de uma mesma espécie (CHAGAS, 2004). Segundo Ma *et al* (2001), as diferenças de absorção se devem principalmente às características das raízes das plantas.

As plantas das famílias Poaceae, Ciperaceae e Equisetaceae demonstram alto acúmulo de Si (> 4% Si), Brassicaceae, Urticaceae e Commelinaceae demonstram acúmulo de Si intermediário (2-4 % Si), enquanto a maioria das espécies demonstra acúmulo abaixo de 2% (HODSON *et al.*, 2005; MA *et al.*, 2002).

2.4 Ação do silício no controle de pragas

O silício pode proteger a planta tanto do ataque de insetos como também de patógenos devido ao acúmulo de polimerização de silicatos nas células epidérmicas logo abaixo da cutícula, formando assim uma barreira que é comumente conhecida como dupla camada silício-cutícula (GOUSSAIN *et al.*, 2002) e também por outros processos, que podem aumentar os mecanismos de defesa como acúmulo de lignina, compostos fenólicos e fitoalexinas (MA *et al.*, 2006).

O silício presente na epiderme dificulta a penetração e a mastigação dos insetos devido ao endurecimento da parede celular (DATNOFF *et al.*, 2006). Trabalhos já

comprovaram que altos teores de sílica na planta podem aumentar a capacidade de defesa contra a herbivoria e a preferência de consumo (HUNT *et al.*, 2008).

A ação do silício sobre os insetos herbívoros pode ser considerada como efeitos diretos e efeitos indiretos (KVEDARAS & KEEPING, 2007). Os efeitos diretos incluem a redução no crescimento e na reprodução do inseto, acarretando em redução do dano à planta. Os efeitos indiretos do silício podem ser considerados como o atraso da penetração do inseto na planta. 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 pragas (KVEDARAS *et al.*, 2007a)

São inúmeros os estudos que demonstram o aumento de resistência em plantas com silício a insetos herbívoros e outros artrópodes (KVEDARAS & KEEPING, 2007). Almeida *et al.* (2008) em experimento com berinjela e aplicações foliares de silicato de cálcio e fertilizante organomineral, em conjunto ou isoladamente, observaram menores danos causados por ninfas e menor população de *Thrips palmi* (Karny) (Thysanoptera: Thripidae), mostrando possível aumento de resistência das plantas a essa praga, devido à deposição de silicato nos tecidos celulares das plantas. Bassagli *et al* (2005), relatam que a aplicação foliar de silicato de sódio em plantas de trigo reduziu a preferência, a longevidade e a reprodução do pulgão-verde *S. graminum* na cultura. Carvalho (1998) observou que a deposição de silício nas folhas e no caule das plantas de sorgo afetou a preferência e o desenvolvimento do pulgão-verde e também reduziu em quase 50% a sua reprodução. Neri *et al* (2005) verificaram redução na preferência e no dano e aumento da mortalidade de *Spodoptera frugiperda* quando alimentadas com plantas de milho tratadas com silício e lufenuron (regulador de crescimento de insetos). Segundo Balasubramaniam *et al* (2005), a aplicação de metassilicato de sódio resultou no decréscimo da incidência das principais pragas da cultura do arroz. Ao se alimentarem de folhas de milho adubadas com Si, lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) apresentaram acentuado desgaste na região incisora das mandíbulas, devido provavelmente à dificuldade de se alimentar, causando aumento da mortalidade e canibalismo entre as lagartas (GOUSSAIN *et al.*, 2002). Pulgões alimentados com plantas de trigo tratadas com silicato apresentaram menor longevidade e fecundidade, além de reduzida excreção de honeydew, o que serve para indicar menor taxa de ingestão (COSTA *et al*, 2011; MORAES, 2005). Em cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) Stal (Hemiptera: Cercopidae) que ataca cana-de-acúcar causando sérios prejuízos, bastaram duas aplicações

foliares de silicato de potássio para que se observasse a mesma eficiência de controle que os tratamentos químicos e biológicos (WANGEN, 2007). Silva *et al* (2010), em experimento com plantas de batata, sob cultivo orgânico e convencional, tratadas e não tratadas com ácido silícico, observaram menor suscetibilidade ao ataque de insetos quando a cultura foi manejada de forma orgânica nas plantas tratadas com Si. Gomes, *et al* (2009) também trabalhando com batata, verificaram que as plantas adubadas com Si apresentaram menos número de injúrias foliares provocadas por *Diabrotica speciosa* e *Liriomyza spp* em relação à testemunha, independente da forma de aplicação e da fonte de Si. Em plantas de crisântemo, a aplicação de silicato de potássio aumentou a resistência das plantas ao ataque da mosca minadora, diminuindo também a incidência de adultos (PARRELA & COSTAMAGNA, 2006).

Freitas *et al* (2012), analisando o efeito do silício na preferência alimentar, mortalidade e desgaste de mandíbula de *Plutella xylostella*, constatou que a utilização do silício na superfície das folhas interfere na preferência alimentar da praga, aumenta o desgaste da mandíbula e conseqüentemente a mortalidade pelo fato da mesma não conseguir se alimentar, sendo a adubação com silício indicada como ferramenta no manejo integrado de pragas

OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto do silício como ferramenta auxiliar no manejo integrado da traça-das-crucíferas em plantas de repolho e seu potencial como parte integrante de um sistema produtivo de baixo impacto ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da adubação com silício na incidência de *P. xylostella* em plantas de repolho;
- Avaliar o efeito da adubação com silício na produtividade do repolho cultivar Kenzan;
- Determinar a composição centesimal e algumas características físico-químicas de repolho adubado com silício;
- Determinar o teor foliar de macro e micronutrientes, o balanço nutricional e a correlação com os danos causados pela traça;

- Avaliar a existência de alterações anatômicas em plantas de repolho em função da aplicação de silício;
- Avaliar o uso do silício como parte integrante de um programa de manejo integrado de *P. xylostella*.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHUJA I, DE VOS RC, BONES AM, HALL RD. **Plant molecular stress responses face climate change**. Trends Plant Science. 2010 p.664–674

ALMEIDA, G.D.; PRATISSOLI, D.; HOLTZ, A.M.; VICENTINI, V.B. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **IDESIA**, Chile, v.26, n.1, p.29-32, 2008.

ARAGÃO, F. A. S. DE.; FEITOSA, F. A. A.; MORAES, C.A. P.; CORREA, M. C. DE M. Sistema de produção de repolho utilizando TNT como mulching e manta. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/237.pdf>. Acesso em: 25 set. 2009.

BALASUBRAMANIAM, P.; SUBRAMANIAM, S.; CHANDRAMANIAN, P. Influence of silicon sources on the incidence of major rice pests. In: **SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE**, 3., 2005, Uberlândia. Anais..., Uberlândia: UFU/ICIAG, 2005. 152 p.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; FAGERIA, N.K.; DATNOFF, L.E. & SILVA, O.F. **Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.325-30, 2001.

BASAGLI, M. A. B.; MORAES, J. C.; CARVALHO, G. A.; ECOLE, C. C.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. de C. R. **Effect of Sodium Silicate Application on the Resistance of Wheat Plants to the Green-Aphids Schizaphis graminum (Rondani) (Hemiptera: Aphididae)**. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 659-663. 2003.

BATISTA-FILHO, A.; ALMEIDA, J.E.M.; LAMAS, C. **Effect of thiamethoxam on entomopathogenic microorganisms**. *Neotropical Entomology*, p. 437-447. 2001.

BRASIL DECRETO Nº 2954. Aprova o regulamento da lei nº 6894 de 16 de janeiro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Normas jurídicas** (Texto Integral) – DEC 004954, 14 jan. 27 p. 2004.

CARVALHO, P.G.B.; MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L.; FONSECA, M.E.N. Hortaliças como alimentos funcionais. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.

CARVALHO, S. P. **Efeito do silício na indução de resistência do sorgo ao pulgão verde Schizaphis graminum (Rond.) (Homoptera: Aphidae)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1998.

CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P.S.T. **Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.3, p. 410-415, 2002.

- CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M.A. **Impacto de inseticidas sobre parasitóides da traça-das-crucíferas em repolho no Distrito Federal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 7-13, jan. 2001.
- CHARLESTON, D. S. & R. KFIR. **The possibility of using Indian mustard, *Brassica juncea*, as a trap crop for the diamondbackmoth, *Plutella xylostella*, in South Africa.** *Crop Protection*. p. 455-460, 2000.
- CHENG L.; YU, G, CHEN, Z.; LI, Z. **Insensitive acetylcholine receptor conferring Resistance of *Plutella xylostella* to nereistoxin insecticides.** *Agricultural Sciences in China*, v. 7, p. 847-852, 2008.
- COSTA RR, MORAES JC. **Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl na resistência de plantas de trigo ao *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae).** *Neotropical Entomology*, v.35, p.834–839. 2006.
- CREMA, A.; CASTELO BRANCO, M. **Impacto da temperatura e fotoperíodo no desenvolvimento ovariano e oviposição de traça-das-crucíferas.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.305-308, abril-junho 2004.
- CZEPAK, C., P.M. FERNANDES, H.G. SANTANA, F.S. TAKATSUKA & C.L. ROCHA. **Eficiência de inseticidas para o controle de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) na cultura do repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata*).** *Pesquisa Agropecuária Tropical*.v.35, p.129 131, 2005.
- DATNOFF LE, SNYDER GH, KORNDÖRFER GH. **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier, p. 403. 2001.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, F. H.; KORNDÖRFER, G. H.(Eds.). **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2001.
- DIAS DGS; SOARES CMS; MONNERAT RG. **Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle de traça-das-crucíferas em couve-flor no Distrito Federal.** *Horticultura Brasileira* v.22, p.387-390, 2004.
- EPSTEIN E, BLOOM AJ. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.** Sinanuer Associates. 400p. 2005.
- EPSTEIN E. **Silicon: its manifold roles in plants.** *Annals of Applied Biology*, 155, p.115-16, 2009.
- ESSER, K.B. **Can the application of fused calcium silicate to rice contribute to sustained yields and higher pest resistance?** *Outlook Agriculture*, Biggleswade, v.31, n.3, p.199-201, 2002.
- FERRADEIRA, I. S. **Levantamento do uso da pomada de *Brassica sp* pela população de Governador Valadares.** Trabalho de monografia: Univale/ Faculdade de Ciências Educação e Letras, 86p. 2003.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 412p. 2008.

GALLO, D. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ-SP. 2002.

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

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, N. 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*, p.306-310. 2002.

HODSON, M. F., WHITE, P. J., MEAD, A., BROADLEY, M. R. **Phylogenetic variation in the silicon composition of plants**. *Annals of Botany*, London, v. 96, p. 1027-1046, 2005.

HUNT, J. W. et al. **A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory**. *Annals of Botany*, Oxford, v. 102, n. 4, p. 653-656, 2008.

IMENES, S. D. L. **Avaliação da atratividade de feromônio sexual sintético da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), em cultivo orgânico de repolho**. Arquivos do Instituto Biológico., São Paulo, v.69, n.1, p.81-84, jan./mar., 2002.

KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. **Calcium silicate enhances resistance of sugarcane to the African stalk borer *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera: Pyralidae)**. *Agricultural and Forest Entomology*, London, v. 4, n. 4, p. 265-274, Oct. 2002.

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

KORNDÖRFER, G. H. **Elementos benéficos**. In: FERNANDES, M. S., ed. *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 355-374. 2006.

KVEDARAS, O. L.; KEEPING, M. G. **Silicon impedes stalk penetration by the borer**. 2007.

LANA, M. M.; TAVARES, S. A., editores técnicos. **50 hortaliças: como comprar, conservar e consumir**. Brasília. DF: Embrapa Hortaliças, 2010.

LIANG, G. M., CHEN, W.; LIU, T. X. **Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae)**. *Crop Protection*. v.22: p.333-340. 2003.

LIMA FILHO, O. F. **Silício: produtividade com qualidade na lavoura**. *Revista Terra*. Dourados, p.28-29. 2002.

LIMA FILHO, O. F. **O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/artigos/folder.2005> - artigo *Review of recent research*. Revista IL RISO v.28, p.235-253, 2005. Acesso em 14/05/2014.

LUZ, F. J. F.; SABOYA, R. C. C.; PEREIRA, P. R. V. S. **O cultivo do repolho em Roraima**. Roraima: Embrapa Roraima (Circular Técnica 07). 2002.

MA, J. F.; TAKAHASI, E. **Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan**. Elsevier Science, Amsterdam, 2002.

MA, J. F.; YAMAJI, N. **Silicon uptake and accumulation in higher plants**. *Plant Science*, v.11, p.392-397. 2006.

MA, J. F.; MIYAKE, Y.; TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plant**. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H., eds. *Silicon in agriculture*. Amsterdam, Elsevier Science, p.17-39, 2001.

MATICHENKOV, V.V.; BOCHARNIKOVA, E. A. **The relationship between silicon and soil physical and chemical properties**. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. (Ed). *Silicon in agriculture*. Amsterdam: Elsevier, p.133-147. 2001.

MEDEIROS, P. T., DIAS, J. M. C. S., BARRETO, E. G., SILVEIRA, C. M. S.; MONNERAT, R. G. **Susceptibilidade da traça-das-crucíferas a produtos formulados a base de *Bacillus thuringiensis* na cultura do repolho no Distrito Federal**. Brasília, Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 10p. (Comunicado Técnico 109). 2004.

MEDEIROS, P. T; SONE, E. H.; DIAS, J. M. C.; MONNERAT, R. G. **Avaliação de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* no controle da traça-das-crucíferas**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.24, n.2, p.245-248, abr-jun, 2003.

MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E. F.; JHAM, N. G.; ATTYGALLE, A.; SVATOŠ, A.; MEINWALD, J. **Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) using synthetic sex pheromone**. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v.11, p.621-628. 2000.

MITANI, N.; MA, J. F. **Uptake system of silicon in different plant species**. *Journal of Experimental Botany*, v.56, p.1255-1261. 2005.

MONNERAT, R. G.; LEAL-BERTIOLI, S. C. M.; BERTIOLI, D. J.; BUTT, T. M.; BORDAT, D. **Caracterização de populações geograficamente distintas da traça-das-crucíferas por susceptibilidade ao *Bacillus thuringiensis* Berliner e RAPD-PCR**. *Horticultura Brasileira* 22: 607-609, 2004.

MONNERAT, R. G. **Biology of *Diadema* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), a Parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island**. *Neotropical Entomology*, v. 31, n. 2, April-June 2002.

MORAES, J. C.; FERREIRA, R. S.; COSTA, R. R. **Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1260-1264, 2009.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. **Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon.** *Ciência e Agrotecnologia*, 29, 761-766. 2005.

MUSSURY, R. M.; FERNANDES, W. D.; SCALON, S. P. Q. **População de *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) e *Plutella xylostella* Linnaeus, 1758, associada a *Brassica napus* L. em função de dois métodos de captura.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 26, n. 5, p. 993-998, 2002.

NERI, D. K. P.; GOMES, G. B.; COSTA, R. R.; MORAIS, J. C. **Effects of silicon on corn resistance to fallarmyworm *Spodoptera frugiperda*(J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its interaction with insect grow regulation.** In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. Anais..., Uberlândia: UFU/ICIAG, 152 p, 2005.

OLIVEIRA, A. T.; JUNQUEIRA, A. M. R.; FRANÇA, F. H. **Impacto da irrigação por aspersão convencional na dinâmica populacional da traça-das-crucíferas em plantas de repolho.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 18, p. 37-40, 2000.

PRADO, R. M. **Resposta da cultura da cana-de-açúcar à aplicação de escória silicatada como corretivo de acidez do solo.** Universidade Estadual Paulista, 97p. (Dissertação de mestrado) 2000.

PRATISSOLI, D; FERREIRA, F. F; BARROS, R; PARRA, J. R. P; FERREIRA, C. L. T. **Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos da traça-das-crucíferas sob diferentes temperaturas.** *Horticultura brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.754-757, out-dez. 2004.

SANTOS, J. R.; NUNES, M. U. C.; SOUZA, R. A.; SOUZA, I. M.; TAVARES, F. A.; SOUZA, F. H. O. **Desenvolvimento de mudas de repolho sob o efeito de fertilizantes de solubilidade lenta.** VI Encontro nacional sobre substratos para plantas materiais regionais como substrato. Fortaleza, CE. 2008.

SAVANT, N. K.; KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H. **Silicon nutrition and sugarcane production: A review.** *Journal of Plant Nutrition*, v.22, p.1853–1903, 1999.

SILVA, V. F.; MORAES, J. C.; MELO, B. A. **Influence of silicon on the development, productivity and infestation by insect pests in potato crops.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.6, p.1465-1469, nov./dez., 2010.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto.** Circular Técnica IPEF. N.200, p.1-13. 2003.

SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; ROCHA, S. L.; DE SÁ, V. G. M.; SERRÃO, J. E. **Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil.** *Phytoparasitica*, v35, p.314-318, 2007.

THULER, R. T.; BORTOLI, S. A.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. **Classificação de cultivares de brássicas com relação à presença de glucosinolatos.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. V.42, n.4, p.467-474 abr. 2007.

VEIGA, E. A. S. **Projeto de implantação/implementação para avaliação, acompanhamento e tratamento de portadores de feridas.** Prefeitura Municipal de Governador Valadares – MG. 2005.

VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A.; MONNERAT, R. G.; FRANÇA, F. H. **Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas e impactos sobre a população natural de parasitóides.** *Horticultura brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.696-699,out-dez, 2004.

WANGEN, D. R. B. **Silício na produtividade e no controle da cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* Stal em cana-de-açúcar.**66 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

ZSOLDOS, F.; VASHEGYI, A.; PECSVARADI, A.; BONA, L. **Influence of silicon on aluminium toxicity in common and durum wheats.** *Agronomie*, v. 23, p. 349–354, 2003.

ZUCCARINI, P. **Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress.** *Biologia plantarum* , v. 52, n. 1, p. 157-160, 2008.

CAPÍTULO I

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE SILÍCIO NOS DANOS CAUSADOS POR *Plutella xylostella* E NA PRODUÇÃO DA CULTURA DO REPOLHO

RESUMO

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES FONTES E FORMAS DE APLICAÇÃO DE SILÍCIO NOS DANOS CAUSADOS POR *Plutella xylostella* E NA PRODUÇÃO DA CULTURA DO REPOLHO.

A traça-das-crucíferas é a principal praga do repolho chegando a causar grandes perdas de produção. O uso de produtos químicos para controle ainda é o mais comum, mas apresenta vários problemas como o aparecimento de insetos resistentes. Mesmo não sendo considerado um elemento essencial para as plantas, a adubação com silício vem trazendo muitos benefícios, principalmente, no manejo de pragas. Este trabalho avaliou o efeito da adubação com silício na densidade de lagartas e no nível de injúria causado à cultura do repolho, bem como os efeitos na produção. Os experimentos foram realizados na Fazenda Água Limpa – UnB nos anos de 2011 e 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições e sete tratamentos, incluindo a testemunha sem silício - ASS1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação de agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de forma parcelada (metade no plantio e metade em cobertura); ASF1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias. Constatou-se que nos tratamentos onde o silício foi aplicado diretamente nas folhas foram observados os menores valores de densidade de lagartas e nível de injúria da traça, além de incremento na produção pela obtenção de cabeças com maior massa fresca, dentro dos padrões de comercialização.

Palavras-chave: Brássicas, traça-das-crucíferas, manejo integrado de pragas, adubação, silício, produção.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT SOURCES AND APPLICATION FORMS OF SILICON ON *Plutella xylostella* INJURIES AND IN THE PRODUCTION OF CABBAGE.

The diamondback moth is the most important pest of cabbage and responsible for major production losses. Chemical substances are common as control, but its use results in several problems, such as insect resistance. Currently, several studies have been conducted regarding the use of silicon in agriculture. Although not considered an essential element, fertilization with silicon has many benefits especially regarding pest management. This study evaluated the effect of silicon fertilization on density of larvae, level of injury and cabbage production. The experiments were carried out at Fazenda Agua Limpa – UnB during the years of 2011 and 2012. The experimental design was randomized blocks with five replicates and seven treatments including the untreated control silicon - ASS1: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si) in the soil, applied once before planting; ASS2: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si) in the soil, applied in installments (half at planting and half in coverage); ASF1: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si once every seven days; ASF2: fertilization agrosilício ® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si twice every seven days; Sifol ® (12 % Si) 1 : solution Sifol ® (foliar silicon) 3% foliar application once every seven days; Sifol ® (12 % Si) 2: solution Sifol ® (foliar silicon) 3% applied twice every seven days. It was observed that the treatments where silicon was applied directly to the leaves showed smaller density of larvae and level of injury of diamondback moth and higher production compared to other treatments. The fresh matter obtained was within commercial pattern intervals.

Keywords: Brassica, diamondback moth, integrated pest management, fertilization, silicon, production.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as variedades botânicas pertencentes à espécie *Brassica oleracea*, o repolho é a de maior expressão econômica na produção mundial e brasileira (BRACKMANN *et al.*, 2003). Por sua importância em grande parte do território nacional, o cultivo de repolho concentra-se em cinturões verdes próximos às capitais e nas regiões serranas, sendo cultivada tanto pela agricultura familiar quanto por grandes produtores de hortaliças (ARAGÃO *et al.*, 2009). O cultivo de repolho está em expansão e modernização, buscando sempre maior produtividade e qualidade para atender às demandas do mercado, gerando assim maior preocupação com o controle de pragas que podem causar reduções significativas na qualidade do produto final (CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002).

A traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), em seu estágio larval, causa grandes prejuízos à cultura do repolho, provocando danos às plantas e tornando-as inviáveis para comercialização (BOIÇA JUNIOR *et al.*, 2005), é considerada a praga chave desta cultura (CASTELO BRANCO *et al.*, 2001; LIANG *et al.*, 2003; SARFRAZ *et al.*, 2005) e tem sido controlada com intensas aplicações de inseticidas (CASTELO BRANCO *et al.*, 2003; THULER, 2003; DIAS *et al.*, 2004). Entretanto, o uso frequente de produtos químicos pode ser prejudicial para o controle biológico natural, gera produção de alimentos com altos níveis de resíduos tóxicos, contaminação ambiental e risco de indução de resistência em insetos (CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002; MEDEIROS *et al.*, 2005), além do alto custo, podendo representar até 50% dos custos de produção (PICANÇO *et al.*, 2000). Nesse contexto se faz necessário a avaliação de estratégias de manejo alternativas para o controle de *P. xylostella* que possibilitem o desenvolvimento de programas de manejo integrado (SARFRAZ *et al.*, 2005).

Embora o silício não seja considerado essencial para a maioria das plantas (EPSTEIN, 1999), a aplicação de silicatos pode favorecer o crescimento e a produção, além de aumentar a resistência das plantas às pragas. Isso acontece devido a mudanças que ocorrem no padrão de crescimento, na morfologia, na anatomia e na composição química das mesmas, o que pode ser caracterizado pela sua capacidade de acumulação na parede celular (COSTA & MORAES, 2006) aumentando a lignificação e a síntese de compostos fenólicos (CHERIF *et al.*, 1992), além de modificações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, ativando as defesas químicas endógenas das plantas (MARSCHNER, 1995; GOMES *et al.*, 2005). Pode também agir de forma localizada, como ácido monossilícico, e

promover reações de defesa em células induzidas com contribuição para o sistema de resistência através do aumento na produção de hormônios (FAUTEUX *et al.*, 2005).

O uso de silício no controle de insetos desfolhadores ocorre devido às mudanças anatômicas nos tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas, em decorrência da deposição de sílica na parede celular das mesmas, resultando na formação de uma barreira mecânica (GOUSSAIN *et al.*, 2002; SILVEIRA & HIGAHASHI, 2003; KVEDARAS *et al.*, 2009).

Diante dos fatos expostos, o objetivo deste trabalho foi investigar o efeito do uso da adubação com diferentes fontes de silício e formas de aplicação na incidência e injúria de *Plutella xylostella*, bem como na produção de repolho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília, localizada em Brasília – DF, no período de agosto a novembro dos anos de 2011 e 2012. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de 2,80m de comprimento por 2,40m de largura utilizando-se a cultivar de repolho Kenzan, abrangendo uma área total de 6,72m². O espaçamento foi de 0,4 x 0,8m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com sete tratamentos: ASS1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação de agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de forma parcelada (metade no plantio e metade em cobertura); ASF1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de silício). Todos os tratamentos em cinco repetições.

O solo utilizado para o experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa. A área utilizada possui um histórico de cultivo de hortaliças, porém encontrava-se em repouso há aproximadamente um ano. Antes da realização do plantio foi feita a análise do solo que apresentou as seguintes características: pH (H₂O) = 5,5; P disponível = 2290 mg dm⁻³; K⁺ = 0,35 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; Al trocável = 0,4 cmol_c dm⁻³; Matéria Orgânica = 43,3 g.kg⁻¹; SB = 1,23; CTC = 8; Saturação por base = 16; Si disponível = 11,9 mg dm⁻³.

As aplicações foliares foram iniciadas 15 dias após o plantio definitivo e realizadas sempre no período da manhã com pulverizador costal com capacidade para 20 litros, dotado de bico do tipo cônico nº 3. As pulverizações foram realizadas de forma que todas as folhas fossem cobertas até o escorrimento da calda. Foram realizadas oito aplicações de agrosilício[®] e sifol[®] nos tratamentos com uma aplicação por semana e dezesseis aplicações nos tratamentos com duas aplicações por semana durante o ciclo da cultura. As pulverizações foram encerradas quando as plantas se encontravam com a cabeça completamente formada e próxima à colheita.

Nos tratamentos com a adubação de agrosilício[®] no solo, foram aplicados 6,35 t/ha⁻¹ sendo que nos tratamentos em que o agrosilício[®] foi parcelado aplicou-se metade dessa quantidade no plantio e metade em cobertura trinta dias após o transplante. As quantidades de agrosilício[®] no solo foram calculadas de acordo com poder corretivo desse produto até que se elevasse a saturação por bases para 70%. Os tratamentos que não receberam agrosilício[®] no solo, visto que este produto também possui efeito corretivo, receberam calcário dolomítico para elevar a saturação por bases para 70%, conforme recomendado por Filgueira (2003) para a cultura do repolho. Foi realizada adubação em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, com esterco bovino de curral curtido na proporção de 3kg/m² de acordo com a recomendação feita por Novais *et al.*, (2007) para hortaliças folhosas e com termofosfato Yoorin[®] (200g/m²). A análise do esterco bovino (base seca) revelou: P = 0,72 %; K = 1,06%; N = 1,75 %; Matéria Orgânica = 53,8 % e relação C:N = 17:1.

A semeadura da cultura foi feita em bandejas de polipropileno e o transplântio das mudas foi realizado aos 25 dias após a semeadura. A irrigação foi feita por gotejamento quatro a cinco vezes por semana e a capina foi realizada com enxada quinzenalmente. Não foram utilizados produtos fitossanitários no decorrer do experimento. As avaliações tiveram início uma semana após a primeira aplicação de silício via foliar, 28 dias após o transplântio.

Para avaliação da presença do inseto *P. xylostella* foram realizadas amostragens semanais contando-se o número de perfurações e larvas nas quatro folhas centrais do repolho em dez plantas por parcela. No momento da colheita, as plantas foram avaliadas de forma indireta observando-se os danos causados pela praga segundo escala de notas proposta por Castelo Branco *et al.* (1998) onde: nota 1 é igual a cabeça sem perfurações ou com perfurações muito pequenos – comercial; nota 2 é igual a cabeça com perfurações médio – comercial; nota 3 é igual a cabeça com perfurações grandes – não comercial; nota 4 é igual a cabeça totalmente danificada – não comercial).

As plantas também foram avaliadas quanto à produção comercial, considerando-se o peso da massa fresca e circunferência da cabeça.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo que para os dados relacionados ao número de lagartas e perfurações por plantas a análise foi efetuada como parcelas repetidas no tempo, sendo levado em consideração o efeito dos tratamentos e da interação entre os tratamentos e as datas de avaliação. Todas as

análises foram realizadas utilizando-se o software computacional Sisvar (FERREIRA, 2003). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de número de perfurações e larvas nas quatro folhas centrais não apresentaram distribuição normal e foram transformados para raiz quadrada de $x+1$ antes de serem submetidos à análise de variância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade de lagartas nas folhas

Embora a incidência de lagartas de *P. xylostella* observadas na área experimental tenha sido baixa, foram observadas interação entre os tratamentos e datas de avaliação, tanto em 2011 quanto em 2012, para o número de lagartas presentes nas quatro folhas centrais de 10 plantas de repolho.

Para o primeiro ano de cultivo houve interação significativa ($p>0,05$) aos 37 e 51 dias após o transplântio (DAT)(Tabela 1). A menor média de lagartas por planta aos 37 dias foi observada no tratamento Sifol[®] 1 (1,22 lagartas/planta). A testemunha apresentou a maior média (1,56 lagartas/planta) se igualando estatisticamente aos tratamentos com aplicação de agrosilício[®] no solo. Aos 51 DAT observou-se que a menor média foi observada novamente no tratamento Sifol[®] 1 (1,12 lagartas/planta) e a maior média na testemunha (2,08 lagartas/planta). O silício aplicado via foliar por meio do produto Sifol[®], uma vez a cada sete dias, apresentou efeito supressor na incidência da praga.

Para o segundo ano, houve interação significativa ($p>0,05$) para número de lagartas aos 58, 65 e 72 DAT. A menor média de lagartas nas folhas aos 58 DAT foi observada no tratamento com aplicação de Sifol[®] duas vezes por semana (1,25 lagartas/planta) e a maior média foi observada na testemunha (1,62 lagartas/planta). Resultado semelhante foi observado para 65 e 72 DAT onde foi constatado que novamente o tratamento com Sifol[®] 2 apresentou as menores médias de lagartas por planta e a testemunha, seguida pelos tratamentos com aplicação de agrosilício[®] no solo, apresentou as maiores médias. No segundo ano se repete o efeito supressor do Sifol[®] sobre a praga, um indicativo de que o silício aplicado via foliar apresenta maior eficiência de controle do inseto.

Tabela 1. Densidade de lagartas de *Plutella xylostella* por data de amostragem em repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício

2011							
Tratamento	30 DAT	37 DAP	44 DAP	51 DAP	58 DAP	65 DAP	72 DAP
ASS 1	1,31 a	1,52 b	1,20 a	1,59 b	1,20 a	1,30 a	1,23 a
ASS 2	1,31 a	1,53 b	1,19 a	1,31 a	1,15 a	1,31 a	1,30 a
ASF 1	1,30 a	1,23 a	1,21 a	1,22 a	1,22 a	1,33 a	1,31 a
ASF 2	1,26 a	1,27 a	1,19 a	1,22 a	1,19 a	1,26 a	1,31 a
Sifol 1	1,23 a	1,23 a	1,15 a	1,12 a	1,07 a	1,21 a	1,17 a
Sifol 2	1,21 a	1,22 a	1,03 a	1,20 a	1,14 a	1,23 a	1,21 a
Sem Si	1,35 a	1,56 b	1,28 a	2,08 c	1,62 a	1,35 a	1,35 a
CV %	9,89	17,99	14,16	19,43	22,05	10,50	11,26
2012							
ASS 1	1,36 a	1,35 a	1,17 a	1,35 a	1,20 a	1,48 a	1,29 a
ASS 2	1,36 a	1,31 a	1,03 a	1,31 a	1,22 a	1,69 b	1,21 a
ASF 1	1,26 a	1,31 a	1,00 a	1,39 a	1,14 a	1,73 b	1,49 b
ASF 2	1,27 a	1,23 a	1,36 a	1,30 a	1,15 a	1,42 a	1,50 b
Sifol 1	1,23 a	1,21 a	1,20 a	1,20 a	1,19 a	1,27 a	1,31 a
Sifol 2	1,25 a	1,30 a	1,14 a	1,21 a	1,07 a	1,25 a	1,17 a
Sem Si	1,28 a	1,26 a	1,19 a	1,26 a	1,62 b	1,96b	1,63 b
CV %	8,30	9,89	23,44	22,05	9,89	21,64	16,00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 1: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 2: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

3.2 Número de perfurações causados por *P. xylostella*

Foi observada interação significativa entre os tratamentos e datas de avaliação para o número de perfurações de *P. xylostella* em plantas de repolho em 2011 e 2012.

No primeiro ano de cultivo houve diferença significativa entre os tratamentos aos 37 e 51 DAT. A maior média de perfurações nas quatro folhas centrais, aos 37 DAT, foi observada na testemunha (2,54 perfurações/planta), seguida pela média do tratamento com aplicação de agrosilício® no solo por ocasião do plantio (2,40 perfurações/planta) (tabela 2). O tratamento com aplicação de Sifol® duas vezes por semana apresentou a menor média (1,57 perfurações/planta) igualando-se estatisticamente aos demais tratamentos. Aos

51 DAT observou-se que mais uma vez a testemunha obteve maior média de perfurações (2,96 perfurações/planta) e o menor valor foi encontrado no tratamento com Sifol[®] aplicado nas folhas duas vezes por semana (1,73 perfurações/planta).

No segundo ano de cultivo, foram observadas diferenças estatísticas para o número de perfurações nas duas últimas datas de avaliação, 65 e 72 DAT. Aos 65 DAT verificou-se que o tratamento testemunha, sem aplicação de silício, apresentou maior média de perfurações (5,00 perfurações/planta) e o menor valor foi observado no tratamento com aplicação do produto Sifol[®], uma vez por semana, (1,93 perfurações/planta).

Tabela 2. Número de perfurações causados por *Plutella xylostella* por data de amostragem em repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício

2011							
Tratamento	30 DAP	37 DAP	44 DAP	51 DAP	58 DAP	65 DAP	72 DAP
ASS 1	1,17 a	2,40 b	2,61 a	2,01 a	2,66 a	1,17 a	1,17 a
ASS 2	1,20 a	1,60 a	2,12 a	2,01 a	2,18 a	1,14 a	1,20 a
ASF 1	1,14 a	1,64 a	2,08 a	2,09 a	2,17 a	1,20 a	1,19 a
ASF 2	1,36 a	1,84 a	2,22 a	2,05 a	2,25 a	1,19 a	1,14 a
Sifol 1	1,03 a	1,59 a	2,03 a	1,75 a	1,76 a	1,03 a	1,03 a
Sifol 2	1,00 a	1,57 a	1,83 a	1,73 a	2,17 a	1,05 a	1,00 a
Sem Si	1,19 a	2,54 b	2,36 a	2,96 b	2,54 a	1,36 a	1,38 a
CV %	23,44	30,86	25,80	26,27	25,49	23,06	23,44
2012							
ASS 1	1,43 a	1,44 a	2,65 a	2,66 a	1,17 a	3,49 b	3,23 b
ASS 2	1,03 a	1,34 a	2,14 a	2,18 a	1,03 a	3,61 b	3,63 b
ASF 1	1,00 a	1,25 a	2,08 a	2,17 a	1,00 a	3,95 b	4,08 b
ASF 2	1,29 a	1,48 a	1,83 a	1,76 a	1,36 a	3,20 b	4,02 b
Sifol 1	1,06 a	1,22 a	1,64 a	2,25 a	1,20 a	1,93 a	1,46 a
Sifol 2	1,17 a	1,30 a	2,65 a	2,03 a	1,14 a	2,59 a	2,36 a
Sem Si	1,77 a	2,27 a	3,14 a	2,54 a	1,19 a	5,00 c	3,90 b
CV %	29,17	19,77	23,58	25,49	23,44	27,02	43,21

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

3.3 Nota atribuída às plantas de repolho na colheita em função da injúria causada por *P. xylostella*

Para as notas atribuídas às plantas de repolho na colheita, observou-se diferença estatística entre os tratamentos no primeiro ano de avaliação. A aplicação de silício via foliar reduziu de forma significativa a nota atribuída às plantas de repolho em função do menor nível de injúria.

Não houve registro de plantas com notas 3 e 4 (consideradas comercialmente inviáveis) em nenhum dos tratamentos, considerando-se a escala de notas proposta por Castelo Branco *et al* (1996) em 2011 e 2012.

Tabela 3. Nota atribuída às plantas de repolho no momento da colheita de acordo com o nível de injúria causada por *Plutella xylostella* em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício

Tratamento	Nota	
	2011	2012
ASS 1	1,80 b	1,40 a
ASS 2	2,00 b	1,40 a
ASF 1	1,20 a	1,40 a
ASF 2	1,20 a	1,60 a
Sifol 1	1,20 a	1,20 a
Sifol 2	1,20 a	1,60 a
Sem Si	2,20 b	2,20 a
CV (%)	38,34	35,50

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

Com a aplicação de silício via foliar, observou-se menor número de lagartas, menor número de perfurações e menor nota, um reflexo da redução da incidência da praga nos tratamentos com Sifol[®], seja o produto aplicado semanalmente ou duas vezes por semana.

Tais resultados podem ser explicados pelo fato de dicotiledôneas como o repolho serem consideradas não acumuladoras ou acumuladoras intermediárias de silício. Para plantas pertencentes a esse grupo é mais difícil absorver e translocar o silício até as folhas, resultando em maior eficiência da aplicação foliar. Após a absorção do silício por dicotiledôneas, a redistribuição na planta é muito baixa (DATNOFF *et al.*, 2001; MALAVOLTA, 2006). De acordo com Jones & Handreck (1967), depósitos radiculares de

silício foram detectados principalmente em dicotiledôneas, nas quais o teor de Si nas raízes era relativamente alto em relação à parte aérea.

Segundo Faquim (2005), soluções são absorvidas com facilidade pela cutícula das folhas e o produto Sifol[®] aplicado na superfície foliar das plantas de repolho possivelmente atravessou a cutícula e ocupou os espaços intercelulares. Dessa forma, algumas pesquisas têm demonstrado que o fornecimento de Si mediante pulverização foliar tem sido alternativa viável para o seu fornecimento às plantas, suprimindo a necessidade do elemento e ou estimulando seus efeitos benéficos (BUCK *et al.*, 2008).

O produto aplicado nas folhas teria agido pela polimerização dos compostos de silício na parede celular das folhas, aumentando a rigidez dos tecidos e dificultando assim a alimentação das lagartas (GOSSAIN *et al.*, 2002). Inúmeros trabalhos nos quais o silício foi aplicado diretamente nas folhas das plantas demonstraram diminuição na densidade de insetos devido às alterações em suas características biológicas (KVEDARAS *et al.*, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2008; CAMARGO *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2009; FREITAS *et al.*, 2012), estando de acordo com os resultados deste estudo. Segundo Silva *et al.* (2005), os insetos podem ter dificuldades de ovipositar sob células silicificadas, diminuindo assim a herbivoria.

Freitas *et al.* (2013), avaliando a influência da adubação com nitrogênio, potássio e silício na cultura do repolho, não observou diferença significativa na média de notas atribuídas no momento da colheita, porém o tratamento com aplicação foliar de 3kg de silício por hectare apresentou as menores notas.

3.4 Matéria fresca e circunferência da cabeça de repolho

Observou-se diferença significativa nas características agronômicas apenas no segundo ano de cultivo (tabela 4). Para matéria fresca, observou-se que os tratamentos com aplicação de silício no solo apresentaram médias estatisticamente iguais à testemunha e apresentaram os menores valores. Os tratamentos com aplicação de silício foliar apresentaram as maiores médias de matéria fresca, sendo o maior valor observado no tratamento com aplicação de Sifol[®] uma vez por semana (1198,8 g/planta). Para a circunferência observou-se resultados semelhantes sendo que os maiores valores acompanharam os resultados obtidos para peso fresco de cabeça.

Na circunferência da cabeça, os tratamentos com Sifol[®] proporcionaram as maiores médias que diferiram das médias observadas na testemunha e demais tratamentos, no segundo ano de avaliação.

Braga (2009) relata aumento da matéria fresca e seca em plantas de abacaxi na presença do silício. Segundo Korndorfer *et al* (2004), os efeitos do silício no aumento da produção das culturas estão relacionados ao mecanismo de defesa física da planta pela deposição do elemento entre a lamela média e a epiderme da folha, indução de fenóis, que consequentemente estimulam as fitoalexinas, a diminuição do acamamento, redução da transpiração, aumento da capacidade fotossintética dentre outros efeitos. Silveira Junior *et al* (2003) também relatam aumento de produção de colmos em cana-de-açúcar na presença do silício. Em arroz foi observada uma resposta positiva à aplicação de Si, com aumento da massa seca da parte aérea e da produtividade.

Tabela 4. Matéria fresca e circunferência da cabeça de repolho em função das diferentes fontes e formas de aplicação de silício

Tratamento	2011		2012	
	Matéria fresca (g)	Circunferência (cm)	Matéria fresca (g)	Circunferência (cm)
ASS 1	1704,40 a	60,08 a	730,44 a	42,08 a
ASS 2	1636,00 a	60,04 a	770,40 a	43,20 a
ASF 1	1558,00 a	59,08 a	812,80 b	42,04 a
ASF 2	1488,00 a	58,80 a	1075,20 b	48,72 b
Sifol 1	1562,80 a	58,76 a	1198,80 b	48,68 b
Sifol 2	1777,20 a	62,08 a	988,00 b	46,72 b
Sem Si	1325,60 a	59,32 a	728,60 a	42,04 a
CV (%)	20,10	4,77	27,13	9,44

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

3.5 Análise de macronutrientes, micronutrientes e silício foliar

Não foram observadas diferenças entre tratamentos para os teores de macro, micronutrientes e teor de silício. No caso do silício, mesmo com a adição do elemento, via solo e foliar, não houve acréscimo no teor observado nas folhas quando comparado com os teores presentes na testemunha.

Segundo Hodson *et al* (2005) e Ma *et al* (2002), plantas pertencentes à família das brássicas apresentam acúmulo de Si intermediário (2 a 4% de Si). Valor que difere dos teores observados neste experimento que apresentaram resultados abaixo de 2%. No entanto, considerando as limitações do método de extração, é possível que o acúmulo seja duas a três vezes superior ao identificado.

Segundo Buck (2010), dos sete métodos testados para extração de Si em folhas, quando o produto aplicado é sólido, a extração na folha pode alcançar 40% do acumulado na planta. No caso de aplicação de produto líquido, a extração pode chegar a 50% do acumulado na planta, utilizando-se o mais eficiente dos métodos de extração.

Portanto, embora não tenham ocorrido diferenças no teor de Si extraído da folha, nos diferentes tratamentos, a deposição de cristais de quartzo nos tecidos foliares pode variar e ser identificada por métodos de análise diferentes daqueles onde são usados extratores, como é o caso das análises anatômicas.

Tabela 5. Concentração foliar de nutrientes em plantas de repolho cv. Kenzan, em resposta a adubação com silício. Brasília, FAV-UnB, 2014

2011												
Tratamento	Si (%)	N (g/kg)	P (g/kg)	K (g/kg)	Ca (g/kg)	Mg (g/kg)	S (g/kg)	B (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)
ASS 1	1,23 a	31,63 a	4,70 a	36,10 a	8,06 a	2,96 a	17,53 a	33,33 a	35,33 a	59,00 a	20,66 a	3,00 a
ASS 2	1,13 a	33,23 a	4,76 a	35,26 a	8,86 a	3,20 a	16,60 a	33,66 a	37,33 a	54,00 a	19,00 a	3,33 a
ASF 1	1,13 a	36,50 a	5,26 a	38,70 a	10,23 a	3,40 a	17,46 a	40,00 a	33,66 a	60,66 a	18,66 a	3,33 a
ASF 2	1,13 a	30,46 a	4,76 a	35,26 a	7,90 a	3,13 a	16,53 a	33,66 a	36,33 a	58,00 a	17,66 a	3,00 a
Sifol 1	1,30 a	28,63 a	4,90 a	36,23 a	9,16 a	3,30 a	17,70 a	35,00 a	34,00 a	62,33 a	24,00 a	3,00 a
Sifol 2	1,26 a	36,90 a	4,66 a	35,00 a	9,63 a	3,00 a	16,96 a	38,00 a	35,00 a	56,33 a	22,33 a	3,00 a
Sem Si	1,23 a	32,06 a	4,63 a	34,50 a	8,83 a	3,00 a	16,50 a	32,66 a	31,66 a	53,33 a	18,33 a	3,33 a
CV %	7,54	17,39	9,58	9,51	19,55	10,26	7,03	16,74	9,29	14,73	23,01	21,40
2012												
ASS 1	1,20 a	38,53 a	5,53 a	36,00 a	9,06 a	3,33 a	17,96 a	32,33 a	65,00 a	64,00 a	17,66 a	4,00 a
ASS 2	1,10 a	36,23 a	5,90 a	32,66 a	7,30 a	2,60 a	15,80 a	29,66 a	56,33 a	54,66 a	14,66 a	2,66 a
ASF 1	1,20 a	39,93 a	6,40 a	41,43 a	10,56 a	3,76 a	20,36 a	42,00 a	69,66 a	86,00 a	16,33 a	4,33 a
ASF 2	1,23 a	35,30 a	5,50 a	36,70 a	8,06 a	3,30 a	18,13 a	35,66 a	54,66 a	62,66 a	12,33 a	3,33 a
Sifol 1	1,36 a	29,86 a	5,00 a	33,03 a	7,56 a	2,83 a	15,96 a	31,00 a	54,66 a	55,33 a	13,00 a	3,33 a
Sifol 2	1,23 a	39,70 a	5,36 a	37,60 a	8,90 a	3,13 a	17,96 a	39,00 a	57,33 a	74,00 a	16,33 a	5,66 a
Sem Si	1,23 a	40,83 a	5,03 a	34,36 a	7,46 a	2,90 a	16,23 a	34,33 a	48,33 a	51,66 a	14,33 a	2,33 a
CV %	6,30	10,54	15,36	10,40	16,77	14,95	12,75	17,61	21,78	23,90	18,25	43,87

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 1: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 2: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

4 CONCLUSÃO

Nos tratamentos onde o silício foi aplicado nas folhas verificou-se diminuição na densidade de lagartas, diminuição no número de perfurações e aumento da matéria fresca do repolho, embora não tenha sido observada extração superior de Si nestes tratamentos.

O silício apresenta potencial para auxiliar no manejo de *P. xylostella* na cultura do repolho, uma vez que diminui os níveis de injúria causados pelo inseto e contribui para o desenvolvimento fisiológico da planta.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, G. D.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; VICENTINI, V. B.; HOLTZ, A. M.; SERRÃO, J. E. **Calcium silicate and organic mineral fertilizer increase the resistance of tomato plants to *Frankliniella schultzei***. *Phytoparasitica*, v.37, p.225-230. 2009.

ARAGÃO, F. A. S. DE.; FEITOSA, F. A. A.; MORAES, C. A. P.; CORREA, M. C. **Sistema de produção de repolho utilizando TNT como mulching e manta**. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/237.pdf>. Acesso em: 25 set. 2013.

BOIÇA JÚNIOR, A. L., MEDEIROS, C. A. M., TORRES, A. L., CHAGAS FILHO, N. R. **Efeitos de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve**. *Arquivos do Instituto Biológico*. (São Paulo). 72: 45-50, 2005.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; NEUWALD, D. A.; SESTARI, I. **Armazenamento de maçã gala em atmosfera controlada com remoção de etileno**. *Ciência Rural*. Santa Maria, vol.33, p.647-650, 2003.

BUCK, G. B. **Método para determinação de silício solúvel em fertilizantes**. Universidade Federal de Uberlândia, 67 p. (Tese de Doutorado) 2010.

CASTELO BRANCO M.; FRANÇA, F. H.; PONTES, L. A.; AMARAL, P. S. Avaliação da suscetibilidade a inseticidas de populações da traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 3, p. 549-552, 2003.

CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P. S. T. **Inseticidas para controle da traça-das crucíferas: como os agricultores os utilizam no Distrito Federal**. *Horticultura Brasileira*, v.20, n.3, p.410-415, 2002.

CASTELO BRANCO, M.; FRANÇA, F. H.; MEDEIROS, M. A.; LEAL, J. G. T. **Uso de inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e traça-das-crucíferas: um estudo de caso**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 9, p. 60-63, 2001.

CASTELO BRANCO, M.; VILLAS BOAS, G. L. **Traça-das -crucíferas *Plutella xylostella* –Artrópodes de importância econômica**. Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças Brasília-DF. n. 4, p. 1-3, dezembro 1997.

CASTELO BRANCO, M.; VILLAS BOAS, G. L.; FRANÇA, F. H. **Nível de dano de traça-das-crucíferas em repolho**. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.14, n.2, p.154-157, nov. 1996.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. **Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants**. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.41, p.371–385, 1992.

- COSTA, R. R.; MORAES, J. C. **Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl na resistência de plantas de trigo ao *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae).** *Neotropical Entomology*, v.35, p.834–839, 2006.
- DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier, 403p, 2001.
- DIAS, D. G. S.; SOARES, C. M. S.; MONNERAT, R. G. **Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle de traça-das-crucíferas em couve-flor.** *Horticultura Brasileira*, v. 22, n. 3, p. 553-556, 2004.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** *Annual Review of Plant Physiology*, v.50, p.641–664. 1999.
- FAQUIM, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** 100f. Textos acadêmicos - Curso de Pós Graduação “Lato Sensu” (Especialização) a distância Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas do Agronegócio - UFLA/FAEPE, Lavras - MG, 2005.
- FAUTEUX, F.; RÉMUS-BOREL, W.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. **Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi.** *FEMS Microbiology Letters*, 249: p.1-6. 2005.
- FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67).** Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2ª edição revista e ampliada. Viçosa: UFV, 412p, 2003.
- FREITAS, L. M.; JUNQUEIRA, A. M. R.; MICHEREFF FILHO, M. **Potencial de uso do silício no manejo integrado da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, em plantas de repolho.** *Revista Caatinga*, v.25, p.8-13. 2012
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids.** *Scientia Agricola*, v.62, p.547–551, 2005.
- GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, N. L. **Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).** *Neotropical Entomology*, v.3, p.306-310. 2002.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante.** Uberlândia, GPSi-ICIAG-UFU, 34p. 2004.
- KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. **Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*.** *Agricultural and Forest Entomology*, v.11, p.301–306. 2009.
- LIANG, Y. C.; CHEN, Q.; LIU, Q.; ZHANG, W. H.; DING, R. X. **Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots**

of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare*L.). *Journal of Plant Physiology*, v. 160, p. 1157-1164, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Editora Ceres, 443 p. 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2 ed. New York: Academic Press, 887 p, 1995.

MEDEIROS, M. A.; VILLAS BOAS, G. L.; CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N.; VILELA, N. J. **Manejo integrado da traça-do-tomateiro em ambiente protegido.** *Embrapa hortaliças*, Circular Técnica, 36. 10p, 2005.

PICANÇO, M. C.; GUSMÃO, M. R.; GALVAN, T. L. **Manejo integrado de pragas de hortaliças.** In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas.** Viçosa: UFV, 2000. v.2, p.275-324.

SARFRAZ, M.; DOSDALL, L. M.; KEDDIE, B. A. **Spinosad: a promising tool for integrated pest management.** *Outlooks on Pest Management*, 16: 78-84. 2005.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto.** Circular Técnica IPEF. N.200, p.1-13. 2003.

THULER, R. T. **Efeito da bacterização de cultivares de repolho com isolados endofíticos e epifíticos no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L., 1758) (Lepidoptera:Plutellidae).** 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2003.

CAPÍTULO II

**CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL E TEOR
DE VITAMINA C EM REPOLHO (*Brassica
oleracea* var. *capitata*) CULTIVADO COM
SILÍCIO**

RESUMO

CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL E TEOR DE VITAMINA C EM REPOLHO (*Brassica oleracea* var. *capitata*) CULTIVADO COM SILÍCIO.

Dentre as hortaliças, o repolho constitui-se em um alimento de excelente qualidade apresentando teores apreciáveis de cálcio e vitamina C além de propriedades fitoterápicas importantes. É sabido que os nutrientes minerais podem influenciar o complexo nutricional e estrutural da planta e também sua composição físico-química e teores de vitaminas. O silício é considerado um nutriente benéfico para o crescimento e produção de muitas espécies vegetais incluindo o repolho. No que diz respeito a espécies olerícolas os estudos relacionados à sua composição nutricional e físico-química são bem escassos. Nesse sentido o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito da adubação com silício na caracterização centesimal e teor de vitamina C do repolho. Os experimentos foram realizados na Fazenda Água Limpa – UnB nos anos de 2011 e 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições e sete tratamentos, incluindo a testemunha sem silício - ASS1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação de agrosilício[®] (10,5% Si) via solo, aplicado de forma parcelada (metade no plantio e metade em cobertura); ASF1: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação com agrosilício[®] (10,5% Si), via foliar, na proporção de 6 kg.ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias. Constatou-se que a adubação com silício não alterou a maioria das características físico-químicas do repolho sendo observada diferença apenas para acidez titulável e massa seca onde os tratamentos com aplicação foliar de silício tiveram os maiores valores. Também não houve alteração nos teores de vitamina C o que mostra que o silício pode ser aplicado à cultura sem que sejam causadas mudanças prejudiciais no que diz respeito às suas características nutricionais.

Palavras-chave: Adubação silicatada, proteína, cinza, fibra, matéria seca.

ABSTRACT

CENTESIMAL CHARACTERIZATION AND CONTENT OF VITAMIN C IN CABBAGE (*Brassica oleracea* var. *Capitata*) GROWN WITH SILICON.

Among vegetables, cabbage is an excellent food showing substantial amounts of calcium, vitamin C and important medical properties, considered a food of high quality. It is known that mineral nutrients may influence the physico-chemical and nutritional complex structure of the plant and also its composition and content of vitamins. Silicon is considered a beneficial nutrient for the growth and production of many species including cabbage. Regarding the vegetable crops, studies related to their physico-chemical and nutritional values are rare. The objective of this study was to evaluate the effect of silicon fertilization on chemical characterization and vitamin C content of cabbage. The experiments were carried out at Fazenda Agua Limpa – UnB during the years of 2011 and 2012. The experimental design was randomized blocks with five replicates and seven treatments including the untreated control silicon - ASS1: fertilization agrosilício® (10.5 % Si) in the soil, applied once before planting; ASS2: fertilization agrosilício® (10.5 % Si) in the soil, applied in installments (half at planting and half in coverage); ASF1: fertilization agrosilício® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si once every seven days; ASF2: fertilization agrosilício® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si twice every seven days; Sifol® (12 % Si) 1 : solution Sifol® (foliar silicon) 3% foliar application once every seven days; Sifol® (12 % Si) 2: solution Sifol® (foliar silicon) 3% applied twice every seven days. It was observed that silicon fertilization did not change most of the physico - chemical characteristics of cabbage. Difference was observed only for acidity and dry matter where treatments with foliar application had the highest values. No change in vitamin C was observed which shows that silicon can be applied without causing significant changes in relation to the plant nutritional characteristics.

Keywords: Silicon fertilization, protein, ashes, fiber, dry matter.

1 INTRODUÇÃO

As hortaliças são muito recomendadas nas dietas alimentares, uma vez que apresentam baixo valor calórico e alto conteúdo de fibras, vitaminas e sais minerais (OHSE *et al.*, 2009). Dentre as hortaliças folhosas, o repolho é considerado um alimento de excelente qualidade quando se refere a características nutricionais e medicinais. Apresenta alto teor de vitamina C, isotiocianatos, cálcio e magnésio (CARVALHO *et al.*, 2006), também foi usado durante séculos pelos romanos, tanto internamente como externamente por suas propriedades adstringentes e na forma de cataplasmas, no tratamento de feridas (VEIGA, 2005; FERRADEIRA, 2003).

Um dos requisitos de grande importância para a obtenção de um produto com alto valor nutritivo é a fertilização adequada da cultura com nutrientes que sejam essenciais e benéficos à mesma. Segundo Ferreira *et al* (2007), os elementos minerais podem influenciar no complexo nutricional e estrutural das plantas, devido à ação que exercem sobre os processos bioquímicos e fisiológicos, como a atividade fotossintética e a taxa de translocação de fotoassimilados.

O silício está dentre os elementos minerais que atualmente estão sendo muito pesquisados pelos resultados positivos. Este não é considerado um elemento essencial para as plantas (EPSTEIN, 1999), todavia Epstein & Bloom (2006) relatam que plantas que crescem em ambiente rico em Si devem diferir daquelas presentes em ambientes deficientes desse elemento. A ação benéfica do silício tem sido relacionada a vários efeitos indiretos, dentre os quais podemos citar o aumento na capacidade fotossintética, plantas mais eretas, redução da transpiração, aumento da resistência mecânica das células e aumento da absorção e metabolismo de nutrientes (LIMA FILHO, 2005). Para olerícolas os estudos relacionados à sua utilização na nutrição e os efeitos na composição físico-química são praticamente inexistentes.

Em análise de alimentos, a determinação da composição centesimal é de suma importância. Segundo Chaves *et al* (2004), são procedimentos realizados com a finalidade de fornecer informações sobre a composição química de um alimento e podem ser utilizados para a avaliação nutricional e controle na qualidade dos mesmos, além de desenvolvimento de novos produtos e monitoramento da legislação. Segundo o NEPA (Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação) o repolho in-natura possui:

94,7% de umidade; 0,9g de proteína; 1,9g de fibra alimentar; 0,4g de cinzas e 18,7 mg de vitamina C por cada 100g.

A produção quantitativa do repolho sempre foi considerada como principal critério na avaliação do efeito das práticas culturais sobre a cultura, sendo as características físico-químicas pouco consideradas. Com o crescente nível de exigência por parte dos consumidores, os fatores relacionados à qualidade dos alimentos têm ganhado maior ênfase.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar as possíveis mudanças na composição centesimal e no teor de vitamina C do repolho adubado com silício.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental, plantio e colheita

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fazenda Água Limpa, pertencente à Universidade de Brasília, localizada em Brasília-DF, no período de agosto a novembro de 2011 e agosto a novembro de 2012. A parcela experimental foi constituída de quatro fileiras de 2,80m de comprimento por 2,40m de largura utilizando-se a cultivar de repolho Kenzan, abrangendo uma área total de 6,72m². O espaçamento entre plantas foi de 0,40m e entre linhas de 0,80m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso totalizando sete tratamentos, sendo ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício) com cinco repetições.

O solo utilizado para o experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo e sua textura como argilosa. A área utilizada possui um histórico de cultivo de hortaliças, porém encontrava-se em repouso há aproximadamente um ano. Antes da realização do plantio foi feita a análise de solos que apresentou as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,5; P disponível = 2290 mg dm⁻³; K⁺ = 0,35 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; Al trocável = 0,4 cmol_c dm⁻³; Matéria Orgânica = 43,3 g kg⁻¹; SB = 1,23; CTC = 8; Saturação por base = 16; Si disponível = 11,9 mg dm⁻³.

As aplicações foliares foram iniciadas 15 dias após o plantio definitivo e realizadas sempre no período da manhã com pulverizador costal com capacidade para 20 litros, dotado de bico do tipo cônico nº 3. As pulverizações foram realizadas de forma que todas as folhas fossem cobertas até o escoamento da calda. Foram realizadas

oito aplicações de agrosilício[®] e sifol[®] nos tratamentos com uma aplicação por semana e dezesseis aplicações nos tratamentos com duas aplicações por semana durante o ciclo da cultura. As pulverizações foram encerradas quando as plantas de repolho se encontravam com a cabeça completamente formada e em proximidade da colheita.

Nos tratamentos com a adubação de agrosilício[®] no solo, foram aplicados 6,35 t/ha⁻¹ sendo que nos tratamentos em que o agrosilício[®] foi parcelado aplicou-se metade dessa quantidade no plantio e metade em cobertura trinta dias após o transplante. As quantidades de agrosilício[®] no solo foram calculadas de acordo com poder corretivo desse produto até que se elevasse a saturação por bases para 70%. Os tratamentos que não receberam agrosilício[®] no solo, visto que este produto também possui efeito corretivo, receberam calcário dolomítico para elevar a saturação por bases para 70%, conforme recomendado por Filgueira (2003) para a cultura do repolho. Foi realizada adubação em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, com esterco bovino de curral curtido na proporção de 3kg/m² de acordo com a recomendação feita por Novais *et al.*, (2007) para hortaliças folhosas e com termofosfato Yoorin[®] (200g/m²). A análise de esterco bovino (base seca) revelou: P = 0,72 %; K = 1,06%; N = 1,75 %; Matéria Orgânica = 53,8 % e relação C:N = 17:1.

A semeadura foi feita em bandejas de 128 células com duas sementes/célula. O transplante das mudas foi realizado aos 25 dias após a semeadura. A irrigação foi feita por gotejamento quatro a cinco vezes por semana e a capina realizada com enxada a cada quinze dias. Não foram utilizados produtos fitossanitários no decorrer do experimento. A colheita foi de 10 plantas por parcela foi realizada aos 86 dias após o plantio quando as cabeças encontravam-se tenras e bem formadas. As plantas foram pesadas, medidas e cortadas para retirada de amostras para proceder as análises químicas de pH, acidez titulável, teor de proteína, cinzas, fibra bruta, vitamina C e umidade.

As análises de composição química foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimento da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. As análises foram realizadas em triplicata e cada etapa da análise é descrita a seguir.

2.2 pH e Acidez Titulável

Para determinar o pH, foram pesadas 10 gramas de polpa de repolho in-natura e diluídos em 100 ml de água destilada e feita a determinação do pH mediante o uso de pH-metro(DIGIMED[®] modelo DM 21).

Para determinar a acidez total titulável foram adicionados à solução descrita anteriormente três gotas de fenolftaleína a 2% e em seguida foi feita a titulação em NaOH 0,1N (padronizada). Após a mudança de coloração da solução para rósea permanente anotou-se o volume de NaOH gasto. Para calcular a acidez titulável utilizou-se a fórmula a seguir. % Acidez = $V \times F \times 100 / P \times C$, onde:

V = volume de NaOH gasto (ml)

F = fator de correção obtido para padronização do NaOH

P = peso da amostra (g)

C = equivalente grama do ácido.

2.3 Teor de Proteína

No método Kjeldahl determina-se o nitrogênio contido na matéria orgânica, incluindo o nitrogênio protéico propriamente dito e outros compostos nitrogenados não-protéicos. Neste caso, o resultado será dado como proteína bruta (SILVA, 1998).

Segundo JONES (1991), o método Kjeldahl é o mais amplamente adotado e o mais indicado para amostras de origem biológica. Neste método, por meio de uma digestão ácida, o nitrogênio da amostra é transformado em amônio (NH_4^+), o qual é posteriormente separado por destilação e finalmente dosado pela titulação. O método é dividido em três etapas: digestão (nitrogênio orgânico transformado em amônia), destilação (a amônia é separada e recolhida em uma solução receptora) e titulação (determinação quantitativa da amônia contida na solução receptora).

Para medir o teor de proteína, primeiramente pesou-se, em duplicata 0,3g de material moído e seco a 65°C em tubos de digestão previamente identificados e colocou-se em um bloco digestor. Adicionou-se 1,0g de mistura digestora e 3,5ml de H_2SO_4 concentrado. Aqueceu-se a mistura, aumentando a temperatura do bloco digestor de forma gradativa (de 50 em 50°C) até atingir a temperatura de 350°C. A mistura foi mantida no bloco até a coloração verde-claro da solução ser observada, deixou-se as amostras esfriarem por aproximadamente uma hora adicionou-se 10ml de água destilada às amostras.

Destilação e titulação da amostra – a destilação foi feita por arraste a vapor. Para destilar a amostra foram colocados 10,5 ml de hidróxido de sódio no funil do destilador, abrindo-se a torneira e deixando escorrer vagarosamente fechando-a logo em seguida. Ajustou-se um Becker com 7,5ml do indicador (ácido bórico 4%) mais indicador (duas gotas) na saída do gás (amônia). Ligou-se o aquecedor e aguardou-se até que ocorresse a mudança de cor do indicador e apresentasse um volume de 60ml. Atingindo esse volume, retirou-se o Becker e titulou-se o NH₃ recolhido com ácido bórico contido em bureta, até que voltasse à coloração inicial.

Para calcular o teor de proteína bruta utilizou-se a fórmula: $PB = [(N \times \text{fator} \times 0,014 \times V \times 6,25)/P] \times 100$ onde N = normalidade do HCL; fator = fator conhecido do ácido; V = volume de HCL gasto na titulação; 6,25 = fator de conversão; P = peso da amostra em gramas.

O fator 6,25 é normalmente usado para transformar porcentagem de nitrogênio em proteína, levando-se em consideração que as proteínas contêm em média 16% de nitrogênio.

2.4 Determinação de Resíduo Mineral Fixo (cinzas)

Para determinação de resíduo mineral fixo, utilizou-se o método de incineração à 600°C, conforme proposto pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1998). Os cadinhos utilizados na análise foram colocados em estufa (MARCONI®), a 105°C, por duas horas e depois colocados em dessecador de vidro por 45 minutos. Posteriormente os cadinhos foram pesados em balança analítica (LIBROR®, AEL – 200 CG). A quantidade de cinzas foi obtida pela fórmula: % Resíduo Mineral Fixo = [(peso do cadinho + peso da amostra seca 550°C) – peso do cadinho] / peso inicial da amostra x 100.

2.5 Determinação do teor de fibra bruta

A análise de fibra bruta foi realizada pelo método de Weende, segundo o Instituto Adolfo Lutz (2004). Inicialmente, os sachês para análise de fibras foram preenchidos com uma grama de amostra, seladas em selador e pesados em balança analítica. Em seguida, os sachês foram colocados em estufa a 105°C por duas horas, esfriou-se em dessecador de vidro e depois pesou-se em balança analítica. Em seguida os sachês foram colocados em digestor de fibras (MARCONI®, MA – 444/ CI). Após 30 minutos adicionou-se H₂SO₄ 1,25%. Passados 30 minutos, houve adição de 2L de

água destilada para lavagem do aparelho. Posteriormente, os sachês foram imersos em acetona para retirada dos resíduos de água das amostras e então levadas à estufa a 105°C por duas horas. Por fim os sachês foram colocados em dessecador de vidro até o seu esfriamento e pesadas em balança analítica. O cálculo para obtenção de fibra bruta se deu através da fórmula: % Fibra = [(peso do sachê selado + amostra final) – peso do sachê selado/peso da amostra inicial x 100.

2.6 Determinação do teor de vitamina C com iodato de potássio

Para determinar o teor de vitamina C homogeneizou-se a amostra (polpa de repolho) e pesou-se 10 gramas em balança analítica, transferiu-se para um Becker de 250 ml e adicionou-se 50 ml de água destilada. Em seguida adicionou-se 10 ml de solução de ácido sulfúrico a 20%, 1 ml da solução de iodeto de potássio a 10% e 1 ml da solução de amido a 1%. Titulou-se com solução de iodato de potássio até atingir a coloração azul permanente. O cálculo para obtenção do teor de vitamina C foi feito pela seguinte fórmula: % Vitamina C = 100 x V x F x f / p, onde:

V = volume de iodato gasto na titulação

F = fator de correção da solução de iodato

f = fator de correção tabelado

p = peso da amostra.

2.7 Determinação da Umidade

A análise para determinação de umidade seguiu as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2004). Primeiramente os cadinhos foram identificados e colocados em estufa a 105°C por uma hora, colocados em dessecador de vidro por aproximadamente 45 minutos. Colocou-se 1 grama da amostra em cada cadinho, em seguida, os mesmos foram levados a 105°C em estufa por quatro horas e depois a dessecador de vidro por 45 minutos. Os cadinhos foram pesados novamente e para obtenção do teor de umidade utilizou-se a seguinte fórmula: % Umidade = [(peso do cadinho + amostra seca a 105°C) – peso do cadinho] / peso inicial da amostra x 100.

Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram feitas utilizando-se o software computacional Sisvar (Ferreira, 2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de caracterização físico-química do repolho in natura revelam que os parâmetros proteína bruta, umidade, cinzas, fibras, pH e vitamina C não foram influenciados pela presença do silício. No entanto, observou-se diferença para o parâmetro acidez no primeiro ano de cultivo e matéria seca nos dois anos de cultivo.

O teor de proteínas variou de 21,63% a 24,76% no primeiro ano e de 25,46% a 29,19% no segundo ano, resultado semelhante foi encontrado por Pantaleão (2005) ao avaliar o teor de proteínas em função da adubação com nitrogênio e potássio na cultura do repolho. Garid (2002) relata que as proteínas são indispensáveis para o crescimento e manutenção da vida, cumprindo funções estruturais, reguladoras, de defesa e de transporte de fluidos biológicos além de serem úteis à formação de novos tecidos. O fato da aplicação de silício não ter influenciado o teor de proteína do repolho é um resultado adequado, pois indica o nutriente pode ser aplicado às plantas sem que diminua teores de compostos importantes na alimentação, como é o caso das proteínas.

Em relação à massa seca da parte aérea, observou-se variação de 5,96% a 9,36% no primeiro ano e de 5,80% a 9,40% no segundo ano. Os tratamentos com as diferentes fontes de silício e formas de aplicação demonstraram efeito significativo sendo que os tratamentos com aplicação do produto sifol (silício foliar) apresentaram os maiores valores diferindo dos demais. (Tabela 1).

Maiores valores de massa seca foliar em resposta à aplicação de silício pode ser explicado pelo fato do Si presente na folha apresentar funções relacionadas ao metabolismo celular como foi constatado para as culturas de algodão e pepino (INBAR *et al.*, 2001; CORREA *et al.*, 2005). O silício melhora a eficiência fotossintética da planta, além de reduzir a transpiração celular, devido à baixa funcionalidade dos estômatos e delgada camada de cera epicuticular (SILVA, 2007), o que resulta em maior acúmulo de sólidos nos tecidos foliares. Wang & Galleta (1998) observaram que plantas de morango pulverizadas com Si apresentaram maior quantidade de massa seca (parte aérea e raiz), quando comparadas com as plantas testemunhas. Al-Aghabary *et al* (2004) observaram que o tratamento com Si em tomateiro proporcionou maior acúmulo de massa seca em todas as partes da planta. Hattori *et al* (2005) verificaram que a aplicação de Si promoveu maior taxa fotossintética, aumento da taxa de crescimento e acúmulo de massa seca nas plantas de sorgo sob deficiência hídrica.

O silício não alterou os teores de umidade que variaram de 84,54% a 88,59% no primeiro ano e de 84,19% a 88,63% no segundo ano de cultivo. A umidade de um

alimento tem relação direta com a atividade de água e é um parâmetro importante para a vida de prateleira principalmente para o produto minimamente processado, podendo ser uma das principais causas de deterioração dos produtos hortícolas (VERZELETTI *et al.*, 2010). Santos *et al* (2013) trabalhando com repolho roxo encontrou teores de umidade de 94,64% e 90,90% para extrato concentrado e repolho in natura respectivamente, mostrando que o mesmo possui elevada umidade. Os teores de umidade encontrados neste estudo estão de acordo com os valores descritos pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO/NEPA, 2011).

Observou-se que para teor de cinzas não houve diferença e que os valores tiveram uma variação de 10,26 a 12,48% no primeiro ano de cultivo e de 9,14 a 12,10% no segundo ano. Embora não se tenha observado diferença entre os tratamentos constatou-se que os menores valores foram obtidos pela testemunha nos dois anos de cultivo o que indica que o silício pode ter influência sobre esta característica. As cinzas em alimentos referem-se ao resíduo inorgânico resultante da queima da matéria orgânica, sem o carvão, logo as cinzas correspondem à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos e são consideradas como medida geral de qualidade e frequentemente utilizadas como critério na identificação dos alimentos (CHAVES, 2004).

Para teor de fibra bruta observou-se uma variação de 24,97% a 44,16% no primeiro ano e de 16,93% a 28,45% no segundo ano e embora não se tenha observado diferença entre os tratamentos, os maiores valores foram obtidos por aqueles com silício ao se comparar com a testemunha (sem silício). De acordo com Botelho (2002), a fibra alimentar pode influenciar vários aspectos da digestão, absorção e metabolismo e uma dieta rica em fibras é de grande importância para o homem. Segundo Lima Filho (2010), o maior consumo de alimentos processados e pobres em fibras contribui para uma menor ingestão de silício. O mesmo autor também relata que é nas fibras que se concentra grande parte do silício nos alimentos.

O pH não foi influenciado pelos tratamentos, já para acidez titulável observou-se diferença entre os tratamentos para o primeiro ano de cultivo onde os maiores valores foram obtidos pelos tratamentos com silício, o que significa que o Si elevou a acidez do repolho. Segundo a classificação de Chitarra & Chitarra (2002), o repolho não é considerado um produto ácido. Coutinho (2002) encontrou valores de pH para repolho in natura de 5,91. Rinaldi *et al* (2009) encontrou valores mais próximos de 5,4.

Não houve diferença entre os tratamentos em relação aos teores de vitamina C. A aplicação de silício tanto no solo como via foliar não influenciou a dinâmica desta vitamina contrariando outros trabalhos como é o caso de Stamatakis *et al* (2003) que observaram que o teor de vitamina C dos frutos de tomate foram aumentados em função da adição de Si na solução nutritiva.

Tabela 1. Composição centesimal e teor de vitamina C em plantas de repolho cv. Kenzan, em resposta a adubação com silício. Brasília, FAV-UnB, 2014

Tratamento	2011							
	Proteína (%)	MS (%)	Umidade (%)	Cinza (%)	Fibra (%)	pH	Acidez (%)	Vitamina. C (%)
ASS 1	22,39 a	6,68 a	88,59 a	12,28 a	28,72 a	5,2 a	1,86 b	0,88 a
ASS 2	23,73 a	6,30 a	86,55 a	10,93 a	32,87 a	5,2 a	1,77 a	0,85 a
ASF 1	22,54 a	6,65 a	86,62 a	12,06 a	34,43 a	5,0 a	1,76 a	0,71 a
ASF 2	25,64 a	7,06 a	87,08 a	10,44 a	30,40 a	5,2 a	1,99 b	0,84 a
Sifol 1	21,63 a	9,36 b	86,92 a	10,54 a	44,16 a	5,2 a	2,12 b	0,74 a
Sifol 2	24,76 a	8,76 b	84,54 a	12,48 a	35,64 a	5,2 a	2,12 b	0,72 a
Sem Si	21,90 a	5,96 a	88,53 a	10,26 a	24,97 a	5,1 a	1,66 a	0,74 a
CV %	10,04	16,48	4,76	16,94	35,62	3,42	12,21	19,69
Tratamento	2012							
	Proteína (%)	MS (%)	Umidade (%)	Cinza (%)	Fibra (%)	pH	Acidez (%)	Vitamina. C (%)
ASS 1	29,19 a	6,60 a	85,52 a	10,12 a	20,79 a	5,2 a	2,93 a	0,81 a
ASS 2	25,67 a	6,53 a	84,19 a	10,19 a	19,04 a	5,1 a	3,28 a	0,84 a
ASF 1	27,56 a	5,80 a	88,63 a	12,10 a	28,45 a	5,2 a	2,62 a	0,74 a
ASF 2	25,46 a	6,14 a	85,36 a	10,12 a	19,62 a	5,2 a	2,89 a	0,85 a
Sifol 1	25,46 a	9,40 b	84,77 a	9,56 a	25,33 a	5,4 a	2,41 a	0,80 a
Sifol 2	27,89 a	9,01 b	86,66 a	10,69 a	21,30 a	5,3 a	3,15 a	0,70 a
Sem Si	29,11 a	7,21 a	86,40 a	9,14 a	16,93 a	5,3 a	1,94 a	0,83 a
CV %	11,29	28,33	2,49	19,02	32,60	4,28	26,55	17,70

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. ASS1: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício® (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício® (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 1: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol® (12% Si) 2: solução de Sifol® (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício).

4 CONCLUSÃO

A acidez titulável sofreu influência dos tratamentos no primeiro ano de cultivo, onde nos tratamentos onde foi aplicado o silício o repolho ficou mais ácido que na testemunha, sem aplicação de silício. O silício aplicado nas folhas alterou o teor de massa seca das plantas observando-se maiores valores em relação aos demais tratamentos e testemunha.

O fato do silício não ter alterado a composição centesimal de forma significativa e nem o teor de vitamina C pode ser explicado pelo fato da planta não ser considerada acumuladora de silício.

A aplicação de silício não alterou a maioria das características da composição centesimal e o teor de vitamina C do repolho, podendo ser utilizado na cultura com o objetivo de aumentar a resistência da planta ao ataque de pragas sem que haja mudanças em suas características nutricionais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AGHABARY, K.; ZHU, Z.; SHI, Q. **Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activities in tomato plants under salt stress.** *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.27, n.12, p.2101–2115, 2004.
- BOTELHO, L.; CONCEIÇÃO, A.; CARVALHO, V. D. **Caracterização de fibras alimentares da casca e cilindro central do abacaxi “Smooth Cayenne”.** *Ciências Agrotecnológicas*, Lavras, v.26, n.2, p.362-367, 2002.
- CARVALHO, P. G. B.; MACHADO, C. M. M.; MORETTI, C. L.; FONSECA, M. E. N. **Hortaliças como alimentos funcionais.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 24, n. 4, p. 397-404, 2006.
- CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. **Caracterização físico-química do suco da acerola.** *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 4, n. 2, 2004.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293 p.
- CORREA, R. S. B. **Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B.** *Neotropical Entomology*, v. 34, n. 03, p. 429-433, 2005.
- COUTINHO, M. R. **Obtenção de antocianinas em pó provenientes do repolho roxo (*Brassica oleracea*) 80 f.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 2002.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.** Sinanuer Associates. 400p, 2005.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* v.50, p.641-664. 1999.
- FERRADEIRA, I. S. **Levantamento do uso da pomada de *Brassica sp* pela população de Governador Valadares.** Trabalho de monografia: Univale/ Faculdade de Ciências Educação e Letras, 2003. 86p.
- FERREIRA, P. A.; GARCIA, G. O.; NEVES, J. C. L.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, D. B. **Produção relativa do milho e teores folheares de nitrogênio, fósforo, enxofre e cloro em função da salinidade do solo.** *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p.7-16, 2007.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2ª edição revista e ampliada. Viçosa: UFV, 412p, 2003.

GARIB, C. C. Alimentação **balanceada: uma proposta alternativa de merenda escolar**. 93f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Paraná. 2002.

HATTORI, T.; INANAGA, S.; ARAKI, H.; AN, P.; MORITA, S.; LUXOVA, M.; LUX, A. **Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor**. *Physiologia Plantarum*, Malden, v. 123, n. 4, p. 459-466, 2005.

INBAR, M. **Induction of systemic acquired resistance in cotton by BTH has a negligible effect on phytophagous insects**. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, v. 99, n. 01, p. 65-70, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos Químicos e Físicos Para Análise de Alimentos**. 3 ed. São Paulo: IAL, 2004.

JONES, J. R., J. B. **Kjeldahl method for nitrogen determination**. **Micro-macro publishings**, Athens, GA, 78p, 1991.

LIMA FILHO, O. F. **O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/noticias/artigos/folder.2005-artigo> *Review of recent research*. Revista IL RISO v.28, p.235-253, 2005. Acesso em 14/05/2014.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) **Fertilidade do solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, p.471-550, 2007.

OHSE, S.; RAMOS, D. M.; CARVALHO, S. M.; FETT, R.; OLIVEIRA, J. L. B. **Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico**. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 407-414, 2009.

PANTALEÃO, D. C. **Incidência da traça-das-crucíferas em repolho em função da adubação nitrogenada e potássica**. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias). Brasília, DF: UnB-FAV, 70p, 2005.

RINALDI, M. M.; BENEDETTI, B. C.; MORETTI, C. L. **Estabilidade de repolho minimamente processado sob diferentes sistemas de embalagem**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. v.29 n.2 Campinas 2009.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 166p, 1998.

SILVA, D. P. **Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gérbera**. 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

STAMATAKIS, A.; SAVVAS, D.; PAPADANTONAKIS, N.; LYDAKIS-SIMANTIRIS N.; KEFALAS, P. **Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically**. *Acta Horticulturae*, v.609, p.141-149, 2003.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**, 4^a ed. Revisada e ampliada, 2012. Disponível em: <www.unicamp.br/nepa/taco>. Acesso em: 25 out. 2012.

VEIGA, E. A. de S. **Projeto de implantação/implementação para avaliação, acompanhamento e tratamento de portadores de feridas**. Governador Valadares: Prefeitura Municipal de Governador Valadares, MG, 2005.

VERZELETTI, A.; SANDRI, I. G.; FONTANA, R. C. **Avaliação da vida de prateleira de cenouras minimamente processadas**. *Alimentação e Nutrição*, v. 21, n. 1, p. 85-90, 2010.

WANG, S. Y.; GALLETTA, G. J. **Foliar application and potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants**. *Journal Plant Nutrition*, London, v.21, p.157-167, 1998.

CAPÍTULO III

**CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE
PLANTAS DE REPOLHO (*Brassica oleracea* var.
capitata) ADUBADAS COM SILÍCIO**

RESUMO

CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE PLANTAS DE REPOLHO (*Brassica oleracea* var. *capitata*) ADUBADAS COM SILÍCIO

A nutrição mineral tem influência na organização estrutural da planta, evidenciada em suas características anatômicas na presença ou ausência de nutrientes. Mesmo não sendo considerado um elemento essencial para as plantas, a adubação com silício vem trazendo muitos benefícios principalmente no que diz respeito à resistência a pragas e fortalecimento da estrutura da planta. Este trabalho avaliou a influência da adubação com silício nas características anatômicas do repolho. O experimento foi conduzido na Fazenda Água Limpa – UnB, no período de agosto a novembro de 2012. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso totalizando sete tratamentos, sendo ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha, em cinco repetições. As amostras de repolho foram retiradas da área experimental e encaminhadas ao Laboratório de Anatomia Vegetal do IB – UnB. Constatou-se que os tratamentos onde o silício foi aplicado diretamente nas folhas foram responsáveis pela expansão do mesófilo foliar e epiderme, bem como pelo aumento do índice e densidade estomatal. Observou-se também a presença de cristais de silício depositados na epiderme adaxial e abaxial das folhas das plantas adubadas com silício.

Palavras-chave: Adubação silicatada, anatomia vegetal, enrijecimento, mesófilo foliar, epiderme.

ABSTRACT

ANATOMICAL CHARACTERISTICS OF CABBAGE LEAVES (*Brassica oleracea* var. *capitata*) FERTILIZED WITH SILICON

Cabbage is one of the most important member of the brassica family. The mineral nutrition influences plant structural organization which is evidenced in its anatomical characteristics due to the presence or absence of determined mineral. Although not considered an essential element for plants, fertilization with silicon has many benefits especially with regard to the strength and structure of the plant. This study evaluated the influence of silicon fertilization on anatomical characteristics of cabbage. The experiment was carried out at Fazenda Agua Limpa – UnB during the year of 2012. The experimental design was randomized blocks with five replicates and seven treatments including the untreated control silicon - ASS1: fertilization agrosilício® (10.5 % Si) in the soil, applied once before planting; ASS2: fertilization agrosilício® (10.5 % Si) in the soil, applied in installments (half at planting and half in coverage); ASF1: fertilization agrosilício® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si once every seven days; ASF2: fertilization agrosilício® (10.5 % Si), foliar application at a ratio of 6 kg ha⁻¹ of Si twice every seven days; Sifol® (12 % Si) 1 : solution Sfol® (foliar silicon) 3% foliar application once every seven days; Sifol® (12 % Si) 2: solution Sifol® (foliar silicon) 3% applied twice every seven days. It was observed that in the treatments where silicon was applied directly to the leaves there was an increase in the expansion in the mesophyll and epiderms of leaves as well as an increase in the index and stomatal density. It was also observed the presence of crystal of silicon deposited on the adaxial and abaxial epiderm of the leaves.

Keywords: Silicon fertilization, plant anatomy, hardness, leaf mesophyll, epiderm.

1 INTRODUÇÃO

Brassicaceae é uma família de angiospermas que compreende cerca de 338 gêneros e 3.700 espécies (WARWICK *et al.*, 2008). As brassicaceas são cultivadas praticamente no mundo todo, sendo destaque o gênero *Brassica*, que compreende o repolho (SILVA, 2005).

O repolho é uma planta herbácea, apresentando folhas com limbo arredondado, grande com pecíolo curto e bem destacado, sem pêlos e cerosas que se sobrepõem, fechando-se em forma de cabeça compacta. As folhas podem ser de coloração verde ou roxa, lisas ou crespas e são voltadas para o centro da planta (FILGUEIRA, 2007).

O Si não é um elemento essencial para as plantas, a essencialidade do silício foi demonstrada apenas para algumas espécies de algas que incorporam o mesmo em suas estruturas (LIMA FILHO, 2002), mas segundo Epstein e Bloom (2006), plantas que crescem em ambiente rico em Si devem diferir daquelas presentes em ambientes deficientes desse elemento principalmente quanto à composição química, resistência mecânica das células, características da superfície foliar, tolerância ao estresse abiótico e menor ocorrência de pragas e doenças.

De acordo com Marschner (1995), a nutrição mineral contribui para a composição da organização estrutural da planta, ou seja, quando a planta recebe ou deixa de receber algum nutriente seja ele macro ou micro, evidenciam-se modificações em sua estrutura anatômica. Os estudos anatômicos que visam esclarecer os efeitos dos nutrientes na anatomia da planta são importantes visto que essas características podem influenciar na translocação de nutrientes e também em outros aspectos importantes (ROSOLEM; LEITE, 2007). Alterações na morfologia das folhas podem influenciar processos metabólicos e fisiológicos associados à fotossíntese e transpiração (ABBADÉ *et al.*, 2009), como o aumento das espessuras do parênquima paliçádico e lacunoso que leva a maior atividade fotossintética (ASHTON & BERLYN, 1994).

Pozza *et al* (2004), trabalhando com plantas de café observaram uma camada de cera epicuticular bem desenvolvidas em mudas cultivadas em substrato com 1 grama de silicato de cálcio. Amaral (2008), também observou a formação de cutícula mais espessa em folhas de mudas de cafeeiro pulverizadas com 1,5 ml de silicato de potássio.

Braga *et al* (2009) observaram maiores espessuras de parênquima esponjoso, paliçádico e mesófilo em morangueiro cultivado com adição de silício. Epstein (1999),

relata que, ao ser acumulado pelas plantas, o silício proporciona mudanças anatômicas nos seus tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas, em decorrência de deposição de sílica.

Com base nessas informações objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito da adubação com silício nas características anatômicas de plantas de repolho em condições de campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fazenda Água Limpa pertencente à Universidade de Brasília, localizada em Brasília, DF no período de agosto a novembro de 2012. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de 2,80m de comprimento por 2,40m de largura utilizando-se a cultivar de repolho kenzan, abrangendo uma área total de 6,72m². O espaçamento entre plantas foi de 0,40m e entre linhas de 0,80m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso totalizando sete tratamentos, sendo ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto com silício) com cinco repetições.

O solo utilizado para o experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo e sua textura como argilosa. A área utilizada possui um histórico de cultivo de hortaliças, porém encontrava-se em repouso há aproximadamente um ano. Antes da realização do plantio foi feita a análise de solos que apresentou as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 5,5; P disponível = 2290 mg dm⁻³; K⁺ = 0,35 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 0,5 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,3 cmol_c dm⁻³; Al trocável = 0,4 cmol_c dm⁻³; Matéria Orgânica = 43,3 g kg⁻¹; SB = 1,23; CTC = 8; Saturação por base = 16; Si disponível = 11,9 mg dm⁻³.

As aplicações foliares foram iniciadas 15 dias após o plantio definitivo e realizadas sempre no período da manhã com pulverizador costal com capacidade para

20 litros, dotado de bico do tipo cônico nº 3. As pulverizações foram realizadas de forma que todas as folhas fossem cobertas até o escorrimento da calda. Foram realizadas um total de oito aplicações de agrosilício® e sifol® nos tratamentos com uma aplicação por semana e dezesseis aplicações nos tratamentos com duas aplicações por semana durante o ciclo da cultura. As pulverizações foram encerradas quando as plantas de repolho já se encontravam com a cabeça completamente formada e em proximidade da colheita.

Nos tratamentos com a adubação de agrosilício® no solo, foram aplicados 6,35 t/ha⁻¹ sendo que nos tratamentos em que o agrosilício® foi parcelado aplicou-se metade dessa quantidade no plantio e metade em cobertura trinta dias após o transplante. As quantidades de agrosilício® no solo foram calculadas de acordo com poder corretivo desse produto até que se elevasse a saturação por bases para 70%. Os tratamentos que não receberam agrosilício® no solo, visto que este produto também possui efeito corretivo, receberam calcário dolomítico para elevar a saturação por bases para 70%, conforme recomendado por Filgueira (2003) para a cultura do repolho. Foi realizada adubação em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, com esterco bovino de curral curtido na proporção de 3kg/m² de acordo com a recomendação feita por Novais *et al.*, (2007) para hortaliças folhosas e com termofosfato Yoorin® (200g/m²). A análise de esterco bovino (base seca) revelou: P = 0,72 %; K = 1,06%; N = 1,75 %; Matéria Orgânica = 53,8 % e relação C:N = 17:1.

A semeadura foi feita em bandejas de 128 células com duas sementes/célula. O transplantio das mudas foi realizado aos 25 dias após a semeadura. A irrigação foi feita por gotejamento quatro a cinco vezes por semana e a capina realizada com enxada a cada quinze dias. Não foram utilizados produtos fitossanitários no decorrer do experimento.

Amostras de quatro plantas por tratamento foram coletadas no campo. Para os estudos anatômicos foram utilizadas lâminas foliares retiradas de folhas adultas completamente expandidas e que não apresentavam injúrias. Foram seccionadas porções do terço médio da folha e fixadas com solução de FAA 70% (formol, ácido acético e álcool etílico) por 72 horas e, posteriormente, conservadas em álcool etílico 70% (JOHANSEN, 1940). Foram analisadas secções paradérmicas e transversais em microscópio óptico no Laboratório de Anatomia Vegetal pertencente ao Instituto de Biologia da Universidade de Brasília.

Para as secções transversais da lâmina foliar foram feitos cortes à mão livre em micrótomo de Ranvier. Os cortes foram clarificados em hipoclorito de sódio 30% e 50% durante 15 min, lavadas em água e corados com mistura de azul de Astra (95%) e safranina (1%). Após esta etapa os cortes foram lavados três vezes em água para retirada de excessos de corante. Os cortes foram montados em lâminas permanentes com resina sintética e foram fotografadas em fotomicroscópio Olympus CX 31 três lâminas por repetição para proceder às demais análises.

Para as secções paradérmicas foi utilizado a técnica da impressão da epiderme que consiste em colocar uma gota de adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato) sobre uma lâmina de vidro, a região de interesse da planta foi então pressionada sobre a lâmina por aproximadamente 10 segundos, tempo necessário para que o adesivo se espalhe e seque o suficiente. Retirou-se a corte, deixando então preso na lâmina a impressão da epiderme. Para análise da estrutura foliar foram realizadas as medidas de espessura do mesofilo e altura das células epidérmicas das faces adaxial e abaxial e também a presença e a ausência de cristais. Para as lâminas paradérmicas foram mensurados a densidade e o índice estomático nas faces adaxial e abaxial. O cálculo do índice estomático foi feito de acordo com a fórmula: Índice Estomático (IE) = $NE / (CE + NE)$, onde NE é o número de estômatos e CE é o número de células epidérmicas (CUTTER, 1986).

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso e os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A lâmina foliar em secção transversal apresentou formato linear e plano com nervura central saliente (formato côncavo-convexo). Em ambas as faces a epiderme é uniestratificada com uma camada de células compactamente arranjadas, recobertas por uma cutícula lisa e irregular apresentando-se fina em alguns lugares e muito fina em outros especialmente na face abaxial da epiderme. As células epidérmicas comuns apresentam formato retangular, raro quadrado, os estômatos encontram-se situados no mesmo nível das demais células epidérmicas comuns apresentando formato de rim, o que é uma característica das dicotiledôneas em geral. O mesofilo é uniforme não apresentando diferenciação entre os parênquimas paliçádico e esponjoso, sendo constituído de células de formato isodiamétrico e com espaços intracelulares triangulares ou quadrados.

Na ala, os feixes vasculares encontram-se em posição central no mesofilo e apresentam bainhas parenquimáticas com células de formato isodiamétrico. Nota-se ainda que os feixes apresentam calibres diferentes, sendo que nos maiores observa-se bem a diferenciação entre o xilema e o floema, nos menores a distinção destes tipos celulares é pouco perceptível. Na nervura central as características da epiderme são semelhantes às encontradas na ala; o parênquima cortical apresenta células isodiamétricas com espaços intercelulares triangulares ou quadrados tendo de 20 a 30 camadas. Cristais nessas regiões são raros. Apresenta de três a cinco traços foliares dispostos como um arco, tais traços apresentam organização dorsiventral, a região medular apresenta células parenquimáticas com paredes espessas. As características descritas neste trabalho estão de acordo com as descrições feitas por Maiti *et al* (2012) e Metcalfe & Chalk (1950).

A análise dos cortes paradérmicos de *Brassica oleracea* var. *capitata* evidenciou a presença predominante de complexos estomáticos do tipo anisocítico (estômato circundado por três células subsidiárias de tamanhos diferentes). De acordo com Apezzato-da-Gloria (2006), esse tipo de estômato é característico de espécies pertencentes à família das Brássicas. Os complexos estomáticos encontram-se presentes em ambas as faces (abaxial e adaxial) caracterizando-se como uma folha anfiestomática onde o número de estômatos é maior na face abaxial sendo assim chamada de anfihipoestomáticas. Os estômatos encontram-se distribuídos aleatoriamente pela folha,

a densidade estomática variou de acordo com os tratamentos e observou-se a ausência de tricomas.

Para os dados quantitativos, observou-se que as epidermes abaxial e adaxial e também o mesofilo apresentaram maior espessura nos tratamentos onde foi aplicado silício nas folhas uma e duas vezes por semana. Epstein (1999) relata que, 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. Braga *et al* (2009) utilizando silício no cultivo *in vitro* de morangueiro obtiveram maiores espessuras de mesofilo em comparação às plantas sem silício. No entanto Botelho *et al* (2009) não detectaram diferenças significativas nas espessuras da epiderme utilizando diferentes doses de ácido silícico em cafeeiro.

Para os dados de densidade estomática e índice estomático observou-se diferença significativa para a face abaxial sendo que os tratamentos com maior número de estômatos por mm^2 e maior índice estomático foram aqueles em que se aplicou o produto sifol nas folhas uma e duas vezes por semana.

Silva (2007) observou maior número de estômatos em folha de gérbera na presença de silício, na forma de silicato de sódio. Braga (2009) também obteve o mesmo resultado em folhas de abacaxi, usando como fonte o silicato de potássio. Segundo Korner *et al.*, (1986), a maior quantidade de estômatos por unidade de área pode estar associada à maior conservação de água nas folhas que se desenvolvem em condições ambientais desfavoráveis, como a baixa umidade relativa do ar, a presença de silício provavelmente conferiu às plantas maior resistência à perda de água.

Tabela 1. Espessura epiderme abaxial (EpAb); Espessura de epiderme adaxial (EpAd); Mesofilo (ME); Densidade estomática da face abaxial (DEAb); Densidade estomática da face adaxial (DEAd); Índice Estomático da face abaxial (IEAb); Índice estomático da face adaxial (IEAd) de *Brassica oleracea* var. capitata

Tratamento	EpAb (µm)	EpAd (µm)	ME (µm)	DEAb	DEAd	IEAb	IEAd
ASS 1	9,50 a	8,42 a	69,33 a	277 a	186 a	28,25 a	21,15 a
ASS 2	11,37 b	10,00 b	71,64 a	284 a	180 a	26,42 a	19,82 a
ASF 1	11,80 b	10,90 b	68,78 a	290 a	190 a	26,05 a	21,12 a
ASF 2	9,65 a	8,77 a	68,12 a	293 a	183 a	26,92 a	21,17 a
Sifol 1	21,92 c	19,20 c	80,50 b	325 b	186 a	32,05 b	20,42 a
Sifol 2	22,65 c	20,85 c	81,28 b	314 b	180 a	31,77 b	20,05 a
Sem Si	9,62 a	8,75 a	68,10 a	272 a	181 a	27,12 a	19,72 a
CV %	10,61	10,00	3,83	3,82	4,40	5,08	6,74

* Médias seguidas pela mesma letra nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste Scott-knott a 5% de probabilidade. ASS1: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de uma única vez antes do plantio; ASS2: adubação via solo de agrosilício[®] (10,5% Si) aplicado de forma parcelada (parte no plantio e parte em cobertura); ASF1: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si uma vez a cada sete dias; ASF2: adubação via foliar com agrosilício[®] (10,5% Si) na proporção de 6 kg/ha⁻¹ de Si duas vezes a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 1: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado via foliar uma vez a cada sete dias; Sifol[®] (12% Si) 2: solução de Sifol[®] (silício foliar) a 3% aplicado duas vezes a cada sete dias e Sem Si: testemunha (sem aplicação de nenhum produto).

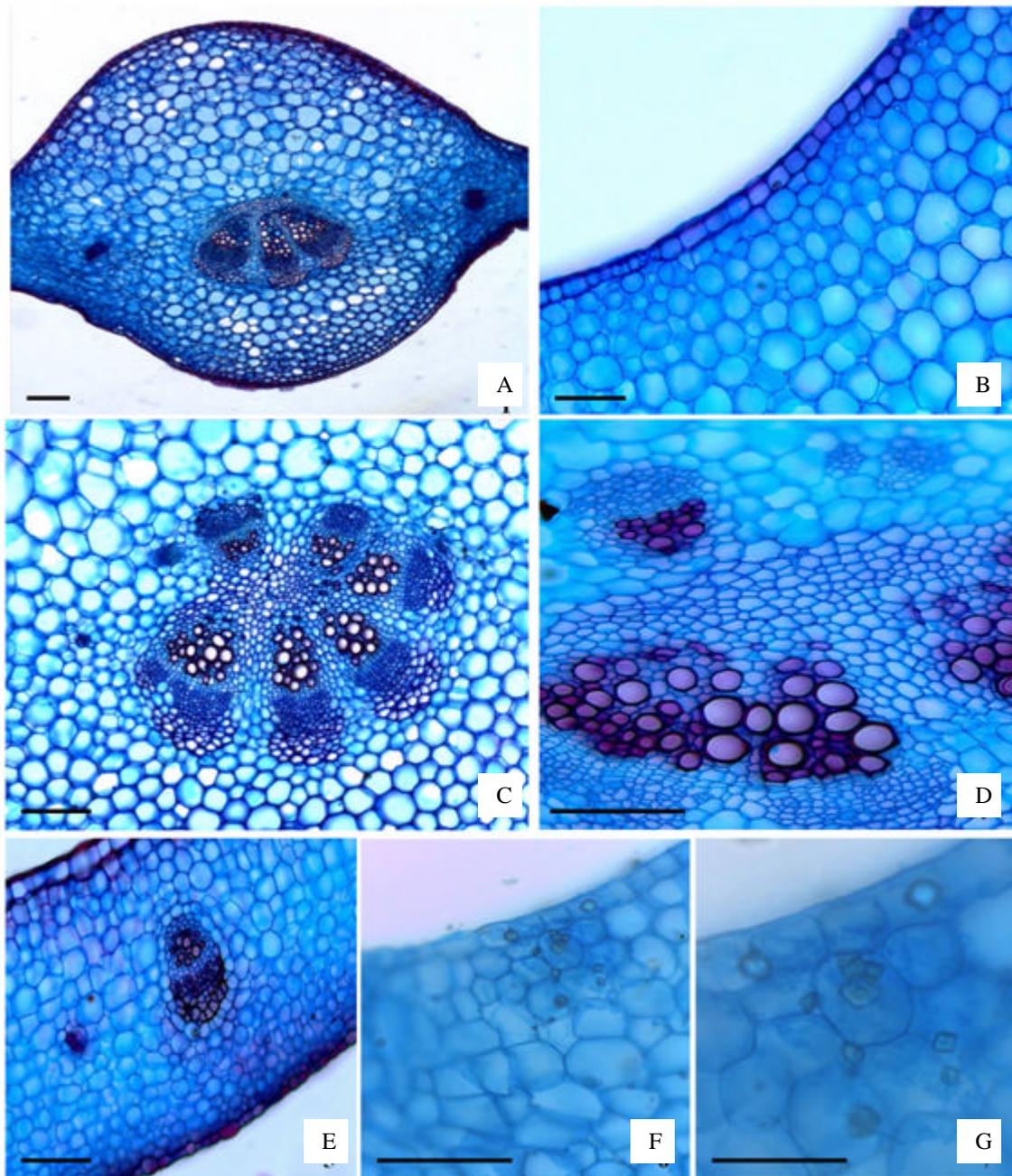


Figura 1 – Secções transversais da folha de *Brassica oleracea* var. *Capitata*. A. Visão geral da nervura central; B. Detalhe da epiderme adaxial mostrando os estômatos e as células epidérmicas; C. Detalhe mostrando os feixes vasculares; D. Detalhe mostrando xilema e floema; E. Detalhe mostrando aspectos da ala; F e G. Detalhe da lâmina foliar mostrando a deposição de cristais de silício na epiderme adaxial. Barra: 10 μ m (A); 20 μ m (B, C e E); 40 μ m (D, F e G).

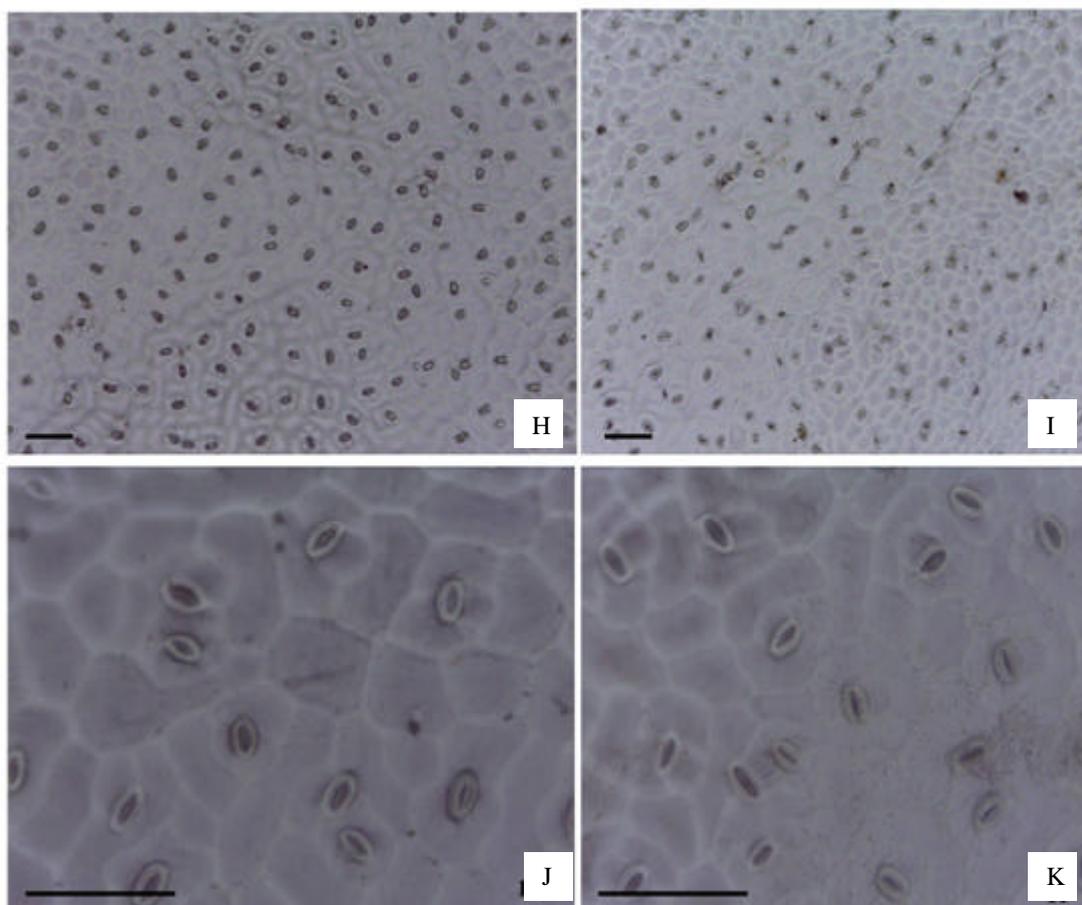


Figura 2 – Secções parodérmicas da face adaxial e abaxial de folhas de *Brassica oleracea* var. *Capitata*. H. Face abaxial mostrando maior número de estômatos; I. Face adaxial; J. Detalhe dos estômatos na face abaxial; K. Detalhe dos estômatos na face adaxial. Barra: 10 μ m (H e I); 40 μ m (J e K).

4 CONCLUSÃO

A adubação foliar com silício altera a anatomia da folha de repolho. A aplicação de Sifol (silicato de potássio) nas folhas uma e duas vezes por semana proporcionou aumento da espessura da epiderme e do mesófilo, aumento da deposição de cristais de silício e aumento da densidade e índice estômático na face abaxial da folha.

A utilização do elemento silício em aplicação foliar pode trazer diversos benefícios à estrutura da planta de repolho com o fortalecimento da folha além de auxiliar na proteção contra o ataque de artrópode pragas e doenças.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBADE, L. C.; PAIVA, P. D. O.; PAIVA, R.; CASTRO, E. M.; CENTOFANTE, A. R.; OLIVEIRA, C. **Anatomia foliar de ipê-branco (*Tabebuia roseo alba*(Ridl.) Sand.) - Bignoniaceae, proveniente do cultivo ex vitro e in vitro.** *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v.31, n.3, p.307-311, 2009.
- AMARAL, D. R.; RESENDE, M. L. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; BOREL, J. C.; MAC LEOD, R. E. O.; PÁDUA, M. A. **Silicato de potássio na proteção do cafeeiro contra *Cercospora coffeicola*.** *Fitopatologia Brasileira*, v.33, p.425-431, 2008.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal.** Viçosa: Ed. da UFV; 2006.
- ASHTON, P. M. S.; BERLYN, G. P. **A comparison of leaf physiology and anatomy of *Quercus* (section *Erythrobalanus*-Fagaceae) species in different light environments.** *American Journal of Botany*, v.8, p.589-597. 1994.
- BOTELHO, D. M. S.; POZZA, E. A.; ALVES, E.; FURTININETO, A. E.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; CASTRO, D. M. **Aspectos anatômicos e fisiológicos de mudas de cafeeiro(*Coffea arabica* L.) com cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cook.) adubadas com ácido silícico.** *Coffee Science*, v.4, p.93-99, 2009.
- BRAGA, F. T. **Características anatômicas de mudas de morangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.2, p.128-132, 2009.
- CUTTER, E. **Anatomia vegetal: Parte I Células e tecidos.** 2ª ed. Roca, São Paulo. 1986.
- EPSTEIN, E, BLOOM, A. J. **Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.** Sinanuer Associates. 400p, 2006.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50:641-664. 1999.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura; Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2 ed. Viçosa: UFV. 412p. 2003.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças,** 3ª Ed., Viçosa. MG, Ed. UFV, 421 p. 2007.
- LIMA FILHO, O. F. **Silício: produtividade com qualidade na lavoura.** *Revista Terra.* Dourados, p.28-29. 2002.
- MAITI, R.; SATYA. P.; RAJKUMAR, D; RAMASWAMY, A. **Crop Plant Anatomy.** Ed. CABI, 325p. Massachusetts, USA, 2012.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 889 p, 1995.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of dicotyledons: leaves, stem, and wood in relation to taxonomy with notes on economic uses.** Oxford: Clarendon Press. v. 2. 1950.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1017p. 2007.

POZZA, A. A. A.; ALVES, E.; POZZA, E.A.; CARVALHO, J. G. de; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T. G.; SANTOS, D. M. **Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro.** *Fitopatologia Brasileira*, v.29, n.2, p.185-188, 2004.

ROSOLEM, C. A.; LEITE, V. M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 477-483, 2007.

SILVA, D. P. **Meios de cultura e fontes de silício no desenvolvimento in vitro de gébera.** 84p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

WARWICK, S. I.; JAMES, T.; FALK, K. C. **AFLP-based molecular characterization of *Brassica rapa* and diversity in Canadian spring turnip rape cultivars.** *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, v. 6, n. 1, p. 11-21, 2008.

CAPÍTULO IV

**INSERÇÃO DA ADUBAÇÃO COM SILÍCIO
EM UM PROGRAMA DE MANEJO
INTEGRADO DE *Plutella xylostella*
(LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) NA
CULTURA DO REPOLHO.**

RESUMO

INSERÇÃO DA ADUBAÇÃO COM SILÍCIO EM UM PROGRAMA DE MANEJO INTEGRADO DE *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) NA CULTURA DO REPOLHO.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial do uso do silício como tática auxiliar no manejo integrado da traça-das-crucíferas em plantas de repolho. Os experimentos foram conduzidos na área de produção de hortaliças da Fazenda Água Limpa - FAL, da Universidade de Brasília, de agosto a novembro de 2013. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: Agrosilício, Sifol, Decis, Dipel, Agrosilício + Decis, Agrosilício + Dipel, Sifol + Decis, Sifol + Dipel e testemunha. As aplicações foliares de silício e inseticidas foram iniciadas 30 dias após o plantio das mudas. As avaliações de perfurações e lagartas da traça-das-crucíferas tiveram início uma semana após a primeira aplicação de silício via foliar. Foram realizadas amostragens contando-se o número de perfurações e lagartas nas quatro folhas centrais do repolho em cinco plantas por parcela. Verificou-se ação sinérgica na associação entre silício e inseticidas, aumentando a eficiência dos produtos em relação aos efeitos individuais. A mistura Sifol + Dipel resultou em menor número de perfurações e menor incidência da lagarta sobre a cultura. A aplicação de silício via foliar, seja com Agrosilício ou com Sifol, apresenta potencial como tática auxiliar no manejo integrado de *Plutella xylostella* na cultura do repolho.

Palavras-chave: *Brassica oleracea* var. *capitata*, traça-das-crucíferas, adubação silicatada, *Bacillus thuringiensis*, controle.

ABSTRACT

SILICON FERTILIZATION IN A PROGRAM OF INTEGRATED MANAGEMENT OF *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) ON CABBAGE PLANTS.

The objective of this study was to evaluate the potential use of silicon as an auxiliar tool in the integrated management of diamondback moth on cabbage plants. The experiment was carried out at Fazenda Agua Limpa – UnB, from August to November 2013. The experimental design was a randomized block with nine treatments and four replicates. The treatments were as follow: Agrosilício, Sifol, Decis, Dipel, Agrosilício + Decis, Agrosilício + Dipel, Sifol + Decis, Sifol + Dipel and control. Foliar applications of silicon and insecticides were initiated 30 days after transplanting. The data collection, holes and larvae numbers, started one week after the first silicon leaf application. Sampling was performed by counting the number of holes and larvae in the four central cabbage leaves from five plants per parcel. There was synergistic action in the association between silicon and insecticides, increasing the efficiency of products against individual effects. The Sifol + Dipel mixture resulted in fewest and smallest holes caused by the pest. The application of silicon on leaf, Agrosilício or Sifol, has great potential as a tool to improve integrated management of diamondback moth on cabbage plants.

Keywords: *Brassica oleracea* var. *capitata*, diamondback moth, silicon fertilization, *Bacillus thuringiensis*, control

1 INTRODUÇÃO

Dentre as variedades botânicas pertencentes à espécie *Brassica oleracea*, o repolho é a de maior expressão econômica na produção mundial e brasileira (BRACKMANN *et al.*, 2003). O cultivo de repolho está em expansão e modernização, buscando sempre maior produtividade e qualidade para atender às demandas do mercado, gerando assim maior preocupação com o controle de pragas que podem causar reduções significativas na qualidade do produto final (CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002).

A traça-das-crucíferas *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), em seu estágio larval, causa grandes prejuízos à cultura do repolho, provocando danos às plantas e tornando-as inviáveis para comercialização (BOIÇA JUNIOR *et al.*, 2005), é considerada a praga chave desta cultura (CASTELO BRANCO & FRANÇA, 2001; LIANG *et al.*, 2003; SARFRAZ *et al.*, 2005) e tem sido controlada com intensas aplicações de inseticidas (CASTELO BRANCO *et al.*, 2003; THULER, 2004; DIAS *et al.*, 2004).

O método de controle mais utilizado em áreas de cultivo de brassicas ainda é o químico, sendo que aparentemente é o que traz os melhores resultados, de forma rápida, prática e eficiente na redução dos prejuízos ocasionados pela praga (CASTELO BRANCO *et al.*, 2003; DIAS *et al.*, 2004).

Entretanto, o uso frequente de produtos químicos pode ser prejudicial para o controle biológico natural, gera produção de alimentos com altos níveis de resíduos tóxicos, contaminação ambiental e risco de indução de resistência em insetos (MAHAN & GUJAR, 2003; CASTELO BRANCO & AMARAL, 2002; MEDEIROS *et al.*, 2005; VIANNA *et al.*, 2009), além do alto custo, podendo representar até 50% dos custos de produção (PICANÇO *et al.*, 2000). Nesse contexto se faz necessário a avaliação de estratégias de manejo alternativas para o controle de *P. xylostella* que possibilitem o desenvolvimento de programas de manejo integrado (SARFRAZ *et al.*, 2005).

O controle biológico, quando bem planejado pode ser uma boa alternativa de controle. O uso de parasitóides do gênero *Trichogramma* tem sido importante em cultivos de repolho. Eles destacam-se entre os agentes biológicos por parasitarem ovos de pragas agrícolas, principalmente da ordem Lepidoptera (PRATISSOLI *et al.*, 2004). Esses parasitóides apresentam potencial de integração com outros métodos de controle

(SOARES *et al.*, 2007), bem como com outros agentes em programas de Manejo Integrado de Pragas como por exemplo microrganismos entomopatogênicos que tem apresentado crescente utilização nesses programas, principalmente, a bactéria *Bacillus thuringiensis*. Tanto *Trichogramma spp* como *B. thuringiensis* são agentes utilizados para controle de *P. xylostella* (DIAS *et al.*, 2004).

Embora o silício não seja considerado essencial para a maioria das plantas (EPSTEIN, 1999), a aplicação de silicatos pode favorecer o crescimento e a produção, além de aumentar a resistência das plantas às pragas. Isso acontece devido a mudanças que ocorrem no padrão de crescimento, na morfologia, na anatomia e na composição química das mesmas, o que pode ser caracterizado pela sua capacidade de acumulação na parede celular (COSTA & MORAES, 2006) aumentando a lignificação e a síntese de compostos fenólicos (CHERIF *et al.*, 1992; GHANAMI *et al.*, 2004), além de modificações nas propriedades fisiológicas e bioquímicas, ativando as defesas químicas endógenas das plantas (MARSCHNER, 1995; GOMES *et al.*, 2005). Pode também agir de forma localizada, como ácido monossilícico, e promover reações de defesa em células induzidas com contribuição para o sistema de resistência através do aumento na produção de hormônios (FAUTEUX *et al.*, 2005).

O uso de silício no controle de insetos desfolhadores ocorre devido às mudanças anatômicas nos tecidos, como o surgimento de células epidérmicas mais espessas, em decorrência da deposição de sílica na parede celular das mesmas, resultando na formação de uma barreira mecânica (GOUSSAIN *et al.*, 2002; SILVEIRA & HIGAHASHI, 2003; KVEDARAS *et al.*, 2009).

A possibilidade de redução na dose de inseticidas no controle de insetos-praga proporcionaria inúmeros benefícios, principalmente pela diminuição dos gastos com o controle de pragas que no Brasil é considerado muito alto. Além disso, contribuiria também para o manejo da resistência de insetos a inseticidas tanto químicos como biológicos, que é um dos grandes entraves encontrados em programas de controle de pragas.

Geralmente os métodos utilizados para o controle de traça-das-crucíferas e para outros insetos-praga, são avaliados de forma isolada. Apesar do conhecimento de várias técnicas de controle, pouco se sabe sobre a interação entre as mesmas e o impacto de uma tática de controle sobre a outra.

Diante dos fatos expostos, o objetivo deste trabalho foi investigar a viabilidade da inserção da adubação com silício em um programa de manejo de *Plutella xylostella* na cultura do repolho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fazenda Água Limpa pertencente à Universidade de Brasília, localizada em Brasília, DF no período de agosto a novembro de 2013. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras de 2,80m de comprimento por 3,20m de largura utilizando-se a cultivar de repolho kenzan, abrangendo uma área total de 8,96m². O espaçamento entre plantas foi de 0,40m e entre linhas de 0,80m. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso totalizando nove tratamentos, sendo T1: aplicação de Agrosilício[®] via foliar uma vez por semana; T2: aplicação de Sifol[®] via foliar uma vez por semana; T3: aplicação de Decis[®] ao atingir o nível de controle; T4: aplicação de Dipel[®] ao atingir o nível de controle; T5: aplicação de Agrosilício[®] via foliar + aplicação de Decis[®]; T6: aplicação de Agrosilício[®] via foliar + Dipel[®]; T7: aplicação de Sifol[®] via foliar + Decis[®]; T8: aplicação de Sifol[®] via foliar + Dipel[®] e T9: testemunha sem nenhum tipo de controle, com cinco repetições.

O AgroSilício[®] fornece silício, cálcio e magnésio, além de outros elementos em menor concentração, como: fósforo, potássio, enxofre, zinco, manganês e molibdênio (AGRANELLI INSUMOS AGRÍCOLAS, 2013). O Sifol[®] possui em sua composição 12% de silício (Si) e 15% de potássio (K₂O)(SIFOL, 2013). O Decis[®] é um inseticida de contato do grupo Piretróide e possui em sua composição 20% m/v (200g/L) de deltametrina e 89,28 m/v 892,8 g/L de ingredientes inertes (DECIS 25 EC, 2013). O Dipel[®] é um inseticida biológico composto por *Bacillus thuringiensis*, var. kurstaki, linhagem HD-1 (DIPEL, 2013).

O solo utilizado para o experimento é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo e sua textura como argilosa. A área utilizada possui um histórico de cultivo de hortaliças, porém encontrava-se em repouso há aproximadamente um ano. Antes da realização do plantio foi feita a análise de solos que apresentou as seguintes características químicas: pH (H₂O) = 6,2; P disponível = 5,1 mg dm⁻³; K⁺ = 0,14 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 2 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,2 cmol_c dm⁻³; Al trocável = 0 cmol_c dm⁻³; Matéria

Orgânica = 41,6 g kg⁻¹; SB = 2,36; CTC = 5; Saturação por base = 47; Si disponível = 53,9 mg dm⁻³.

Todas as parcelas receberam calcário dolomítico para elevar a saturação por bases para 70%, conforme recomendado por Filgueira (2003) para a cultura do repolho. Foi realizada adubação em todos os tratamentos, incluindo a testemunha, com esterco bovino de curral curtido na proporção de 3kg/m² de acordo com a recomendação feita por Novais *et al.*, (2007) para hortaliças folhosas e com termofosfato Yoorin[®] (200g/m²). A análise de esterco bovino (base seca) revelou: P = 0,72 %; K = 1,06%; N = 1,75 %; Matéria Orgânica = 53,8 % e relação C:N = 17:1.

A semeadura foi feita em bandejas de 128 células com duas sementes/célula. O transplântio das mudas foi realizado aos 25 dias após a semeadura. A irrigação foi feita por gotejamento quatro a cinco vezes por semana e a capina realizada com enxada a cada quinze dias).

As aplicações foliares de silício e inseticidas foram iniciadas 30 dias após o plantio das mudas. Utilizou-se as seguintes dosagens: para o Agrosilício[®], 6 kg por hectare; para o Sifol[®] (0,03%); para o Dipel[®] (0,03%); e para o Decis[®], (0,05%). No caso do produto Decis[®] foi aplicada uma concentração superior à recomendada pelo fabricante, seguindo a metodologia utilizada pelos produtores da região, considerando que o objetivo do experimento era comparar os tratamentos propostos com o que é realizado na prática pelos mesmos produtores. As aplicações eram realizadas sempre no período da manhã com pulverizador costal com capacidade para 20 litros, dotado de bico do tipo cônico nº 3. As pulverizações eram realizadas de forma que todas as folhas fossem cobertas o que resultava em escorrimento da calda. Foram realizadas sete aplicações de Agrosilício[®] e Sifol[®]. Os produtos Decis[®] e Dipel[®] também foram aplicados seguindo os mesmos moldes das aplicações de silício sempre que era alcançado o nível de controle adotado para a traça-das-crucíferas que é de seis perfurações nas quatro folhas centrais segundo Castelo Branco *et al.* (1996), totalizando quatro aplicações. As avaliações aconteciam uma vez por semana onde se contava o número de perfurações e o número de lagartas presentes nas folhas e no dia seguinte eram feitas as aplicações de inseticida. As pulverizações foram encerradas quando as plantas se encontravam com a cabeça completamente formada.

As plantas também foram avaliadas quanto à produção comercial (peso da massa fresca e circunferência da cabeça) e quanto aos danos causados por *P.xylostella* no

momento da colheita segundo escala de notas proposta por Castelo Branco *et al.*, (1999) onde: nota 1 (cabeças sem perfurações ou com perfurações muito pequenos – comerciais); nota 2 (cabeças com perfurações médios – comerciais); nota 3 (cabeças com perfurações grandes – não comerciais); nota 4 (cabeças totalmente danificadas – não comerciais) . Os dados foram submetidos inicialmente à análise de variância (ANOVA), sendo que para os dados relacionados ao número de lagartas e perfurações por plantas a análise foi efetuada como parcelas repetidas no tempo, sendo levado em consideração o efeito dos tratamentos e da interação entre os tratamentos e as datas de avaliação. Todas as análises foram feitas utilizando-se o software computacional Sisvar (FERREIRA, 2003) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Os dados de numero de perfurações e larvas nas quatro folhas centrais, não tiveram distribuição normal, motivo pelo qual foram transformados para raiz quadrada de $x+1$ antes de serem submetidas à análise de variância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Densidade de lagartas nas folhas

Houve efeito dos tratamentos no número de lagartas de *Plutella xylostella* nas plantas de repolho em todas as datas de avaliação onde observou-se que aos 37 DAP os tratamentos Sifol, Dipel, Agrosilício + Dipel, Sifol + Decis e Sifol + Dipel mostraram as menores densidades diferindo da testemunha o que se repetiu na maioria das avaliações (Tabela 1). A menor média no somatório das avaliações foi verificada na solução composta por Sifol + Dipel que não diferiu das médias observadas nas plantas tratadas com Sifol + Decis e Sifol. As maiores médias do número de lagartas por planta foram observadas no tratamento de Agrosilício e Testemunha, não sendo observada diferença significativa entre elas.

A associação entre Sifol com os inseticidas Decis ou Dipel proporcionou menor número de lagartas, evidenciando casos clássicos de ação de sinergismo entre os produtos. Quanto ao Decis, houve aumento de 76% na eficiência do Decis, quando associado ao Sifol, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 26% na eficiência do Sifol, quando associado ao Decis, em relação ao seu uso isolado. No tocante ao Dipel, houve aumento de 82,5% na eficiência do Dipel, quando associado ao Sifol, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 52% na eficiência do Sifol, quando associado ao Dipel, em relação ao seu uso isolado.

A ação sinérgica também foi verificada na associação entre Agrosilício com Inseticidas Decis ou Dipel. Quanto ao Decis, houve aumento de 11% na eficiência do Decis, quando associado ao Agrosilício, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 39% na eficiência do Agrosilício, quando associado ao Decis, em relação ao seu uso isolado. No tocante ao Dipel, houve aumento de 9,5% na eficiência do Dipel, quando associado ao Agrosilício, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 44% na eficiência do Agrosilício, quando associado ao Dipel, em relação ao seu uso isolado.

De acordo com Odum (2007), sinergismo é um fenômeno químico no qual o efeito obtido pela ação combinada de duas substâncias diferentes é maior do que a soma dos efeitos individuais dessas mesmas substâncias, fato que foi observado de acordo com os resultados descritos.

Neri *et al* (2005), avaliando a interação de silício via solo e via foliar com inseticida regulador de crescimento no manejo de *Spodoptera frugiperda* em milho

observaram interações positivas entre o defensivo e o elemento, com possibilidade de reduzir pela metade a dose de inseticida utilizado quando associado ao silício.

Tabela 1. Número de lagartas de *Plutella xylostella* presentes nas quatro folhas centrais de repolho cultivar kenzan por tratamento e por data de amostragem. Brasília – DF, UnB, 2014

Tratamento	37 DAP	44 DAP	51 DAP	58 DAP	65 DAP	72 DAP	79 DAP	MEDIA
Agrosilício	1,40 b	0,20 a	1,40 b	1,00 b	1,00 b	1,00 b	1,20 b	1,03 c
Sifol	0,20 a	0,00 a	0,00 a	0,20 a	1,00 b	0,20 a	0,00 a	0,23 a
Decis	1,80 b	1,40 b	1,00 b	0,00 a	0,80 b	0,00 a	0,00 a	0,71 b
Dipel	0,60 a	1,00 b	1,00 b	0,00 a	1,00 b	0,80 b	0,00 a	0,63 b
Agrosilício + Decis	1,20 b	1,00 b	1,00 b	0,00 a	0,20 a	1,00 b	0,00 a	0,63 b
Agrosilício + Dipel	0,60 a	0,40 a	1,20 b	0,00 a	0,40 a	1,40 b	0,00 a	0,57 b
Sifol + Decis	0,20 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,00 b	0,00 a	0,17 a
Sifol + Dipel	0,40 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a	0,40 a	0,00 a	0,11 a
Testemunha	1,20 b	1,60 b	2,60 c	1,20 b	0,60 b	0,40 a	0,00 a	1,09 c
CV %	18,09	13,08	10,80	7,13	10,87	17,05	9,57	12,20

Dados transformados em vx+ 1. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

3.2 Números de perfurações causados por *P. xylostella*

Foi observado efeito dos tratamentos no número de perfurações da traça-das-crucíferas nas plantas de repolho (Tabela 2). As médias dos tratamentos com silício, inseticidas e silício com inseticidas foram inferiores e diferentes significativamente das médias observadas no tratamento testemunha. Esse fato confirma a presença da praga no campo, em nível populacional adequado à avaliação dos tratamentos de controle.

A menor média de perfurações foi observada na solução composta por Sifol + Decis, que não diferiu dos resultados observados nas plantas tratadas com Sifol + Dipel, Sifol e Agrosilício + Dipel. É importante ressaltar que a solução de Sifol + Dipel, que corresponde ao controle biológico *Bacillus thuringiensis*, não apresentou diferença da solução Sifol + Inseticida Piretróide Decis.

Esse efeito pode ser atribuído à adubação do silício via foliar que interfere na preferência alimentar da praga, na mortalidade e na anatomia da mandíbula de lagartas de *Plutella xylostella* (FREITAS *et al*, 2012).

Monnerat *et al* (2000), em experimentos sobre o efeito do *Bacillus thuringiensis* e inseticidas químicos na traça-das-crucíferas, verificaram que os produtos à base de *B. thuringiensis* não afetaram os adultos dos parasitóides. Dessa forma, os adultos que pousam sobre as plantas tratadas podem localizar hospedeiros nas partes da planta onde os bioinseticidas não se encontram depositados, parasitando lagartas que não foram intoxicadas e complementando a ação de controle. Esta propriedade de *B.thuringiensis* o faz ser indicado para o uso em programas de manejo integrado da traça-das-crucíferas. O inseticida Decis não possui ação translaminar. Com isso não atinge larvas localizadas nas cabeças ou folhas externas da planta. Portanto, os resultados obtidos mostram que a eficiência do controle biológico pode ser superior ao controle químico.

Além disso, no tratamento com Decis foi observado nível de controle nas três primeiras datas de avaliação. No tratamento com solução Agrosilício + Decis, nas duas primeiras datas de avaliação e no tratamento com Dipel apenas na 6ª avaliação. Nas plantas que receberam os tratamentos com solução Agrosilício + Dipel, Sifol + Decis e solução Sifol + Dipel não foi observado nível de controle em nenhuma das datas de avaliação. Em todos os tratamentos onde foi utilizado Dipel verificou-se menor número de perfurações comparado aos tratamentos com Decis.

A associação entre Sifol e os inseticidas Decis ou Dipel proporcionou menor número de perfurações, evidenciando ação sinérgica entre os produtos. Quanto ao Decis, houve aumento de 71,9% na eficiência do inseticida, quando associado ao Sifol, comparado ao seu uso isolado e houve aumento de 38% na eficiência do Sifol quando associado ao Decis, em relação ao seu uso isolado. Com relação ao Dipel, houve aumento de 50% na eficiência do Dipel quando associado ao Sifol, comparado ao seu uso isolado e houve aumento de 12% na eficiência do Sifol, quando associado ao Dipel, comparado ao seu uso isolado.

O sinérgico também foi verificado na associação entre Agrosilício + inseticidas Decis ou Dipel. Quanto ao Decis, houve aumento de 17% na eficiência do Decis, quando associado ao Agrosilício, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 39% na eficiência do Agrosilício, quando associado ao Decis, em relação ao seu uso isolado. No tocante ao Dipel, houve aumento de 15% na eficiência do Dipel, quando

associado ao Agrosilício, em relação ao seu uso isolado e houve aumento de 54% na eficiência do Agrosilício, quando associado ao Dipel, em relação ao seu uso isolado.

Tabela 2. Número de perfurações de *Plutella xylostella* presentes nas quatro folhas centrais de repolho cultivar kenzan por tratamento e por data de amostragem. Brasília – DF, UnB, 2014

Tratamento	37 DAP	44 DAP	51 DAP	58 DAP	65 DAP	72 DAP	79 DAP	MEDIA
Agrosilício	6,40 b	7,00 b	6,20 b	10,00 b	10,80 b	6,20 b	5,40 b	7.43 c
Sifol	1,20 a	2,80 a	2,60 a	3,20 a	3,00 a	1,00 a	3,60 a	2,49 a
Decis	8,60 b	8,80 b	6,00 b	4,60 a	4,00 a	4,40 b	2,00 a	5,49 b
Dipel	4,40 a	4,02 a	5,40 b	4,72 a	3,24 a	6,60 b	2,20 a	4,37 b
Agrosilício + Decis	7,20 b	7,40 b	4,80 b	4,00 a	3,60 a	3,60 a	1,20 a	4,54 b
Agrosilício +Dipel	3,60 a	3,36 a	4,20 b	3,60 a	2,40 a	5,20 b	1,40 a	3,39 a
Sifol + Decis	1,60 a	2,20 a	0,20 a	2,60 a	1,60 a	1,00 a	1,04 a	1,55 a
Sifol + Dipel	2,20 a	2,00 a	1,00 a	3,40 a	1,32 a	2,00 a	3,40 a	2,19 a
Testemunha	9,60 b	10,20 b	16,20 c	12,60 b	8,40 b	8,00 b	6,40 b	10,02 d
CV %	24,59	18,65	21,86	21,28	22,46	17,45	26,55	26,32

Dados transformados em vx+ 1. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

3.3 Notas atribuída no momento da colheita de acordo com o nível de injúria e características produtivas

Não foi observado efeito significativo dos tratamentos para peso fresco de cabeça e circunferência (tabela 3), com exceção das plantas submetidas ao tratamento com sifol + dipel onde para peso de cabeça foi observado o maior valor. Esse resultado pode ser devido à influência da adubação com silício nas características fisiológicas da cultura.

O silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal como foi constatado por Braga (2009) pelo aumento da matéria fresca e seca em plantas de abacaxi. Segundo Korndorfer *et al* (2004) os efeitos do silício no aumento da produção das culturas estão relacionados ao mecanismo de defesa física da planta pela deposição do elemento entre a lamela média e a epiderme da folha, indução de fenóis, que consequentemente estimulam as fitoalexinas, à diminuição do acamamento, redução da transpiração,

aumento da capacidade fotossintética e outros efeitos. Silveira Junior *et al* (2003) também obtiveram aumentos de produção de colmos em cana-de-açúcar em condições de campo. Em arroz foi observada uma resposta positiva à aplicação de Si, com aumento da massa seca da parte aérea e da produtividade.

Analisando as notas atribuídas no momento da colheita de acordo com o nível de injúria causada por *P. xylostella* observou-se que a menor nota foi alcançada pelo tratamento com sifol que não diferiu das plantas tratadas com sifol + dipel e sifol +: decis. A maior nota e as plantas com pior aspecto estético foram observadas no tratamento testemunha onde não aplicou-se nenhum método de controle e que não diferiu da nota atribuída às plantas tratadas com agrosilício + decis. Ainda sobre a estética das plantas, verificou-se que tratamentos com Agrosilício apresentaram efeito intermediário, ou seja, as notas variaram entre 2,3 e 3,2 em função da presença do Dipel ou Decis.

Praça *et al* (2007) avaliaram a suscetibilidade da traça-das-crucíferas a produtos a base de *Bacillus thuringiensis* e deltametrina em cultivo de repolho no Distrito Federal. Os autores observaram que parcelas tratadas com bioinseticida Dipel e o bioinseticida com a estirpe nativa apresentaram resultados superiores na estética do produto.

Inseticidas a base de deltametrina ainda são indicados e utilizados no controle de *P. xylostella*, porém já se sabe da existência de populações resistentes tanto a deltametrina (GEORGHIOU & LAGUNESTEJADA, 1991) como ao Bt (CASTELO BRANCO & GATEHOUSE, 1997).

Como observamos nos resultados deste trabalho, os tratamentos aliados à aplicação de silício foram mais eficientes do que o seu efeito isolado isto se deu provavelmente pela ação protetora que o silício exerce sobre a planta. O efeito da proteção mecânica do silício nas plantas contra os insetos é atribuído ao seu depósito na forma de sílica amorfa na parte externa da parede celular (COSTA & MORAES, 2002; BASAGLI *et al.*, 2003; JULIATTI & KORNDÖRFER, 2003; KORNDÖRFER *et al.*, 2004; CORREA *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2005; MORAES *et al.*, 2005; COSTA & MORAES, 2006; DALASTRA *et al.*, 2011). O silício atua como agente indutor de resistência contra insetos-praga (FAWE *et al.*, 2001; GOMES *et al.*, 2005; 2008; COSTA *et al.*, 2009; MASSEY & HARTLEY, 2009; MORAES *et al.* 2009; REYNOLDS *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010; DALASTRA *et al.*, 2011) e a silificação da epiderme pode impedir a penetração e a mastigação pelos insetos devido

ao endurecimento da parede das células vegetais (CHÉRIF *et al.*, 1992; DATNOFF *et al.*, 2001; GHANMI *et al.*, 2004; CURRIE & PERRY, 2007; GOMES *et al.*, 2008).

Tabela 3. Peso médio de cabeça, circunferência e nota atribuída no momento da colheita em função da injúria causada por *P. xylostella* por tratamento. Brasília – DF, UnB, 2014

Tratamento	Peso médio (g)	Circunferência (cm)	NOTA
Agrosilício	713,0 a	45,88 a	2,20 c
Sifol	722,8 a	47,12 a	1,00 a
Decis	603,2 a	44,12 a	2,60 c
Dipel	725,0 a	46,68 a	1,80 b
Agrosilício + Decis	643,4 a	45,08 a	3,20 d
Agrosilício + Dipel	715,4 a	45,24 a	2,20 c
Sifol + Decis	675,2 a	43,04 a	1,00 a
Sifol + Dipel	1041,6 b	53,12 a	1,00 a
Testemunha	602,0 a	43,36 a	3,60 d

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

4 CONCLUSÃO

A aplicação de Agrosilício ou Sifol reduziu a infestação e as injúrias da praga sobre a planta, diminuindo o número de aplicações de agrotóxicos por não atingir o nível de controle nestes tratamentos comparado à testemunha.

Verificou-se ação sinérgica na associação entre silício e inseticidas, aumentando a eficiência dos produtos da mistura comparada aos efeitos individuais. Portanto, o controle da traça foi potencializado por essa associação e aplicação de silício pode ser uma alternativa viável a ser inserida em um plano de manejo da praga.

Além de proporcionar a melhor avaliação estética, a mistura Sifol + Dipel resultou em menor número de perfurações causado pela *Plutella xylostella* nas plantas de repolho e menor incidência da praga sobre a cultura.

O uso da mistura Sifol + Dipel apresenta grande potencial para programas de manejo integrado de pragas em lavouras convencionais, bem como para sistemas de produção orgânica sendo que para o último são necessários estudos mais conclusivos e detalhados sobre o efeito do silício na dinâmica dos inimigos naturais e sua ação conjunta com outras práticas de manejo orgânico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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*, v.32, p.659-663, 2003.

BOIÇA JUNIOR, A. L.; MEDEIROS, C. A. M.; TORRES, A. L.; CHAGAS FILHO, N. R. **Efeito de extratos aquosos de plantas no desenvolvimento de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em couve.** *Arquivos do Instituto Biológico*, São Paulo, v.72, n.1, p.45-50, 2005.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; NEUWALD, D. A.; SESTARI, I. **Armazenamento de maçã gala em atmosfera controlada com remoção de etileno.** *Ciência Rural*. Santa Maria, vol.33, p.647-650, 2003.

BRAGA, F. T. **Características anatômicas de mudas demorangueiro micropropagadas com diferentes fontes de silício.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.2, p.128-132, 2009.

CASTELO BRANCO, M.; GATEHOUSE, A. G. **Insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the Federal District, Brazil.** *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v.26, p.75-79, 1997.

CASTELO BRANCO, M.; AMARAL, P. S. T. **Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.3, p. 410-415, 2002.

CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A. **Impacto de inseticidas sobre parasitóides da traça-das-crucíferas em repolho no Distrito Federal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 7-13, jan. 2001.

CASTELO BRANCO, M.; PONTES, L. A.; AMARAL, P. S. T.; MESQUITA, M. V. **Inseticidas para o controle da traça-do-tomateiro e broca grande e impacto dos produtos sobre *Trichogramma pretiosum*.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.21, n.4, p.652-654, 2003.

CASTELO BRANCO, M.; VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H. **Nível de dano de traça das crucíferas em repolho.** *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.14, n.2, p.154-157, 1996.

CHÉRIF, M.; MENZIES, J. G.; BENHAMOU, N.; BÉLANGER, R. R. **Studies of silicon distribution in wounded and *Pythium ultimum* infected cucumber plants.** *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.41, p.371-385, 1992.

- 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*, v.34, p.429-433, 2005.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; COSTA, R. R. **Interação silício-imidacloprid no comportamento biológico e alimentar de *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.455-460, 2009.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C. **Resistência induzida em sorgo por silicato de sódio e infestação inicial pelo pulgão-verde *Schizaphis graminum*.** *Revista Ecosistema*, v.27, p.37-39, 2002.
- COSTA, R. R.; MORAES, J. C. **Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-s-methyl na resistência de plantas de trigo ao *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae).** *Neotropical Entomology*, v.35, p.834-839, 2006.
- CURRIE, H. A.; PERRY, C. C. **Silica in plants: biological, biochemical and chemical studies.** *Annals of Botany*, n.100, p.1383-1389, 2007.
- DALASTRA, C.; CAMPOS, A. R.; FERNANDES, F. M.; MARTINS, G. M.; CAMPOS, Z. R. **Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, p.531-538, 2011.
- DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. **Silicon in Agriculture.** Amsterdam: Elsevier, 403p, 2001.
- DIAS, D. G. S.; SOARES, C. M. S.; MONNERAT, R. G. **Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle de traça-das-crucíferas em couve-flor no Distrito Federal.** *Horticultura Brasileira*, v.22, p.387-390, 2004.
- EPSTEIN, E. **Silicon.** Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 50:641-664. 1999.
- FAWE, A.; MENZIES, J. G.; CHERIF, M.; BÉLANGER, R. R. **Silicon and disease resistance in dicotyledons.** In: Datnoff LE, Snyder GH.; Korndorfer GH. (Eds.). Silicon in Agriculture. Amsterdam, p.159-169. 2001.
- FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67).** Lavras: DEX/UFLA, 2003.
- FREITAS, L. M.; JUNQUEIRA, A. M. R.; MICHEREFF FILHO, M. **Potencial de uso do silício no manejo integrado da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella*, em plantas de repolho.** *Revista Caatinga*, v.25, p.8-13, 2012.

GEORGHIOU, G.; LAGUNES-TEJADA, A. **The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. An index of cases reported through.** Rome: FAO, 1991. 318p. 1989.

GHANMI, D.; MCNALLY, D. J.; BENHAMOU, N.; MENZIES, J. G.; BELANGER, R. R. **Powdery mildew of *Arabidopsis thaliana*: A pathosystem for exploring the role of silicon in plant-microbe interactions.** *Physiological and Molecular Plant Pathology*, v.64, p.189–199, 2004.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. **Uso de silício como indutor de resistência em batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae).** *Neotropical Entomology*, 37, 185-190. 2008b.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; ASSIS, G. A. **Silício e imidacloprid na colonização de plantas por *Myzus persicae* e no desenvolvimento vegetativo de batata inglesa.** *Ciência Rural*, v.38, p.1209-1213, 2008a.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D.; GOUSSAIN, M. M. **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids.** *Scientia Agricola*, v.62, p.547–551, 2005.

GOUSSAIN, M. M.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J.; NOGUEIRA, N. L.; ROSSI, N. 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*, p.306-310, 2002.

JULIATTI, F. C.; KORNDÖRFER, G. H. **Uso do Silício no manejo integrado de doenças de plantas: experiência brasileira.** *Fitopatologia Brasileira*, v.28, p.45-52. 2003.

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

KVEDARAS, O. L.; BYRNE, M. J.; COOMBES, N. E.; KEEPING, M. G. **Influence of plant silicon and sugarcane cultivar on mandibular wear in the stalk borer *Eldana saccharina*.** *Agricultural and Forest Entomology*, v.11, p.301–306, 2009.

LIANG, G. M.; CHEN, W.; LIU, T. X. **Effects of three neem-based insecticides on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae).** *Crop Protection*. v.22, p.333-340, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** San Diego: Academic Press, 889 p, 1995.

MASSEY, F. P.; ENNOS, A. R.; HARTLEY, S. E. **Silica in grasses as a defense against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder.** *Journal of Animal Ecology*, 75, 595-603, 2007.

MEDEIROS, C. A. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; TORRES, A. L. **Efeito de extratos aquosos de plantas na oviposição da traça-das-crucíferas, em couve.** *Bragantia*, Campinas, v.64, n.2, p.227-232, 2005.

MONNERAT, R. G.; BRAVO, A. **Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência.** In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L. (Ed.). *Controle biológico*. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 2000. v.3, p.163-200.

MORAES, J. C.; FERREIRA, R. S.; COSTA, R. R. **Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.33, p.1260-1264. 2009.

MORAES, J. C.; GOUSSAIN, M. M.; CARVALHO, G. A.; COSTA, R. R. **Feeding non-preference of the corn leaf aphid *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) to corn plants (*Zea mays* L.) treated with silicon.** *Ciência e Agrotecnologia*, v.29, p.761-766. 2005.

NERI, D. K. P.; GOMES, G. B.; COSTA, R. R.; MORAIS, J. C. **Effects of silicon on corn resistance to fallarmyworm *Spodoptera frugiperda*(J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its interaction with insect grow regulation.** In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE, 3., 2005, Uberlândia. Anais..., Uberlândia: UFU/ICIAG, 152 p, 2005.

ODUM, E. P. **Fundamentos em ecologia.** São Paulo: Thonsom Learning, 2007.

PEREIRA, R. R. C.; MORAES, J. C.; PRADO, E.; DACOSTA, R. R. **Resistance inducing agents on the biology and probing behaviour of the greenbug in wheat.** *Scientia Agricola*, v.67, p.430-434, 2010.

PICANÇO, M. C.; GUSMÃO, M. R.; GALVAN, T. L. **Manejo integra-do de pragas de hortaliças.** In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). *Manejo integrado de doenças, pragas e ervas daninhas*. Viçosa: UFV, v.2, p.275-324, 2000.

PRAÇA, L. B.; RAMOS, R. R.; OLIVEIRA, F. W.; SOARES, C. M.; SUJII, E.; MONNERAT, R. G. **Avaliação da Suscetibilidade da *Plutella Xylostella*(Traça das crucíferas) a produtos a base de *Bacillus Thuringiensis* e Deltametrina em cultivo de repolho o Distrito Federal.** Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 15 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Comunicado Técnico, 176), 2007.

PRATISSOLI, D; FERREIRA, F. F.; BARROS, R; PARRA, J. R. P.; FERREIRA, C. L. T. **Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* em ovos da traça-das-crucíferas sob diferente temperaturas.** *Horticultura brasileira*, Brasília, v.22, n.4, p.754-757, out-dez. 2004.

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

- SARFRAZ, M.; DOSDALL, L. M.; KEDDIE, B. A. **Spinosad: a promising tool for integrated pest management**. *Outlooks on Pest Management*, v.16, p.78-84. 2005.
- SILVEIRA JÚNIOR, E. G.; PENATTI, C.; KORNDÖRFER, G. H.; CAMARGO, M. S. **Silicato de cálcio e calcário na produção e qualidade da cana-de-açúcar: usina Catanduva**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO: Alicerce dos Sistemas de Produção, 39., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Resumos...** Ribeirão Preto: USP,. p. 66, 2003.
- SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. Circular Técnica IPEF. N.200, p.1-13. 2003.
- SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; ROCHA, S. L.; DE SÁ, V. G. M.; SERRÃO, J. E. **Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil**. *Phytoparasitica*, v.35, p.314-318. 2007.
- THULER, R. T.; BORLOLI, S. A. S.; LOPES, B. S. **Toxicidade de inseticidas vegetais e químicos para *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20, Resumos, 2004, Gramado. Anais... Gramado: Sociedade Entomológica do Brasil, p.338, 2004.
- VIANNA, U. R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; LIMA, E. R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F. F.; SERRÃO, J. E. **Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effects on descendent generation**. *Ecotoxicology* v.18, p.180-186. 2009.