



GILSON LAGES FORTES PORTELA

Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. e fava *Phaseolus lunatus*

Teresina - PI
2018

GILSON LAGES FORTES PORTELA

Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 em feijão- caupi (*Vigna unguiculata* (L.)) Walp. e fava *Phaseolus lunatus*

Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador

Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva

Teresina - PI
2018

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

P843i Portela, Gilson Lages Fortes
Indutores de resistência ao pulgão *Aphis craccivora* Koch,
1854 em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*(L.) Walp e fava 2018.
66 f. : il..

Tese (Doutorado em Agronomia)– Universidade Federal
do Piauí, Programa de Pós-Graduação, Teresina, 2018
Orientação: Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva

1. Afídeos 2. Resistência induzida 3. Proteção de plantas
4. MIP 5. Antibiose I. Título

CDD 595.752

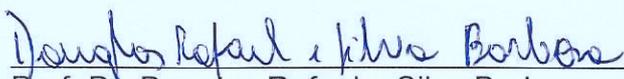
GILSON LAGES FORTES PORTELA

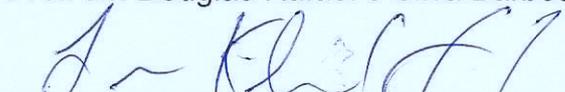
INDUTORES DE RESISTÊNCIA AO PULGÃO *Aphis craccivora* KOCH,
1854 EM FEIJÃO CAUPI (*Vigna unguiculata* (L.) WALP. E FAVA
Phaseolus lunatus

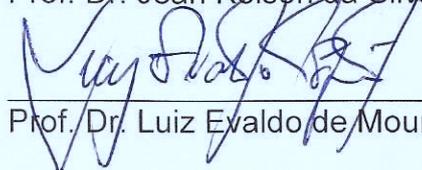
Tese apresentada à Universidade Federal do Piauí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Agricultura Tropical, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

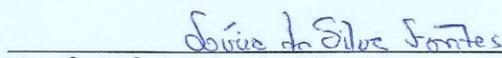
APROVADA em 28 de fevereiro de 2018.

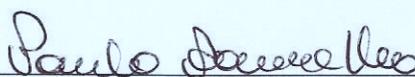
Comissão Julgadora:


Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – IFMA


Prof. Dr. Jean Kelson da Silva Paz – UESPI


Prof. Dr. Luiz Evaldo de Moura Pádua – CCA/UFPI


Prof.^a. Dr.^a. Lúcia da Silva Fontes – CCN/UFPI


Prof. Dr. Paulo Roberto Ramalho Silva – CCA/UFPI
(Orientador)

TERESINA-PI

2018

Dedico esta tese à minha esposa Ivonizete, filhas Mariana e Maria Vitória, pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos a todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

A Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade desta formação profissional;

Ao professor Dr. Paulo Roberto Ramalho e Silva; pela orientação e confiança na realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Luiz Evaldo de Moura pela amizade e ensinamentos;

Ao colega do doutorado José Edmir Girão Filho, pelo convívio e ajuda na condução do trabalho;

Aos servidores do Laboratório de Nutrição Animal Lindomar e Manoel pela disponibilidade durante o desenvolvimento dos trabalhos no laboratório de Nutrição Animal;

Ao colega de IFMG Dr. José Maria Gomes Neves, pela importante contribuição;

Ao colega Luiz Carlos de Melo Junior e Raniel Lustosa de Moura, pela ajuda na estatística e gráficos;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, pelo apoio;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Agricultura Tropical pelos valiosos ensinamentos repassados.

“Se temos uma biblioteca e um jardim
temos tudo”.
(Marcus Cícero)

RESUMO

A indução de resistência consiste na ativação dos mecanismos naturais de defesa das plantas. O pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 destaca-se entre os insetos considerados pragas do feijão-caupi *Vigna unguiculata* e da fava *Phaseolus lunatus*. Objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos da aplicação de silício na indução de resistência de plantas de feijão-caupi e da fava ao pulgão *A. craccivora*, bem como avaliar o efeito de Acibenzolar-S-metil (ASM) como indutor de resistência em feijão-caupi em relação ao ataque deste inseto. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia do Setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Foram utilizados para a avaliação dos efeitos biológicos da aplicação do silício os seguintes tratamentos para feijão-caupi: silício aplicado no solo, silício aplicado no solo + foliar, silício foliar e testemunha sem aplicação do silício. Para fava foram utilizadas: silício aplicado no solo, silício aplicado no solo + foliar, silício foliar e testemunha sem o silício. O ácido silícico foi aplicado em uma solução a 1% ao redor do caule das plantas (solo), quinze dias após a emergência, diluindo-se 2,0 g do produto em 200 mL de água. Já a aplicação foliar foi realizada com pulverizador de 2L cinco dias após a aplicação em solo. Foram avaliados os parâmetros: duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a fecundidade diária. Foram avaliados também os teores de silício e de lignina nas plantas. A não preferência de *A. craccivora* após a aplicação de silício em feijão-caupi também foi realizada após 24h, 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada secção foliar. Em fava, as avaliações foram realizadas após 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada secção foliar. Já para os efeitos da aplicação de ASM em feijão-caupi foram utilizados os tratamentos: 0,10g L⁻¹; 0,20g L⁻¹; 0,30g L⁻¹ e testemunha sem ASM. O ASM foi aplicado pulverizando-se 10 mL de solução por planta, quinze dias após a emergência. A não preferência de *A. craccivora* após a aplicação de ASM em feijão-caupi também foi realizada após 24h, 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada secção foliar. A aplicação de silício promove a redução da produção de ninfas, interferindo nos aspectos biológicos de *A. craccivora*, tem potencial para ser utilizado num programa de manejo de pragas do feijão-caupi e de fava e acibenzolar-S-metil induziu mecanismo de não-preferência a *A. craccivora* em feijão-caupi.

Palavra chave: Resistência induzida. Afídeos. Proteção de plantas. MIP. Antibiose.

ABSTRACT

The induction of resistance consists in the activation of the natural mechanisms of defense of the plants. The black aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854 stands out among insects considered to be pests of cowpea beans *Vigna unguiculata* and fava beans *Phaseolus lunatus*. The objective of this study was to evaluate the effects of silicon application on the induction of resistance of cowpea *Vigna unguiculata* and fava bean plants *Phaseolus lunatus* to the black aphid *A. craccivora*, as well as to evaluate the effect of Acibenzolar-S-methyl (ASM) as an inducer of resistance in cowpea in relation to the attack of the black aphid *A. craccivora*. The experiment was conducted in the Entomology Laboratory of the Phytosanitary Sector of the Centro de Ciências Agrárias from Universidade Federal do Piauí (UFPI). Were used for the evaluation of biological effects of silicon application in the following treatments for cowpea beans: silicon applied to soil, silicon applied to soil + leaf, leaf silicon and control, without silicon. The silicic acid was applied in a 1% solution around the stem of the plants (soil), fifteen days after emergence, by diluting 2.0 g of the product in 200 ml of water. Leaf application was performed with 2L spray five days after application to the soil. Were evaluated the biological variables: generation period, reproductive period, the fecundity and the daily average of nymphs per female. The silicon and lignin contents were also evaluated in the plants. The non-preference of *A. craccivora* on beans was also performed after 24h, 48h and 72h of infestation by counting nymphs at 24h, 48h and 72h and adults at each leaf session. In fava beans the evaluations were performed after 48h and 72h of infestation by counting nymphs at 48h and 72h and adults at each leaf session.). For the effects of ASM application on cowpea, treatment were used: 0,10g L; 0,20g L; 0,30g L and control without ASM. Acibenzolar-S-methyl was applied by spraying 10mL of solution per plant fifteen days after emergence. The non-preference of *A. craccivora* on beans was also performed after 24h, 48h and 72h of infestation by counting nymphs at 24h, 48h and 72h and adults at each leaf session. The application of silicon promotes the reduction of nymphs production, interfering with the biological aspects of *A. craccivora*, has the potential to be used in a program of pest management of cowpea and fava bean, and that acibenzolar-S-methyl induced mechanisms of non-preference to *A. craccivora* in cowpea beans.

Key-word: Induced resistance. Aphid. Plants protection. MIP. Antibiosis.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

TABELA 1. Número de adultos, ninfas e número de ninfas acumuladas em teste com chance de escolha após a aplicação de silício em feijão-caupi.....	38
TABELA 2. Período Ninfal (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.....	39
TABELA 3. Longevidade (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.....	39
TABELA 4. Fecundidade (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.....	40
TABELA 5. Média diária de ninfas por fêmea (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.....	40

CAPITULO II

TABELA 1. Número de adultos, ninfas e número de ninfas acumuladas em teste com chance de escolha após a aplicação de silício em fava <i>Phaseolus lunatus</i>	52
TABELA 2. Período Ninfal (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de em fava <i>Phaseolus lunatus</i> tratadas com silício	52
TABELA 3. Longevidade (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de fava <i>Phaseolus lunatus</i> tratadas com silício	52
TABELA 4. Fecundidade (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de fava <i>Phaseolus lunatus</i> tratadas com silício	53
TABELA 5. Média diária de ninfas por fêmea (média \pm erro padrão) de pulgões <i>A. craccivora</i> em plantas de fava <i>Phaseolus lunatus</i> tratadas com silício	53

CAPITULO III

Tabela 1. Número de adultos, ninfas e número de ninfas acumuladas em teste com chance de escolha, em feijão-caupi tratadas com acibenzolar-S-metil.....	64
Tabela 2. Índice de repelência (IR) para adultos de <i>A. craccivora</i> às 72 horas em feijão-caupi tratado com acibenzolar-S-metil.....	65

Tabela 3. Aspectos biológicos (período ninfal, longevidade, fecundidade, número médio de ninfas por dia) de <i>A. craccivora</i> em feijão-caupi tratado com acibenzolar-S-metil.....	66
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

FIGURA 1. Teor de lignina (%) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de feijão-caupi após a aplicação de silício.....	41
FIGURA 2. Teor de silício (mg/kg) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de feijão-caupi após a aplicação do silício.....	42

CAPÍTULO II

FIGURA 1. Teor de silício (mg/kg) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de Fava <i>Phaseolus lunatus</i> após a aplicação do silício.....	54
FIGURA 2. Teor de lignina (%) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de <i>Phaseolus lunatus</i> após a aplicação do silício.....	56

SUMÁRIO

RESUMO

GERAL	viii
ABSTRACT	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBIOGRÁFICA	
2.1 Considerações gerais sobre feijão-caupi.....	16
2.2 Considerações gerais sobre fava.....	17
2.3 Aspectos biológicos, distribuição e controle do pulgão <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854.....	17
2.4 Indução de resistência.....	19
2.5 Indutores de resistência: Silício e Acibenzolar- S- metil.....	23
Referências.....	26
3 CAPÍTULO I – Silício como indutor de resistência no controle do pulgão <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	
3.1 Resumo.....	32
3.2 Abstract	33
3.3 Introdução.....	34
3.4 Material e Métodos.....	35
3.5 Resultados e Discussão.....	37
3.6 Conclusões.....	42
Referências.....	42
4 CAPÍTULO II – Silício como indutor de resistência no controle do pulgão <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em fava <i>Phaseolus lunatus</i>	
4.1 Resumo.....	46
4.2 Abstract.....	47
4.3 Introdução.....	48
4.4 Material e Métodos.....	49
4.5 Resultados e Discussão.....	51
4.6 Conclusões.....	56

Referências.....	56
5 CAPITULO III – Efeito de Acibenzolar-S-metil (ASM) como Indutor de resistência do pulgão <i>Aphis craccivora</i> Koch, 1854 em em feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	
5.1 Resumo.....	59
5.2 Abstract.....	60
5.3 Introdução.....	61
5.4 Material e Métodos.....	62
5.5 Resultados e Discussão.....	64
5.6 Conclusões.....	66
Referências.....	66

1 INTRODUÇÃO

O feijão-caupi é cultivado nas regiões tropicais e subtropicais, tendo uma grande importância na alimentação e como fonte geradora de renda, principalmente para as populações de baixa renda. Junto com a fava (*Phaseolus lunatus*) são fabáceas muito consumidas pela população no mundo (SILVA; BLEICHER, 2010).

Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO) a produção mundial de feijão-caupi no ano de 2014 foi de 5,6 milhões de toneladas, sendo que 95% deste total foi produzido nos países africanos. No Brasil os dados estatísticos oficiais inexistem, pois a produção do feijão-caupi é divulgada junto com o feijão comum (*Phaseolus vulgaris*), mesmo assim, a Embrapa Feijão e Arroz estima uma produção no ano de 2014 de 482.665 toneladas com o estado do Piauí aparecendo como o terceiro produtor nacional, com uma produção de 55.278 toneladas (EMBRAPA MEIO NORTE, 2016).

A fava, *Phaseolus lunatus*, é a segunda fabácea mais importante do gênero *Phaseolus*, importante fonte alimentar devido a sua riqueza em proteína. É uma planta muito utilizada como fonte de alimento e rendimento financeiro, principalmente pela população de baixa renda no Nordeste (SANTOS et al., 2009; ALVES et al., 2014).

De acordo com o IBGE (2016) a área cultivada com a cultura da fava no país no ano de 2016 foi de 20.209 hectares e uma produção de 3.637 toneladas, sendo que mais de 95% da área plantada e da produção foi nos estados nordestinos. Destacando-se os estados da Paraíba, Ceará, Pernambuco e Piauí.

A cultura da fava é atacada pelos mesmos insetos de outras espécies de feijão, entre eles o pulgão preto, *Aphis craccivora* Koch, 1854 (VIEIRA, 1992). Segundo Rakhshani et al. (2005) o pulgão preto é um inseto que ocorre em quase todo o mundo, utilizando diversas plantas para sua alimentação, principalmente as fabáceas.

O controle químico deste inseto, na cultura do feijão-caupi e da fava, é o método mais utilizado pelos produtores. O uso indiscriminado de defensivos agrícolas tem causado grandes impactos ambientais. Isto tem levado a busca por outras formas de controle deste inseto (SILVA et al., 2011).

A descoberta das defesas induzidas é um grande avanço no controle de insetos. A indução de resistência pode ser feita por substâncias naturais ou

sintéticas e estas substâncias são chamadas elicitores (ANDRADA et al., 2013; PINTO-ZEVALLOS; ZARBIN, 2013). A indução de resistência consiste na ativação dos mecanismos naturais de defesas das plantas (CRUZ et al., 2011).

Entre os produtos utilizados como indutores de resistência se destacam o silício e o acibenzolar-S-metil. Esses produtos são responsáveis pela ativação mais rápida dos mecanismos de defesa e estão entre os produtos mais utilizados como indutores de resistência (KUHN, 2007; GOMES; MORAES; NERY, 2009).

O uso de indutores de resistência surge como uma alternativa bastante promissora para o controle de doenças e pragas. Assim, como a resistência de plantas se manifesta em função do ambiente, objetivou-se, com esta pesquisa, avaliar o efeito de indutores de resistência no feijão-caupi e na fava ao pulgão preto.

Para tanto, este trabalho está dividido em uma introdução, revisão de literatura e três capítulos. O primeiro capítulo tem como foco o uso do silício como indutor de resistência no controle do pulgão preto no feijão-caupi; o segundo capítulo o uso do silício como indutor de resistência no controle do pulgão preto na fava; e, no terceiro capítulo uso do acibenzolar-S-metil no controle do pulgão preto no feijão-caupi.

Os capítulos 1, 2 e 3 estão apresentados na forma de artigo científico, segundo normas para submissão das revistas Pesquisa Agropecuária Tropical e Revista Brasileira de Ciências Agrárias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações gerais sobre feijão-caupi

Feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] têm sua origem no continente africano e foi introduzido no Brasil no Século XVII, tornando-se uma importante cultura agrícola no país principalmente nas regiões norte e nordeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

A cultura é bastante rústica, se adapta a diferentes condições de solo, consome pouca água e tem um ciclo rápido. O caupi constitui uma das principais alternativas social e econômica de suprimento alimentar para a população de baixa renda (FREIRE FILHO et al., 2005). A cultura tem maior importância econômica no Norte e Nordeste, mas está se expandindo para fora deste eixo, principalmente para o cerrado do Centro Oeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

O feijão-caupi apresenta algumas características importantes que justificam sua alta aceitação pelos produtores, apresenta um elevado valor nutricional, além de que a cultura é pouco exigente em solo e água (RIBEIRO, 2002).

O caupi é cultivado para ser utilizado na alimentação humana como feijão verde ou seco, muito apreciado pela população nordestina. Mas a espécie também é utilizada na alimentação animal, como excelente adubo verde e na cobertura morta dos solos (FREIRE FILHO et al., 2011).

Apesar da cultura apresentar grande importância alimentar e econômica, principalmente para os pequenos produtores, a cultura apresenta baixo nível tecnológico, levando a uma baixa produtividade (SANTOS et al., 2017).

Existem diversos insetos associados a cultura do feijão-caupi, sendo alguns considerados pragas. Entre os insetos que causam sérios danos a cultura se destacam o pulgão preto, *Aphis craccivora* (Koch, 1854), a cigarrinha-verde, *Empoasca* sp. (Hemiptera: Cecidellidae), mosca branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae); vaquinha-do-feijoeiro, *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) e o manhoso, *Chalcodermus bimaculatus* (Coleoptera: Curculionidae) (SILVA; CARNEIRO, 2000).

2.2 Considerações gerais sobre fava

A fava recebe diversas denominações, como feijão-de-lima, fava-de-lima ou o nome mais comum que é conhecido fava. De acordo com Oliveira et al. (2010) a fava *P. lunatus* é originária do continente Americano e bastante difundida em diversas regiões do mundo. Vieira (1992) afirma que por meio do comércio de escravos a planta chegou no país, onde é cultivada em todos os estados.

Segundo Azevedo, Franco e Araújo (2003) a fava é uma fabacea bastante rústica, na região nordeste é cultivada em geral em consórcio com milho e mandioca, sendo que o ciclo da cultura se estende ao período seco do ano. Ferreira et al. (2010) afirmam que no Brasil a fava é consumida como grãos cozido e nos Estados Unidos, grande produtor mundial, ela é utilizada como conserva.

A cultura é uma alternativa ao consumo dos feijões tradicionais *Phaseolus* e *Vigna*, podendo fornecer proteína vegetal a população. É muito comum o consumo pelas populações rurais do nordeste brasileiro (VIEIRA, 1992; GOMES et al., 2010).

A fava é importante para a agricultura do Nordeste principalmente para o pequeno produtor, mesmo assim a cultura apresenta baixo rendimento devido ao baixo nível tecnológico empregado e a ocorrência de pragas e doenças, entre outros fatores (SIMEÃO et al., 2013).

São poucos os registros no Brasil dos insetos associados a cultura da fava. A maioria dos insetos são associados ao feijão comum *Phaseolus vulgaris*, ficando a fava relegada ao segundo lugar. Isso se deve ao fato de que insetos associados a uma família botânica apresentam geralmente as mesmas pragas (SILVA et al., 2010).

2.3 Aspectos biológicos, distribuição e controle do pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854

O pulgão *A. craccivora* é considerado uma das principais pragas do feijão-caupi, ocorrendo na África, Ásia e América Latina (DE LA PAVAS; SEPÚLVEDA-CANO, 2015). O pulgão preto é um dos insetos mais conhecidos no mundo (BOROWIAK-SOBKOWIAK; DURAK; WILKANIES, 2017). No Brasil o inseto ocorre em toda a região nordeste principalmente no período seco do ano (SANTOS; QUINDERÉ, 1988).

Vieira (1992) relata que existem poucos estudos sobre insetos associados a fava, entre eles se destaca o pulgão preto, *A. craccivora*, com grande potencial para provocar danos na cultura. Para Santos e Quinderé (1988) a maior preocupação com o inseto na cultura da fava é até os 35 dias após a emergência. Eles se localizam em geral nos brotos terminais, podendo também atacar as vagens. A grande preocupação com os pulgões é que são vetores de vírus, transmitindo-os já na picada de prova.

O *A. craccivora* é um inseto cosmopolita e polífago. Recebe diversas denominações como pulgão preto, pulgão preto do feijoeiro, pulgão preto das leguminosas, pulgão do caupi, entre outras (SINGH; SINGH, 2017).

O pulgão preto está associado a diversas culturas agrícolas e espécies de plantas daninhas pertencentes a 19 famílias botânicas, principalmente associados a fabáceas. É uma das mais comuns espécies de pulgão e considerada importante praga nos trópicos (LATINOVIC; KARAMAOUNA; KAVALLIERATOS, 2017)

Os danos que ocorrem no caupi são ocasionados por ninfas e adultos (DE LA PAVAS; SEPÚLVEDA-CANO, 2015). São insetos de pequeno porte, com comprimento do corpo de 1,87 a 2,10 mm, asas com listras transversais no dorso abdominal, de coloração preto brilhante, cauda com poucas sedas, vivem em colônias, sob folhas, brotos novos e flores (PEÑA-MARTINEZ, 1992). Um outro problema é que o pulgão provoca o aparecimento da fumagina, prejudicando os mecanismos de fotossíntese e respiração (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005; GALLO et al., 2002; SANTOS; QUINDERÉ, 1988). Bandeira et al (2015) observaram que as plantas atacadas pelo pulgão preto apresentam baixo desenvolvimento, porte reduzido, sintomas de encarquilhamento de folhas e presença de fumagina.

Um dos grandes problemas da presença do inseto na cultura do feijão-caupi é a transmissão de vírus, principalmente pela presença do Geminivirus, Cowpea Aphid-Borne Virus (CpAMV) e do Blackeye Mosaic Virus (BICpMV) (KITAJIMA et al., 2008). Estes vírus já foram relatados em diversos estados nordestinos, inclusive no estado do Piauí (FREITAS et al., 2012; VALENTE et al. 2014).

O pulgão preto é um inseto de ciclo incompleto, se adaptando as mais diversas condições de temperatura e as fêmeas são insetos ovíparos (BOROWIAK-SOBKOWIAK; DURAK; WILKANIES, 2017).

Rodrigues et al. (2012) afirmam que o pulgão coloniza o hospedeiro e começa a definir se este é apropriado para ele, somente depois é que a fêmea inicia a reprodução ou caso contrário abandona o genótipo e procura outro mais adequado.

O método tradicional para controle desses insetos mais utilizados pelos produtores é o controle químico, mesmo existindo poucos defensivos agrícolas registrados para o feijão-caupi (SILVA et al., 2011).

Silva e Bleicher (2010) afirmam que a alternativa de maior importância para controle do inseto é a busca por genótipos resistentes, principalmente por que plantas resistentes diminuem o uso de defensivos agrícolas e evitam o surgimento de insetos resistentes aos defensivos.

Segundo Lara (1991), uma planta resistente é aquela que devido à sua constituição genotípica é menos danificada que outra, em igualdade de condições. A resistência deve ser considerada, já que uma planta pode manifestar resistência em determinadas condições e manter ou não essa característica em outras condições e que uma planta pode ser resistente a uma determinada espécie de insetos e suscetível a outra.

2.4 Indução de resistência

O termo resistência induzida é utilizado para descrever as defesas induzidas por danos provocados pelos insetos quando as plantas são atacadas e essas defesas tornam as plantas menos suscetíveis a ataques futuros. Esses mecanismos de defesa são divididos em defesa constitutivas ou diretas, específicas da espécie e as defesas induzidas ou indiretas, comuns as plantas em geral (COOPER; GOGGIN, 2005; TAIZ; ZEIGER, 2013; FERNANDES et al., 2009). As defesas indiretas são uma nova e promissora estratégia de defesa contra os danos provocados por insetos (COOPER; GOGGIN, 2005).

Taiz e Zeiger (2013) afirmam que os mecanismos de defesa existentes nos vegetais fazem com que as plantas apresentem respostas aos ferimentos provocados pelos insetos, bem como a identificação de substâncias existentes na saliva que induzem as respostas de defesa. Estas substâncias existentes na saliva são chamadas eliciadores e são responsáveis por desencadear o início das respostas de defesa das plantas.

Em muitos casos os compostos envolvidos nos dois tipos de defesas, induzidas e constitutivas, são os mesmos. Os insetos ativam defesas induzidas locais e sistêmicas envolvendo diversos compostos, como ácido jasmônico e peróxidos de hidrogênio. As plantas também respondem ao ataque de insetos produzindo voláteis usados para afastar insetos, comunicação entre partes da planta e até mesmo entre plantas (GATEHOUSE et al., 2002). A emissão desses compostos voláteis é um importante mecanismo que afeta o comportamento de insetos à procura de alimentos (MELLO; SILVA-FILHO, 2002)

Os compostos secundários produzidos pelas plantas estão envolvidos na defesa da planta contra insetos, essas substâncias podem atuar como repelentes, inibidores de alimentação e ou toxinas. Os metabolitos secundários desempenham funções úteis na planta atuando de forma indutível ou constitutiva. A resistência induzida permite a planta tolerar danos provocados por insetos ou doenças. A alimentação de insetos induz a produção de fitoalexinas, que podem atuar sobre a biologia, fisiologia e comportamento dos insetos (MELLO; SILVA-FILHO, 2002).

Os fatores relacionados com a defesa compreendem respostas da planta que afetam negativamente a preferência dos insetos para seleção hospedeira, oviposição ou alimentação, bem como seu desempenho reprodutivo, crescimento e desenvolvimento. As plantas apresentam metabolitos secundários, proteínas relacionadas com a redução da digestibilidade e enzimas antinutritivas (SCHALLER, 2008).

Os mecanismos de defesa induzida estão relacionados com os produtos do metabolismo secundário dos vegetais que protegem as plantas contra insetos e microrganismos patogênicos. Esses metabolitos são divididos em terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. Os terpenos são sintetizados na rota do ácido mevalônico, onde ocorre uma série de reações até formar os diversos terpenos, substâncias tóxicas e inibidoras do forrageio de muitos insetos. Já a biossíntese dos compostos fenólicos ocorre na rota do ácido chiquímico, esse ácido faz parte de uma sequência de reações que leva a produção dos compostos fenólicos, produtos importantes na defesa vegetal. Se destaca neste grupo a lignina, fitoalexinas e os taninos, além dos piretróides (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Ao serem atacadas por agentes patogênicos e insetos as plantas emitem um sinal iniciando a defesa induzida, esse sinal depende de reguladores endógenos

como o ácido salicílico, o etileno e o ácido jasmônico (HAMMERSCHMIDT; M'ETRAUX; VAN LOON, 2001; ERB; MELDAU; HOWE, 2012). Na realidade parece haver diversas vias de respostas ou sinais, pois há fortes evidências que a sinalização de defesa parece não depender apenas do ácido salicílico e ácido jasmônico (BOSTOCK, 2001). Segundo Rezende et al. (2007) o sinal ocorre quando moléculas do indutor se liga a moléculas receptoras, presente na célula vegetal.

A indução de resistência não se restringe ao local do ataque, mas se estende a partes saudáveis não atacadas por insetos. A natureza sistêmica das respostas da planta requer um sistema de sinalização de longa distância capaz de gerar, transportando e interpretando sinais de alarme produzidos na interface planta-inseto (SCHALLER, 2008).

O ácido jasmônico ou seus metabolitos servem como sinais moveis de longa distância e induz a expressão de genes de defesa em partes distal da planta. As proteínas de defesa geram um sinal localmente como consequência da alimentação de insetos que é propagada ao longo da planta e é capaz de induzir a expressão de defesa (SCHALLER, 2008). Os eliciadores podem ser transportados para outras partes da planta longe do local de ataque para incrementar os níveis de defesas (PASCHOLATI; MELO; DALIO, 2005). A principal rota de sinalização envolvida com a defesa vegetal é a rota de sinalização dos octadecanóides que leva a produção do ácido jasmônico e seus derivados. Quando as plantas sofrem um ataque de insetos os níveis de ácido jasmônico aumentam rapidamente em resposta ao dano causado pelo inseto e leva a produção de muitas enzimas relacionadas com a defesa (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As defesas induzidas aparecem após a herbivoria. Esse mecanismo de defesa inicia com o contato entre insetos e plantas, passando pela elicitação de sinais e biossíntese de diversos compostos envolvidos com a defesa. Esses mecanismos são complexos e ainda não estão completamente entendidos (ARIMURA; KOST; BOLAND, 2005). O fenômeno da resistência induzida foi várias vezes descrito como resistência adquirida sistêmica (SAR) e resistência sistêmica induzida (ISR), a palavra sistêmica enfatiza que a proteção ocorre tanto nas partes da planta tratadas, como não tratadas (HAMMERSCHMIDT; M'ETRAUX; VAN LOON, 2001). Tanto o SAR como ISR promovem um estado fisiológico em que a planta induzida é levada a responder mais rapidamente a uma ameaça do que uma

planta não induzida. Os voláteis produzidos pelas plantas induzidas também podem aumentar a resistência nas plantas vizinhas (LUCAS, 2011).

A resistência induzida consiste no aumento da resistência das plantas ao ataque de insetos promovido pela utilização de produtos chamados indutores, sem alterar a composição genética da planta. Essa alternativa de controle é de fácil utilização, com um custo relativamente baixo e uma alternativa ao controle convencional (ALMEIDA et al., 2008). Os indutores ou eliciadores levam a uma série de reações nas plantas desde a ativação de genes de defesas, síntese de compostos tóxicos e de compostos capazes de promover mudanças estruturais na parede celular (PASCHOLATI; MELO; DALIO, 2005).

Diversos estudos em nível bioquímico estão levando a uma nova geração de pesquisas relacionadas às defesas induzidas. O que tem chamado a atenção dos pesquisadores é um mecanismo chamado “Priming” ou preparação. Esse mecanismo se caracteriza pela planta adquirir a habilidade de responder a futuros ataques de insetos, após a aplicação exógena de indutores químicos. Nos últimos anos algumas substâncias têm se destacado, entre elas o ácido jasmônico, após a ação de insetos mastigadores e o ácido salicílico após a ação de insetos sugadores e doenças (PINTO-ZAVALLLOS; ZARBIM, 2013). Ao longo das últimas décadas, têm havido evidências crescentes que as plantas podem ser preparadas para uma ativação mais eficiente das respostas de defesa. Este estado chamado “Priming” leva as plantas a responder mais rápido, mais forte a ativação das várias respostas de defesa que são induzidas após o ataque por agentes patogênicos, insetos ou estresse abióticos (JAKAB et al., 2006).

A parede celular constitui a primeira linha de defesa das plantas contra patógenos, nematoides e insetos. A lignina é um polímero aromático depositada na parede celular e tem entre outras funções a defesa vegetal (FREI, 2013).

Os componentes da parede celular apresentam um papel importante na resistência à pragas e doenças. A lignina é o segundo polímero mais abundante na natureza após a celulose, fornece suporte estrutural para as plantas e como mecanismos de resistência a estresse bióticos e abióticos. A dureza do tecido é um dos fatores chave que regulamenta o dano por herbívoros nas plantas. Altas concentrações de lignina implica um alimento menos palatável para insetos e a maior tenacidade e concentração de subprodutos tóxicos da síntese da lignina

parecem ser os mecanismos mais prováveis para a proteção associada à lignina dos tecidos das plantas contra insetos e doenças (SANTIAGO; BARROS-RIO; MALVAR, 2013).

O teor de lignina nas culturas depende de vários fatores, tais como fase de crescimento, genótipo, fração morfológica e condições ambientais. A concentração no tecido geralmente varia de 1 a 15 por cento. Os insetos não têm a capacidade de decompor a lignina (FREI, 2013).

A resistência induzida leva a uma série de alterações no metabolismo da planta, sendo que a planta apresenta reações diferentes quando utilizamos os indutores na presença ou na ausência de insetos e patógenos. As alterações no metabolismo são mais intensas quando eles estão presentes do que quando as plantas são induzidas (KUHN, 2007).

Para Taiz e Zeiger (2013) existem três categorias de insetos herbívoros, os sugadores de seiva, os sugadores de conteúdo celular e os mastigadores. Entre os sugadores de seiva se destaca os afídeos, que apresentam comportamento semelhante aos patógenos, quanto à resposta de defesa das plantas. Diante do exposto Pascholati e Leite (1995) afirmam que a indução de resistência é dependente do intervalo de tempo entre o uso do indutor, ação e a inoculação do patógeno, precisa de um tempo para que ocorra a síntese ou acúmulo de substâncias de defesa. Um outro ponto importante levantado pelos autores é que mesmo após a excisão da folha o efeito protetor pode ser observado e que o efeito na planta pode durar poucos dias ou até mesmo o período total de vida da planta.

2.5 Indutores de resistência: Silício e Acibenzolar-S-metil (ASM).

O conteúdo de silício na litosfera varia ao redor de 59%, a maior parte constituído por quartzo. Uma pequena parte de silício se encontra na forma trocável nos solos e a maior parte ocorre como forma insolúvel (MALAVOLTA, 1976). O silício é o elemento mais abundante na crosta terrestre (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

Conforme ainda os autores o silício é um elemento presente nas plantas e a quantidade varia de uma espécie para outra. Apesar da alta quantidade encontrada em algumas plantas, como as gramíneas, não há evidências conclusivas de que o

silício seja essencial para os vegetais, opinião compartilhada também por Keeping, Kvedaras e Bruton (2009).

O silício pode atuar diretamente na redução do dano provocado por insetos. Os mecanismos pelos quais o silício pode aumentar a resistência ao inseto se refere ao aumento da resistência física pela maior deposição da sílica amorfa levando a uma maior dureza dos tecidos epidérmicos, a menor digestibilidade e a produção de enzimas defensivas ou possivelmente a liberação de voláteis pelas plantas. Além desses efeitos outros já foram determinados, como a redução do crescimento e reprodução dos insetos (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009; KEEPING; KVEDARAS; BRUTON, 2009; ALCANTRA; MORAES; ANTONIO, 2010).

A deposição do silício é capaz de criar resistência às plantas contra alguns insetos, devido a barreiras físicas, químicas e estruturais. Esse aumento da barreira física aumenta a dificuldade de penetração do inseto, diminui a sobrevivência do mesmo e isso leva a uma diminuição da suscetibilidade da planta (KORNDORFER; GRISOTO; VENDRAMIN, 2011).

Epstein (1999) afirma que o silício é um elemento importante na vida dos vegetais, em algumas plantas ele está em quantidade equivalente ao cálcio, magnésio, enxofre e o fósforo, considerados elementos essenciais. E em muitas vezes ele está em excesso nas plantas. Por não ser considerado um elemento essencial ele é deixado de lado nas adubações e isto tem feito com que ele deixe de mostrar seu potencial no crescimento das plantas e na defesa vegetal. O silício se acumula na parede celular, na forma de sílica amorfa, e isso leva a um maior acúmulo de lignina, compostos fenólicos, peroxidases e quitinase, substâncias que protegem a planta contra patógenos e insetos herbívoros.

O silício desempenha um importante papel por estimular a produção de enzimas relacionadas com a defesa contra herbívoros. A produção de peroxidase, por exemplo, está relacionada com uma maior deposição de lignina e suberina, substâncias que aumentam a dureza dos tecidos e reduz a qualidade nutricional do alimento para os herbívoros (OLIVEIRA et al., 2012; GOMES et al., 2009).

O silício é reconhecido como um indutor de defesa de plantas contra o ataque de herbívoros tanto contra insetos sugadores (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; CAMARGO et al., 2008; ALMEIDA et al., 2015; COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007; PEIXOTO et al., 2011; DALATRA et al., 2011; FILGUEIRAS et al.,

2011) e insetos mastigadores (KEEPING; KVEDARAS; BRUTON, 2009; ANTUNES, et al., 2010).

Existem diversos compostos de natureza sintética que são utilizados como ativadores dos mecanismos de defesa das plantas, entre eles se destaca o acibenzolar-S-metil (ASM), que não apresenta fitotoxidez para as plantas e se transloca facilmente por todas as partes dos vegetais (COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007). O produto se mostrou eficiente na proteção do trigo ao pulgão-verde.

O produto é registrado no Brasil como um ativador de plantas e não tem ação direta sobre insetos e patógenos. Ele é um ativador das defesas naturais da planta aumentando sua resistência contra o ataque de insetos e patógenos. O produto tem uma absorção e translocação rápida pela planta (SYNGENTA, 2017).

O ASM funciona como um ativador da resistência induzida contra insetos e patógenos. Pesquisa realizada com a aplicação de ASM em algodoeiro reduziu a população de *Aphis gossypii* (MARTINS; TOMQUELSKI; PAPA, 2015).

REFERÊNCIAS

- ANDRADA, C. L et al. Indutores de resistência no controle da pinta bacteriana do tomateiro e na atividade de enzimas de defesa. **Tropical Plant Pathology**, v. 38, n. 1, p. 028-034, 2013.
- ALCANTRA, E.; MORAES, J. C.; ANTONIO, A. Efeito de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n.4, p.1-6, 2010.
- ALMEIDA, G. D. et al. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **Idesia** (Chile), v. 26, n. 1, p. 29-32, 2008.
- ALMEIDA, A. C. de S. Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n.27, p.23-29, 2015.
- ALVES, A. U. et al. Emergência de plântulas de fava em função de posições e profundidades de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n.1, p. 33-42, 2014.
- ANTUNES, C. S. et al. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (Lepidoptera) e de seus inimigos naturais chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 619-625, 2010.
- ARIMURA, G.; KOST, C.; BOLAND, W. Herbivore-induced, indirect plant defences. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1734, p.91–111, 2005.
- AZEVEDO, J.N., FRANCO, L.J.D.; ARAÚJO, R.O.C. **Composição química de sete variedades de feijão-fava**. Teresina. Embrapa Meio-Norte. 2003. (Comunicado Técnico).
- BANDEIRA, H. F. da S et al. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 79-85, 2015.
- BOROWIAK-SOBKOWIAK, B.; DURAK, R.; WILKANIES, B. Morphology biology and behavioral aspects of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae) on *Rabina pseudoacaciae*. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cults**, v.16, n. 1, p. 39-49, 2017.
- BOSTOCK, R. M. Signal interactions in induced resistance to pathogens and insect herbivores. **European Journal of Plant Pathology**. v. 107, p. 103-111, 2001.

CAMARGO, J. M. M. et al. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubadas com silício. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p. 927-932, Oct./Dec. 2008.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomologica Brasileira**, Londrina, v.28, n. 3, 1999.

CRUZ, S. M da C et al. Ação indutora de produtos abióticos na resistência de tomateiro e efeito sobre o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 111-118, 2011.

COOPER, W.R.; GOGGIN, F. L. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, p.107–115, 2005.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, mar./abr., 2007.

DALASTRA, C. et al. Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro. **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 3, p. 531-538, 2011.

DE LA PAVAS, N.; SEPULVEDA-CANO, P. A. Biología del áfido negro (*Aphis craccivora*: Aphididae) sobre fríjol caupi (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). **Acta Biologica Colombiana**, v.20, n. 3, p.:93-97, 2015.

EMBRAPA MEIO NORTE. Empresas Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **A cultura do feijão caupi no Brasil**. Teresina: EMBRAPA MEIO NORTE, 2016.

EPSTEIN, E. **Silicon**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. V.50, p.641-664, 1999.

ERB, M.; MELDAU, S.; HOWE, G.A. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. **Trends Plant Science**, v.17, n.5, p.250-259, 2012.

FERNANDES, C.F. et al. **Mecanismos de defesa de plantas contra ataque de agente fito patogênicos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p.

FERREIRA, E. G. B. de S. et al. Efeito alelopático do extrato aquoso de sabiá na germinação de sementes de fava. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 3, p. 463-467, jul-set, 2010

- FILGUEIRAS, C. C. et al. Avaliação do tempo de indução de resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com ácido silícico. **Revista de Agricultura**, v.86, n.1, p. 24 - 31, 2011.
- FREI, M. Lignin: Characterization of a Multifaceted Crop Component. **The ScientificWorld Journal**, volume 2013, p.1-15, 2013.
- FREIRE FILHO, F. R. et al. A. melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 37 p. 29-92.
- FREIRE FILHO, F. R. et al. A. melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 84 p.
- FREITAS, A. S. de et al. Ocorrência de vírus em cultivos de feijoeiro-caupi no Sertão da Paraíba. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n.4, p. 286-290, 2012.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GATEHOUSE, J. A. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. **New Phytologist**, v.156, p.145–169, 2002.
- GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; NERY, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-pragas e promotor em cultura de batata inglesa em cultivo orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.1, p.18-23, 2009.
- GOMES, S. O. et al. Avaliação de componentes de produtividade de grãos em sub-amostras de feijão-fava de crescimento determinado. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 7, p.312-317, 2010.
- HAMMERSCHMIDT, R.; M'ETRAUX, J. P.; VAN LOON, L. C. Inducing resistance: a summary of papers presented at the First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases, Corfu, May 2000 **European Journal of Plant Pathology**, v. 107, p.1–6, 2001.
- KITAJIMA, E.W. et al. A mosaic of beach bean (*Canavalia rosea*) caused by an isolate of Cowpea aphid-borne mosaic virus (CABMV) in Brazil. **Archives of Virology**, v.153, p.743-747, 2008.
- KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: Cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, p. 54-60, 2009.
- KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of Insect Plant Resistance to the Spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in Sugarcane by Silicon Application. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, p. 387-392, 2011.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-s-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção.** 2007. 140p.Tese. (Doutorado em Fitopatologia) – Esalq, Piracicaba, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes.** Rio de Janeiro: IBGE, v.41, 2016.

JAKAB, G et al. Priming: Getting ready for battle. **Molecular-Plant-Microbe-Interaction**, v. 19, n. 10, p. 1062-1071, 2006.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos.** São Paulo: Ícone, 1991.

LATINOVIĆ, N.; KARAMAOUNA, F.; KAVALLIERATOS, N. G. First record of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) on aronia crop in Montenegro. **Hellenic Plant Protection Journal**, v.10, n.2, p. 67-69, 2017.

LUCAS, J. A. Advances in plant disease and pest management. **Journal of Agricultural Science**, v.149, p.91-114, 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola.** São Paulo: Ed.Agronômica Ceres, 1976.528p.

MARTINS, G. L. M.; TOMQUELSKI, G. V.; PAPA, G. Aplicação de acibenzolar-S-metil em algodoeiro para controle de *Aphis gossypii* (Glover) e *Ramularia areola* (Atkinson). **Revista de Agricultura Neotropical**, v.2, n.1, p.53-59, 2015.

MELLO, M. O.; SILVA-FILHO, M. C. Plant-insect interactions: na evolutionary arms race between two distinct defense mechanisms. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.14, n.2, p.71-81, 2002.

OLIVEIRA, M. D. C. P. et al. Fenologia e Desenvolvimento Vegetativo do Feijão-Fava. In: LOPES, A. C. D. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. D. **A Cultura do Feijão-Fava no Meio-Norte do Brasil.** 1. ed. Teresina: EDUFPI, 2010. Cap. 4, p. 272.

OLIVEIRA, R. S. de. Silício na proteção de plantas contra herbívoros: uma abordagem sobre as interações tritróficas no sistema trigo, pulgões e parasitoides. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 876 -898, 2012.

PASCHOLATI, S. F.; MELO, T. A. de; DALIO, R. J. D. Indução de resistência contra patógeno: definição e perspectivas de uso. **Visão Agrícola**, n. 13, p. 110-112, 2005.

PASCHOLATI, S.F.; LEITE, B. Hospedeiro: mecanismos de resistência. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos.** 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, cap. 22, p. 417-453.

PEÑA-MARTÍNEZ, R. **Contribucion a la ecologia y control de afidos en México, Volume 1.** Montecillo: Centro de Fitopatologia do México.1992.153p.

PEIXOTO, M. L. et al. Efeito do silício na preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n. 3, p. 478-481, 2011.

PINTO-ZAVALLLOS, D. M.; ZARBIM, P. H. G. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Química Nova**, V.36, N.10, P. 1509-1513, 2013.

RAKSHANI, E. et al. Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran. **Journal of Pest Science**, v.78, p.193-198, 2005.

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

REZENDE, M. L. V. et al. Seleção de Extratos Vegetais para Indução de Resistência e Ativação de Respostas de Defesa em Cacaueiro contra a Vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 3, 2007.

RIBEIRO, V. Q. **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).** Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2002.

RODRIGUES, S. R. et al. Preferência do pulgão preto *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) por genótipos de Feijão-Caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Fabaceae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 678-686, 2012.

SANTIAGO, R.; BARROS-RIO, J.; MALVAR, R. A. Impact of Cell Wall Composition on Maize Resistance to Pests and Diseases. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 6960-6980, 2013.

SANTOS, J. O. et al. Ontogenia da nodulação em feijão-fava (*Phaseolus lunatus*). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n., p. 426-429, 2009.

SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, M. A. W. Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, cap. 21, p. 605-658, 1988.

SANTOS, L. A. C. et al. Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea. **Ambiência Guarapuava**, v.13, n.1, p. 261 – 270, 2017.

SCHALLER, A (editor). **Induced Plant Resistance to herbivory**. New York City: Springer Verlag Publishing. 2008, 490 p.

SYNGENTA. **Guia de Produtos**. <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/ativador-de-plantasfungicida/bion-500-wg>. Acesso em 08 de julho de 2017.

SILVA, P. H. S. da.; CARNEIRO, J. da. S. Pragas do feijão caupi e seu controle. In: CARDOSO, M. J. **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2000. 264p. (EMBRAPA MEIO-NORTE. Circular Técnica, 28).

SILVA, P. H. S. da.; CARNEIRO, J. da S.; QUINDERÁ, M. A. W. Pragas. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 37 p. 29-92.

SILVA, J. F. da; BLEICHER, E. B. Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 10, 2010.

SILVA, D. C. O da et al. Controle de insetos-praga do feijão-caupi na savana de Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 5, n. 3, p. 212-219, 2011.

SILVA, P. R. R. et al. Pragas. In: LOPES, A. C. de A.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F. de. **A Cultura do Feijão-fava no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: EDUFPI, 2010. 271 p. Cap. IX, p. 173-190.

SIMEÃO, M. et al. Determinação da ETc e Kc para o feijão – fava (*Phaseolus lunatus* L.) na região de Teresina, Piauí. **Revista Verde**, Mossoró – RN - Brasil, v. 8, n. 2, p. 291 - 296, 2013.

SINGH, G.; SINGH, R. Distribution and economic importance of *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Aphidini: Aphidinae: Aphididae: Hemiptera) and its food plants in India. **International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research**, v. 04, n. 02, p. 2274-2286, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848p.

VALENTE, E. C. N. et al Aspectos biológicos de *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae) em cultivares de feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Agrícola**, Rio Largo, v. 12, n. 1, p. 17-20, 2014.

VIEIRA, R. F. A Cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 174, p. 30-37, 1992.

3 CAPÍTULO I

Silício como indutor de resistência no controle do pulgão *Aphis craccivora*

Koch, 1854 em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.

Gilson Lages Fortes Portela¹, Paulo Roberto Ramalho Silva²

Resumo

O pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 destaca-se entre os insetos considerados pragas do feijão-caupi. Objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos da aplicação de silício na indução de resistência de plantas de feijão-caupi ao pulgão *A. craccivora*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia do Setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Foram utilizados para avaliação dos efeitos biológicos da aplicação do Silício os seguintes tratamentos: silício aplicado no solo, silício aplicado no solo + foliar, silício foliar e testemunha, sem silício. Foram avaliados os parâmetros: duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a fecundidade diária. Foram avaliados também os teores de silício e de lignina nas plantas. O ácido silícico foi aplicado em uma solução a 1% ao redor do caule das plantas (solo), quinze dias após a emergência, diluindo-se 2,0 g do produto em 200 mL de água. Já a aplicação foliar foi realizada com pulverizador de 2L cinco dias após a aplicação em solo. A não preferência de *A. craccivora* também foi realizada após 24h, 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada seção foliar. A aplicação de silício promove a redução da produção de ninfas, interferindo nos aspectos biológicos de *A. craccivora*, tem potencial para ser utilizado num programa de manejo de pragas do feijão-caupi.

Palavra chave: Proteção de plantas. Antibiose. Insetos sugadores. MIP. Elicitor

¹ Pós-Graduando em Agronomia – Agricultura Tropical da Universidade Federal do Piauí – E-mail: gilsonportela@ifpi.edu.br

² Professor do Departamento de Fitotecnia –CCA-UFPI – Campus Socopo – E-mail: pramalhoufpi@yahoo.com.br

Abstract

The black aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854 stands out between the bugs considered cowpea pests. The objective of this study was to evaluate the effects of silicon application on the resistance induction of cowpea plants to the black aphid *A. craccivora*. The experiment was conducted in the Entomology Laboratory of the Phytosanitary sector of the Centro de Ciências Agrárias from the Universidade Federal do Piauí (UFPI). The following treatments were used to evaluate the biological effects of silicon application: silicon applied to soil, silicon applied to soil + leaf, leaf silicon and control, without silicon. Were evaluated the biological variables: generation period, reproductive period, the fecundity and the daily average of nymphs per female. The silicon and lignin contents were also evaluated in the plants. The silicic acid was applied in a 1% solution around the stem of the plants (soil), fifteen days after emergence, by diluting 2.0 g of the product in 200 mL of water. But the leaf application was carried out with 2L sprayer five days after application in soil. The non-preference of *A. craccivora* were also performed after 24h, 48h and 72h of infestation by counting nymphs and adults at each leaf session. The application of silicon promotes the reduction of the production of nymphs, interfering in the biological aspects of *A. craccivora*, has potential to be used in a cowpea pest management program in cowpea.

Key-word: Plant protection. Antibioses. Sucking insects. MIP. Elicitor.

Introdução

O feijão-caupi, feijão-de-corda ou feijão macassar [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] têm sua origem no continente africano e foi introduzido no Brasil no Século XVII, tornando-se uma importante cultura agrícola no país principalmente nas regiões norte e nordeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

A cultura é bastante rústica, se adapta a diferentes condições de solo, consome pouca água e tem um ciclo rápido. O caupi constitui uma das principais alternativas social e econômica de suprimento alimentar para a população de baixa renda (FREIRE FILHO et al., 2005). A cultura tem maior importância econômica no Norte e Nordeste, mas está se expandindo para fora deste eixo, principalmente para o cerrado do Centro Oeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

Existem diversos insetos associados a cultura do feijão caupi, entre eles destaca-se o pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Hemiptera: Aphididae) considerado uma das principais pragas do feijão caupi, ocorrendo na África, Ásia e América Latina (DE LA PAVAS; SEPÚLVEDA-CANO, 2015).

Bandeira et al (2015) observaram que as plantas atacadas pelo pulgão preto apresentam baixo desenvolvimento, porte reduzido, sintomas de encarquilhamento de folhas e presença de fumagina.

O *A. craccivora* é um inseto cosmopolita e polífago. Recebe diversas denominações como pulgão preto, pulgão preto do feijoeiro, pulgão preto das leguminosas, pulgão do caupi, entre outras (SINGH; SINGH, 2017).

O controle é feito basicamente com a utilização de inseticidas químicos, mas tem-se outras estratégias de defesa, como por exemplo as defesas induzidas. As plantas desenvolveram ao longo dos tempos diversos mecanismos de defesa contra a herbivoria provocada por insetos. Esses mecanismos de defesas são divididos em defesa constitutivas ou diretas, específicas da espécie e as defesas induzidas ou indiretas, comuns às plantas em geral (TAIZ; ZEIGER, 2009; FERNANDES et al., 2009).

As defesas induzidas aparecem após a herbivoria. Esse mecanismo de defesa inicia com o contato entre insetos e plantas, passando pela elicitación de sinais e biossíntese de diversos compostos envolvidos com a defesa. Esses

mecanismos são complexos e ainda não estão completamente entendidos (ARIMURA; KOST; BOLAND, 2005).

O silício é um elemento presente nas plantas e a quantidade varia de uma espécie para outra, podendo atuar diretamente na redução do dano provocado por insetos (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

Os mecanismos pelos quais o silício pode aumentar a resistência ao inseto se refere ao aumento da resistência física pela maior deposição da sílica amorfa levando a uma maior dureza dos tecidos epidérmicos, a menor digestibilidade e a produção de enzimas defensivas ou possivelmente a liberação de voláteis pelas plantas. Além desses efeitos outros já foram determinados, como a redução do crescimento e reprodução dos insetos (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009; KEEPING; KVEDARAS; BRUTON, 2009; ALCANTRA; MORAES; ANTONIO, 2010).

O silício é reconhecido como um indutor de defesa de plantas contra o ataque de insetos, tanto contra sugadores (CARVALHO; MORAES; CARVALHO, 1999; CAMARGO et al., 2008; ALMEIDA et al., 2015; COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007; PEIXOTO et al., 2011; DALATRA et al., 2011; FILGUEIRAS et al., 2011) e como contra insetos mastigadores (KEEPING; KVEDARAS; BRUTON, 2009; ANTUNES, et al., 2010).

Diante do exposto objetivou-se avaliar o efeito do silício como indutor de resistência em feijão caupi *Vigna unguiculata* em relação ao ataque do pulgão preto *A. craccivora*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Teresina, Piauí, com as coordenadas geográficas 05° 05' 21" S e 42° 48' 07" W, apresentando altura do nível do mar de 72m, com temperaturas médias máxima e mínima de 34° e 22°C respectivamente, e umidade média máxima de 84% e média mínima de 56% (PREFEITURA DE TERESINA, 2015).

A pesquisa foi realizada utilizando delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: silício no solo; silício no solo + silício foliar; silício foliar e testemunha, sem silício. O silício foi fornecido na forma de solução de ácido silícico a

1%. O Ácido silícico foi aplicado ao redor do caule das plantas (solo), quinze dias após a emergência, diluindo-se 2,0 g do produto em 200 mL de água. Já aplicação foliar foi realizada com pulverizador de 1L cinco dias após a aplicação no solo, adaptado da metodologia de Assis (2014).

Em casa de vegetação plantas de feijão caupi foram cultivadas em vasos de 2,8L dispostas sobre bancadas, contendo mistura de solo, esterco de curral curtido e areia (3:1:1). Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Imponente, escolhida em pré-teste realizado. As sementes de feijão genótipo Imponente foram fornecidas pelo Banco de Germoplasma da Embrapa Meio Norte. Foram utilizadas três sementes por vaso e posteriormente fez-se o desbaste, ficando apenas uma planta mais vigorosa por vaso. As plantas foram regadas diariamente durante a condução do experimento. Os pulgões utilizados tinham a mesma idade e foram provenientes de criação, mantidos em sala de criação no laboratório de fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí.

Para o teste de livre escolha, foram utilizadas seções foliares de feijão 2 x 2 cm, de plantas provenientes da aplicação de cada tratamento, dispostos em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, com fundo revestido com esponja e água. As quatro seções foram distribuídas aleatoriamente e equidistantes entre si, permitindo livre escolha pelos pulgões, foram utilizadas dez repetições. Foram liberados 25 pulgões adultos ápteros no centro de cada placa, 24 horas após a aplicação de todos os tratamentos. As placas foram colocadas em câmara BOD regulada com temperatura de $25 \pm 2^\circ$ C, umidade relativa de 70% e fotofase de 12 horas. Após 24 horas, 48 horas e 72 horas da infestação com os pulgões foram contadas as ninfas vivas (retiradas logo após a contagem, sendo esses valores acumulados nas contagens seguintes) e os adultos presentes em cada seção foliar.

No teste sem chance de escolha, foi colocada uma seção foliar, 2 x 2 cm, de cada tratamento, em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, com fundo revestido com esponja e água, foram utilizadas quarenta repetições. Foi liberado um adulto em cada placa de Petri e 24 horas após a colocação foi retirado e selecionada uma ninfa produzida, que permaneceu na placa até sua morte

As variáveis biológicas observadas no teste sem chance de escolha foram: duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a

fecundidade diária. Determinou-se ainda os teores de lignina e silício nas folhas e hastes das plantas onde foram aplicados os indutores.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa de computador BIOESTAT (AYRES et al., 2007) na versão 5.0 de 2007.

A determinação do teor de silício foi realizada no laboratório de solos pertencente ao Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (MG). A extração foi feita com ácido nítrico e perclórico 3/1. Depois de extraído a amostra foi feita a leitura no espectrofotômetro marca Agilent modelo 240FS.

A determinação do teor de lignina foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pertencente ao departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. A determinação da lignina foi feita a partir da fibra em detergente ácido (FDA), pelo método do ácido sulfúrico a 72%, segundo recomendação de Silva (1981).

Resultados e Discussão

Em relação ao teste com chances de escolha não foi observado diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao número de adultos e ninfas (tabela 1). Pelos resultados pode-se perceber que o silício não influenciou a preferência de adultos e no que se refere a ninfas, mesmo percebendo uma tendência maior na testemunha as 48 e 72 horas, estatisticamente não é significativo. Provavelmente a explicação é que o silício necessite de um tempo maior para ativar as defesas da planta. Para Lara (1994) a resistência do tipo não-preferência se refere a um comportamento do inseto em relação a planta, ou seja, um efeito adverso da planta sobre o comportamento do inseto, o inseto não se alimenta normalmente da planta.

Tabela 1. Número de adultos e ninfas de *Aphis craccivora*, em teste com chance de escolha, em feijão- caupi.

Tratamentos	Adultos			Ninfas		
	24 h ^{ns}	48h ^{ns}	72 h ^{ns}	24 h ^{ns}	48 h ^{ns}	72 h ^{ns}
si no solo	3,40±0,80	12,20±0,86	0,70±0,33	14,50±3,37	28,80±8,73	32,20±9,12
si solo + foliar	3,60±0,84	2,23± 0,74	1,70±0,78	12,10±3,45	27,20±8,17	34,20±7,55
si foliar	2,00±0,44	2,80± 0,55	0,55±0,51	7,90± 2,50	26,40±6,37	30,40±6,05
Testemunha	2,16±0,68	2,30± 0,51	2,20±0,67	13,00±2,98	34,30±3,59	45,40±9,69

si = Silício / *ns = não significativo a nível de 5% pelo teste F.

Peixoto et al. (2011), realizando teste com chance de escolha de mosca branca *Bemisia tabaci* biótipo em plantas de feijão onde foi aplicado o silício, observaram que a planta induz a não preferências para a oviposição e afeta o desenvolvimento de ninfas. Nascimento et al. (2014) pesquisando resistência induzida em arroz a *Spodoptera frugiperda* pela aplicação de silício, em teste com chance de escolha, observaram que não houve diferença significativa ($p>0,05$) entre os tratamentos em relação à preferência alimentar das lagartas nas primeiras 24 h. Aos 48 e 72 h as plantas tratadas com silício apresentaram maior proteção contra o inseto-praga. No presente trabalho, não houve diferença entre os tratamentos com aplicação de silício em nenhum dos tempos avaliados.

Dentre os parâmetros biológicos do pulgão preto avaliados após aplicação do silício, não houve diferença significativa no período pré-reprodutivo entre os tratamentos onde foram aplicados o silício (Tabela 2). Houve diferenças significativas entre silício foliar e testemunha, onde o silício foliar apresentou o menor período ninfal, talvez alguma substância induzida pelo silício, como por exemplo uma maior quantidade de lignina, na aplicação foliar tenha diminuído esse período.

Tabela 2. Período Ninfal (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.

Tratamentos	Período Ninfal
silício Solo	4,32 \pm 0,08 ab
silício Solo + foliar	4,17 \pm 0,06 ab
silício foliar	4,07 \pm 0,04 b
Testemunha	4,35 \pm 0,08 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve diferenças significativas entre os diferentes tratamentos quanto a longevidade (tabela 3), mostrando que essa variável não foi afetada pelo silício. Mesmo o silício em maior quantidade nas plantas que receberam este tratamento, o elemento não alterou a longevidade dos insetos. Costa e Campos (2006) pesquisaram o uso do silício sobre a biologia do pulgão verde em trigo e observaram que o silício também não afetou o período pré-reprodutivo. Gomes et al. (2008) verificaram o uso do silício como indutor de resistência a *Myzus persicae* observaram que o silício não afetou o período pré-reprodutivo e longevidade.

Tabela 3. Longevidade (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.

Tratamentos	Longevidade
silício Solo	17,32 \pm 0,20 ^{ns}
silício Solo + foliar	17,60 \pm 0,31 ^{ns}
silício foliar	18,05 \pm 0,26 ^{ns}
Testemunha	17,03 \pm 0,24 ^{ns}

*ns não significativo ao nível de 5% pelo teste F.

A fecundidade (tabela 4) e a média diária de ninfas (tabela 5) foram afetadas pela aplicação de silício. As plantas que não receberam silício apresentaram um maior número de ninfas, sendo que o melhor tratamento foi onde houve aplicação de metade da dose de silício no solo e a outra metade foliar. Resultado importante da resistência de plantas a insetos, pois menor produção de ninfas implica em menor danos e injúrias. A resistência no presente estudo provavelmente foi por antibiose, onde uma das características é a diminuição da quantidade de ninfas. A qualidade nutricional de uma planta interfere na fecundidade do inseto, supõe-se que o silício leva a um maior endurecimento da parede celular dificultando a alimentação dos insetos e que ele induz a planta a produzir substâncias com características deterrentes, que dificultam a absorção de nutrientes essenciais. Segundo Lara (1991) a planta apresenta antibiose quando esta produz substâncias que provocam

uma intoxicação aguda ou crônica nos insetos, torna os nutrientes essenciais indisponíveis ou produção de substância que inibe ou reduz a digestão normal dos alimentos, entre outros efeitos.

Tabela 4. Fecundidade (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.

Tratamentos	Fecundidade
silício Solo	75,95 \pm 3,81 b
silício Solo + foliar	76,42 \pm 3,31 b
silício foliar	86,42 \pm 3,74 ab
Testemunha	90,07 \pm 2,69 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Korndorfer, Grisoto e Vendramin (2011) a resistência não está relacionada a quantidade de silício, mas como e onde ele é distribuído e organizado na planta. A qualidade nutricional da planta hospedeira pode afetar a fecundidade.

Camargo et al. (2008) pesquisando resistência induzida no pulgão-gigante-do-pino concluiu que o silício influenciou a menor capacidade reprodutiva do inseto. Antunes et al. (2010) estudando a influência do silício na ocorrência de *Spodoptera frugiperda* afirmam que o silício não afeta diretamente o inseto, mas favorece o predador *Dorus spp.*, importante predador da lagarta. Já em girassol o silício reduz a infestação da lagarta-do-girassol *Chlosyne lacinia*. Dalastra et al. (2011) afirmam que a aplicação de silício proporciona proteção à planta diminuindo o número de adultos e ninfas do trips do prateamento em amendoim. Resultado semelhante chegaram Filgueiras et al. (2011) estudando a aplicação de silício na indução do pulgão verde do trigo *Schizaphis graminum*.

Tabela 5. Média diária de ninfas por fêmea (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de feijão-caupi tratadas com silício.

Tratamentos	NINFAS/FÊMEA/DIA
silício Solo	5,79 \pm 0,24 b
silício Solo + foliar	5,73 \pm 0,24 b
silício foliar	6,19 \pm 0,24 ab
Testemunha	6,97 \pm 0,18 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

A figura 1 mostra o teor de lignina nas folhas e nas hastes do feijão-caupi, mostrando um maior acúmulo no tratamento onde o silício foi aplicado metade da dose no solo e metade foliar, não diferindo estatisticamente do tratamento onde todo

o silício foi aplicado no solo. Supõe-se que a lignina interferiu na diminuição da fecundidade das fêmeas do pulgão, pois nos tratamentos onde houve maior acúmulo de lignina também houve menor fecundidade.

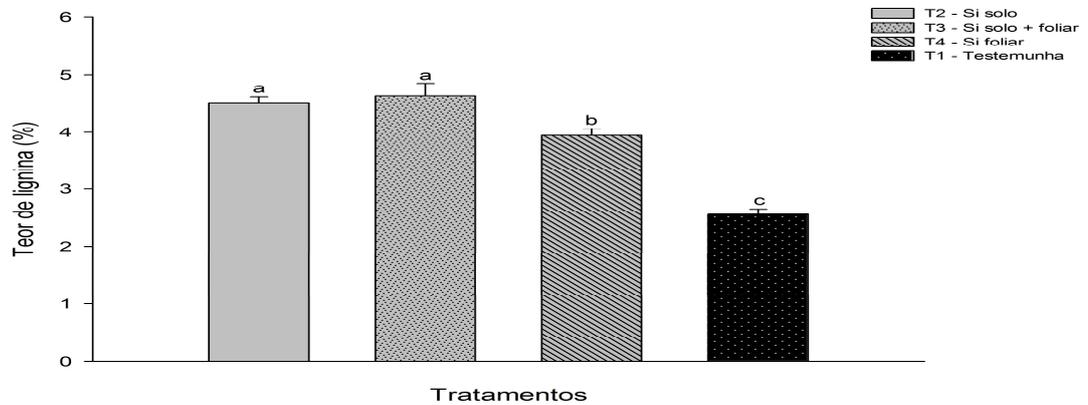


Figura 1. Teor de lignina (%) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de feijão-caupi após a aplicação de silício

Segundo Santiago, Barros–Rio e Malvar (2013) a dureza do tecido é um dos fatores chave que regulamenta o dano por herbívoros nas plantas. Altas concentrações de lignina implicam em alimento menos palatável para os insetos. A maior tenacidade e concentrações de subprodutos tóxicos da síntese da lignina parecem ser os mecanismos mais prováveis para a proteção associada à lignina dos tecidos das plantas contra insetos e doenças. Segundo Frei (2013) os insetos não têm a capacidade de decompor a lignina. Oliveira et al. (2012) e Gomes et al. (2005) afirmam que o silício desempenha um importante papel por estimular a produção de enzimas relacionadas com a defesa contra herbívoros. A produção de peroxidase, por exemplo, está relacionada com uma maior deposição de lignina e suberina, substâncias que aumentam a dureza dos tecidos e reduz a qualidade nutricional de alimentos para os herbívoros.

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para o teor de silício nas folhas e hastes (Figura 2). Os resultados para teor de silício e lignina são muitos parecidos, mostrando provavelmente o efeito benéfico do silício no aumento do teor de lignina das plantas. Segundo Mali e Aery (2009) as plantas são classificadas em acumuladoras e não acumuladoras de silício, e mesmo o caupi estando no grupo das plantas não acumuladoras diversas pesquisas tem demonstrado que o silício é benéfico para a cultura, principalmente quando aplicado no solo. Conforme Korndorfer, Grisoto e Vendramin (2011) a deposição do silício é capaz de criar

resistência contra alguns insetos, devido a barreiras físicas, químicas e estruturais. A utilização do silício na cultura do feijão-caupi tem potencial para ser utilizado num programa de manejo de pragas.

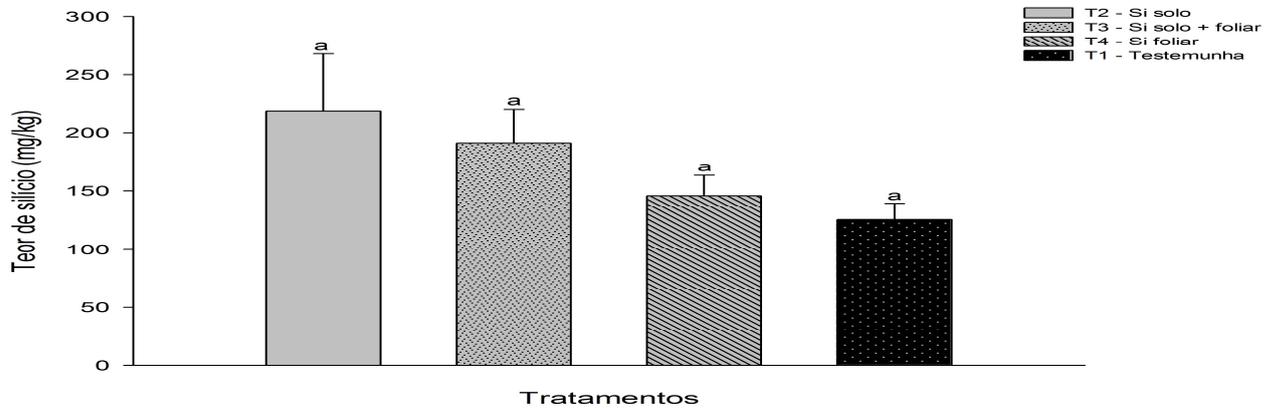


Gráfico 02. Teor de silício (mg/kg) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de feijão-caupi após a aplicação do silício.

Conclusão

A aplicação de silício promove uma interferência na biologia de *A. Craccivora*, provocando uma redução da produção de ninfas.

Referências

- ALCANTRA, E.; MORAES, J. C.; ANTONIO, A. Efeito de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n.4, p.1-6, 2010.
- ALMEIDA, A. C. de S. Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n.27, p.23-29, 2015.
- ANTUNES, C. S. et al. Influência da aplicação de silício na ocorrência de lagartas (Lepidoptera) e de seus inimigos chaves em milho (*Zea mays* L.) e em girassol (*Helianthus annuus* L.). **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 619-625, 2010.
- ARIMURA, G.; KOST, C.; BOLAND, W. Herbivore-induced, indirect plant defences. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1734, p.91–111, 2005.
- ASSIS, F. A. de. **Resistência de girassol a *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae) e a *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) induzida por silício e acimbenzolar-S-metil**. Lavras, 2014, 81p. Tese (Doutorado em Entomologia). Universidade Federal de Lavras, 2014.

AYRES, M. et al. **Bioestat.** Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Bélem: UFP, 2007.

BANDEIRA, H. F. da S et al. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 79-85, 2015.

CAMARGO, J. M. M. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubada com silício. **Bragantia**, Campinas, v.67, n. 4, p.927-932, 2008.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomologica Brasileira**, Londrina, v.28, n. 3, 1999.

COSTA, R. R.; CAMPOS, J.C. Efeitos do Ácido Silícico e do Acibenzolar-S-Methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em Plantas de Trigo. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 834-839, 2006.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, mar./abr., 2007.

DALASTRA, C. Silício como indutor de resistência no controle do tripés do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoimzeiro. **Ciências Agroecológica**, v.35, n. 3, p. 531-538, 2011.

DE LA PAVAS, N.; SEPULVEDA-CANO, P. A. Biología del áfido negro (*Aphis craccivora*: Aphididae) sobre frijol caupi (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). **Acta Biológica Colombiana**, v.20, n. 3, p.:93-97, 2015.

FILGUEIRAS, C. C. Avaliação do tempo de indução de resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com o ácido silícico. **Revista de Agricultura**, v. 86, n.1, p.24-31, 2011.

FREI, M. Lignin: Characterization of a Multifaceted Crop Component. **The Scientific World Journal**, volume 2013, p.1-15, 2013.

FERNANDES, C.F. et al. **Mecanismos de defesa de plantas contra ataque de agente fitopatogênicos.** Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2009. 14 p.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 37 p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 84 p.

GOMES, F.B. et al. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. **Scientia Agricola**, v.62, n.6, p.547-551, Nov./Dec. 2005.

GOMES, F. B. Uso de Silício como Indutor de Resistência em Batata a *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 2, p. 185-190, 2008.

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: Cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, p. 54-60, 2009.

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of Insect Plant Resistance to the Spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in Sugarcane by Silicon Application. **Neotropical Entomology**, v. 40, n.3, p. 387-392, 2011.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. São Paulo: Ícone, 1991.

MALI, M.; AERY, N. C. Effect of silicon on growth, biochemical constituents, and mineral nutrition of cowpea. **Journal of Plant Nutrition**, v. 40, n. 6, p. 1041-1052, 2009.

NASCIMENTO, A. M. et al. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 2, p. 215-218, 2014.

OLIVEIRA, R. S. de. Silício na proteção de plantas contra herbívoros: uma abordagem sobre as interações tritróficas no sistema trigo, pulgões e parasitoides. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 876-898, 2012.

PEIXOTO, M. L. et al. Efeito do silício na preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v.35, n. 3, p. 478-481, 2011.

PREFEITURA DE TERESINA. **Teresina**: caracterização do município, 2015. <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Characteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf>. Acesso janeiro de 2018.

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

SANTIAGO, R.; BARROS-RIO, J.; MALVAR, R. A. Impact of Cell Wall Composition on Maize Resistance to Pests and Diseases. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 14, p. 6960-6980, 2013.

SILVA, D. J. de. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa, UFV, 1981. 166p.

SINGH, G.; SINGH, R. Distribution and economic importance of *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Aphidini: Aphidinae: Aphididae: Hemiptera) and its food plants in India. **International Journal of Recent Advances in Multidisciplinary Research**, v. 04, n. 02, p. 2274-2286, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848p.

4 CAPÍTULO II

Silício como indutor de resistência no controle do pulgão *Aphis craccivora*

Koch, 1854 em fava *Phaseolus lunatus*

Gilson Lages Fortes Portela¹, Paulo Roberto Ramalho Silva²

Resumo

São poucos os registros no Brasil dos insetos associados à cultura da fava, entre eles se destaca o pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854. Objetivou-se neste estudo avaliar os efeitos da aplicação de silício na indução de resistência de plantas de feijão fava *Phaseolus lunatus* a este inseto. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia do setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Os efeitos da aplicação do silício sobre os aspectos biológicos do inseto foram avaliados utilizando-se os tratamentos: silício aplicado no solo, silício aplicado no solo + foliar, silício foliar e testemunha, sem aplicação de silício. Foram avaliadas as variáveis biológicas: duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a fecundidade diária. Foram avaliados também os teores de silício e de lignina nas plantas. O ácido silícico foi aplicado em uma solução a 1% ao redor do caule das plantas (solo), quinze dias após a emergência, diluindo-se 2,0 g do produto em 200 mL de água. Já aplicação foliar foi realizada com pulverizador de 2L cinco dias após a aplicação em solo. A não preferência de *A. craccivora* em feijão também foi avaliada. As avaliações foram realizadas após 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada seção foliar. A aplicação de silício promove a redução da produção de ninfas, interferindo nos aspectos biológicos de *A. craccivora*, podendo ser utilizado num programa de manejo de pragas do feijão Fava.

Palavra chave: Antibiose. Comportamento. Manejo Integrado de Pragas. Resistência Induzida

¹Pós-Graduando em Agronomia – Agricultura Tropical da Universidade Federal do Piauí – E-mail: gilsonportela@ifpi.edu.br

² Professor do Departamento de Fitotecnia –CCA-UFPI – Campus Socopo – E-mail: pramalhoufpi@yahoo.com.br

Abstract

There are few records in Brazil of insects associated with fava culture, among them the black aphid *Aphis craccivora* Koch, 1854. The objective of this study was to evaluate the effects of silicon application on the resistance induction of fava bean plants *Phaseolus lunatus* to the black aphid *A. Craccivora*. The experiment was conducted in the Entomology Laboratory of the Phytosanitary Sector of the Centro de Ciências Agrárias from Universidade Federal do Piauí (UFPI). The effects of the silicon application on the biological aspects of the insect were evaluated using the treatments: silicon applied to soil; silicon applied to soil + leaf; leaf silicon and control, without silicon application. Were evaluated the biological variables: generation period, reproductive period, the fecundity and the daily average of nymphs per female. The silicon and lignin contents were also evaluated in the plants. The silicic acid was applied in a 1% solution around the stem of the plants (soil), fifteen days after emergence, by diluting 2.0g of the product in 200mL of water. Leaf application was performed with 2L spray five days after application to the soil. The non-preference of *A. craccivora* on beans was also evaluated. The evaluations were performed after 48h and 72h of infestation by counting nymphs and adults at each leaf session. The application of silicon promotes the reduction of the production of nymphs, interfering in the biological aspects of *A. Craccivora*, has potential to be used in a cowpea pest management program.

Key – words: Antibioses. Behavior. Integrated Pest Management. Induced Resistance

Introdução

O feijão-fava recebe diversas denominações, como feijão-de-lima, fava-de-lima ou o nome mais comum que é conhecido fava. De acordo com Oliveira et al. (2010) a fava *Phaseolus lunatus* é originária do continente Americano e bastante difundida em diversas regiões do mundo. Vieira (1992) afirma que por meio do comércio de escravos a planta chegou ao país, onde é cultivada em todos os estados.

A cultura é uma alternativa ao consumo dos feijões tradicionais *Phaseolus vulgaris* e *Vigna unguiculata*, podendo fornecer proteína vegetal a população. É muito comum o consumo pelas populações rurais do nordeste brasileiro (VIEIRA, 1992; GOMES et al., 2010).

Vieira (1992) relata que existem poucos estudos sobre insetos associados ao feijão-fava, entre eles se destaca o pulgão preto *A. craccivora* com grande potencial para provocar danos na cultura. Para Santos e Quinderé (1988) a maior preocupação com o inseto é até os 35 dias após a emergência. Eles se localizam em geral nos brotos terminais, podendo também atacar as vagens. A grande preocupação com os pulgões é que são vetores de vírus, transmitindo os vírus já na picada de prova.

Os danos são ocasionados por ninfas e adultos de *A. craccivora* (DE LA PAVAS; SEPÚLVEDA-CANO, 2015). São insetos pequenos, com cerca de 1,5 mm de comprimento, de coloração variando do amarelo-claro ao verde escuro, vivem em colônias, sob folhas, brotos novos e flores (SILVA; CARNEIRO; QUINDERÉ, 2005; GALLO et al., 2002; SANTOS; QUINDERÉ, 1988). Um outro problema citado pelos autores é que o pulgão provoca o aparecimento da fumagina, prejudicando os mecanismos de fotossíntese e respiração.

Taiz e Zeiger (2013) afirmam que os mecanismos de defesas existentes nos vegetais fazem com que as plantas apresentem respostas aos ferimentos provocados pelos insetos, bem como a identificação de substâncias existentes na saliva que induzem as respostas de defesa. Estas substâncias existentes na saliva são chamadas eliciadores e são responsáveis por desencadear o início das respostas de defesa das plantas.

Ao serem atacadas por agentes patogênicos e insetos as plantas emitem um sinal iniciando a defesa induzida, esse sinal depende de reguladores endógenos

como o ácido salicílico, o etileno e o ácido jasmônico (HAMMERSCHMIDT; M'ETRAUX; VAN LOON, 2001; ERB; MELDAU; HOWE, 2012). Segundo Rezende et al. (2007) o sinal ocorre quando moléculas do indutor se liga a moléculas receptoras, presente na célula vegetal.

A resistência induzida consiste no aumento da resistência das plantas ao ataque de insetos promovido pela utilização de produtos chamados indutores, sem alterar a composição genética da planta. Essa alternativa de controle é de fácil utilização, com um custo relativamente baixo e uma alternativa ao controle convencional (ALMEIDA et al., 2008).

Entre esses indutores se destacam o silício. A deposição do silício é capaz de criar resistência às plantas contra alguns insetos, devido a barreiras físicas, químicas e estruturais. Esse acréscimo da espessura da barreira física aumenta a dificuldade de penetração do inseto, diminui a sobrevivência do mesmo e isso leva a uma diminuição da suscetibilidade da planta (KORNDORFER; GRISOTO; VENDRAMIN, 2011). O silício é o elemento mais abundante na crosta terrestre (REYNOLDS; KEEPING; MEYER, 2009).

Diante do exposto objetivou-se avaliar o efeito do silício como indutor de resistência em feijão fava *P. lunatus* em relação ao ataque do pulgão preto *A. cracivora*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Teresina, Piauí, com as coordenadas geográficas 05° 05' 21" S e 42° 48' 07" W, apresentando altura do nível do mar de 72, no período de julho a dezembro de 2016, com temperaturas médias máxima e mínima de 34° e 22° respectivamente, e umidade média máxima de 84% e média mínima de 56% (PREFEITURA DE TERESINA, 2015).

Sementes de fava do acesso UFPI 886 – Tianguá, fornecidas pelo Banco Ativo de Germoplasma de Feijão-Fava da Universidade Federal do Piauí – BAGF/UFPI, foram plantados em jarros de 2,8 litros contendo substrato na proporção 3:1:1 (solo, esterco curtido e areia). Foram plantadas cinco sementes de fava e aos dez dias após a emergência feito o desbaste deixando uma planta por

jarro. As plantas foram cultivadas em casa-de-vegetação e a umidade das plantas era mantida via irrigação conforme necessidade.

A criação dos pulgões foi feita em plantas de feijão caupi, em sala climatizada com temperatura de $25\pm 2^\circ$ C no laboratório de fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da UFPI. Os insetos pertenciam a uma criação existente no laboratório.

Foram testados quatro tratamentos para aplicação de silício nas plantas: silício no solo; silício no solo + foliar; silício foliar e testemunha, sem aplicação de silício. O Ácido silício foi aplicado ao redor do caule das plantas (solo), quinze dias após a emergência, diluindo-se 2,0 g do produto em 200 mL de água. Já a aplicação foliar foi realizada com pulverizador de 1L cinco dias após a aplicação no solo.

O teste com chance de escolha foi realizado 24 horas após a aplicação de todos os tratamentos. Com o auxílio de uma tesoura foram recortadas seções foliares 2 x 2 cm, de cada um dos quatro tratamentos, que foram fixadas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, com fundo revestido com esponja e água. Cada placa continha uma seção foliar de cada um dos quatro tratamentos, dispostos em círculo, formando uma arena. No centro de cada placa foram liberados 25 pulgões adultos ápteros. As placas foram mantidas em câmara climatizada BOD regulada com temperatura de $25\pm 2^\circ$ C, umidade relativa de 70% e fotofase de 12 horas. As avaliações foram realizadas 48 e 72 horas após a liberação dos pulgões, pela contagem de adultos e de ninfas vivos presentes em cada seção foliar.

No teste sem chance de escolha, cada placa, nas mesmas condições do teste anterior, continha uma seção foliar de cada tratamento. Foi liberado um adulto em cada placa e 24 horas após a colocação foi retirado. Das ninfas produzidas uma ninfa foi selecionada, que permaneceu na placa até sua morte. As variáveis biológicas observadas foram: período de uma geração; período reprodutivo; a fecundidade e a média diária de ninfas por fêmea, determinado os teores de lignina e silício em cada tratamento.

No centro de cada placa foi liberado um pulgão adulto e 24 horas após a colocação do inseto, ele foi retirado e selecionada uma ninfa, que permaneceu na placa até sua morte. Nesse teste foram observadas as variáveis biológicas duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a fecundidade diária.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dez repetições para o teste com chance de escolha e trinta repetições para o teste

sem chance de escolha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa de computador BIOESTAT (AYRES et al., 20017) na versão 5.0 de 2007.

A determinação do teor de silício foi realizada no laboratório de solos pertencente ao Departamento de Solos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (MG). A extração foi feita com ácido nítrico e perclórico 3/1. Depois de extraído a amostra foi feita a leitura do teor de silício no espectrofotômetro marca Agilent modelo 240FS.

A determinação do teor de lignina foi realizada no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) pertencente ao departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí. A determinação da lignina foi feita a partir da fibra em detergente ácido (FDA), pelo método do ácido sulfúrico a 72%, segundo recomendação de Silva (1981).

Resultados e Discussão

No teste com chance de escolha não houve diferenças significativas entre os tratamentos nos testes com adultos e ninfas 48 e 72 horas após a liberação dos pulgões *A. craccivora* (Tabela 01). Uma das dúvidas quanto ao uso dos indutores é o tempo necessário para que ele comece a agir, pois no caso do silício é preciso um tempo mínimo para que os benefícios comecem a aparecer. Esse tempo ainda não temos como precisar. Cruz, Vendramim e Oliveira (1998) afirmam que o tempo ideal é de 72 horas em diante para se fazer avaliação por não preferência para o pulgão verde *Shizaphis graminum* no sorgo. Resultados semelhantes ao encontrado no presente trabalho foram observados por Costa e Moraes (2006) que pesquisando o efeito do silício sobre *Schizaphis graminum* em plantas de trigo não encontraram diferença significativa entre diferentes tratamentos com silício. Diferentemente Carvalho, Moraes e Carvalho (1999) e Almeida et al. (2015) que pesquisaram outras espécies de pulgões no sorgo e milho, encontraram diferença significativa entre diferentes tratamentos com aplicação de silício.

Tabela 01. Número de adultos e ninfas de *A. craccivora*, em teste com chance de escolha, em feijão-fava *P. lunatus* após a aplicação de silício.

Tratamentos	Adultos		Ninfas	
	48h ^{ns}	72 h ^{ns}	48 h ^{ns}	72 h ^{ns}
silício no solo	2,80± 0,35	2,20± 0,41	6,50± 1,0	5,40± 0,81
silício solo+ foliar	2,20± 0,48	2,70 0,53	6,80± 1,38	7,10± 1,34
silício foliar	2,80± 0,59	1,70± 0,63	7,10± 1,16	4,0± 1,11
Testemunha	2,00± 0,36	2,10± 0,48	6,60± 9,90	5,20± 1,33

*ns = não significativo a nível de 5% pelo teste F.

Dos parâmetros biológicos avaliados, a duração do período ninfal (tabela 02) e longevidade (tabela 03) não foram influenciados por nenhuma forma de adubação com silício. O inseto mesmo encontrando uma situação não ideal para seu desenvolvimento devido a barreiras físicas, substâncias defensivas produzidas influenciadas pelo silício, não alterou seu período ninfal e nem a longevidade, não apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) em comparação com o tratamento testemunha. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Costa e Moraes (2006) trabalhando com o pulgão *Schizaphis graminum* em plantas de trigo, Ranger et al. (2009) pesquisando *Myzus persicae* em *Zinnus elegans* e Santos et al. (2012) trabalhando com Tuta absoluta, nessas pesquisas também não houve diferença estatísticas entre os tratamentos com aplicação de silício.

Tabela 02. Período Ninfal (média ± erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de Fava *P. lunatus* tratadas com silício.

Tratamentos	Período Ninfal
silício solo	4,16 ± 0,11 ^{ns}
silício solo + foliar	4,16 ± 0,14 ^{ns}
silício foliar	4,44 ± 0,16 ^{ns}
Testemunha	4,24 ± 0,13 ^{ns}

*ns = não significativo a nível de 5% pelo teste F.

Tabela 03. Longevidade (média ± erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de de Fava *P. lunatus* tratadas com silício.

Tratamentos	Longevidade
silício solo	15,84 ± 0,65 ^{ns}
silício solo + foliar	17,20 ± 0,77 ^{ns}
silício foliar	16,16 ± 0,72 ^{ns}
Testemunha	16,36 ± 0,65 ^{ns}

* ns não significativo a nível de 5% pelo teste F.

Em relação a fecundidade (tabela 04) houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados ($p < 0,05$). Os tratamentos onde o silício foi aplicado no solo e

foliar apresentaram os melhores resultados. Os tratamentos onde toda a dose de silício foi aplicada no solo e foliar causaram algum efeito sobre a capacidade reprodutiva dos pulgões, pois a testemunha sem silício apresentou uma produção de ninfas bem superior. O tratamento com aplicação de silício no solo proporcionou menor fecundidade e número de ninfas. A testemunha apresentou também uma produção diária (tabela 05) superior ao tratamento onde o silício foi aplicado no solo e foliar. O silício possivelmente induz a planta a produzir algum composto secundário responsável pela defesa vegetal, ou atuando na estrutura da planta ou na parte da bioquímica das plantas de fava, levando a produção de substâncias como as enzimas e fitoalexinas. O silício altera a reprodução dos pulgões mesmo em plantas tidas como não acumuladoras de silício, a sua presença na planta leva a alterações na qualidade nutricional das plantas dificultando a digestibilidade do alimento e isso leva a indução de resistência. Com certeza os insetos tiveram dificuldade para se alimentarem normalmente e isto comprometeu sua reprodução

Tabela 04. Fecundidade (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de de Fava *P. lunatus* tratadas com silício (si).

Tratamentos	Fecundidade
Silício solo	48,48 \pm 2,18 b
Silício solo + foliar	61,81 \pm 1,65 a
silício foliar	51,44 \pm 2,26 b
Testemunha	61,80 \pm 3,14 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O silício atua de diversas formas na redução do dano provocado por inseto. Entre os diversos mecanismos de atuação podemos citar a menor digestibilidade, maior dureza dos tecidos, produção de enzimas defensivas, e redução da reprodução do inseto, conforme afirmações feitas por Reynolds, Keeping e Meyer (2009). O silício possivelmente deve aumentar a presença de substâncias capazes de reduzir a reprodução do pulgão.

Tabela 05. Média diária de ninfas por fêmea (média \pm erro padrão) de pulgões *A. craccivora* em plantas de Fava *P. lunatus* tratadas com silício (si).

Tratamentos	NINFAS/FÊMEA/DIA
si Solo	4,23 \pm 0,20 c
si Solo + foliar	4,74 \pm 0,21 ab
si foliar	4,48 \pm 0,23 cb
Testemunha	5,16 \pm 0,22 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,01$).

Gomes, Moraes e Nery (2009) em pesquisa com batata inglesa adubada com silício, afirmam que o silício aplicado no solo ou foliar reduz a fecundidade de pulgão *Myzus persicae*. Pereira et al. (2010) pesquisando o pulgão verde do trigo *Schizaphis graminum* utilizando adubação com silício também afirmam que a fecundidade diminui, corroborando as observações desse estudo.

O teor de silício também foi determinado, segundo gráfico um. O tratamento testemunha apresentou menor teor de silício, implicando em uma maior fecundidade, mostrando que o silício talvez seja o responsável pelo aumento da dureza dos tecidos ou produza alguma substância que dificulta a alimentação dos insetos. Segundo Epstein (1999) o silício se acumula na parede celular, na forma de sílica amorfa, e isso leva a um maior acúmulo de lignina, compostos fenólicos, peroxidases e quitinase, substâncias que protegem a planta contra patógenos e insetos herbívoros. Segundo Reynolds, Keeping e Meyer (2009) o silício leva a uma redução da digestibilidade e como consequência uma menor fecundidade, além da liberação de voláteis responsáveis pela atração de inimigos naturais melhorando o controle de insetos.

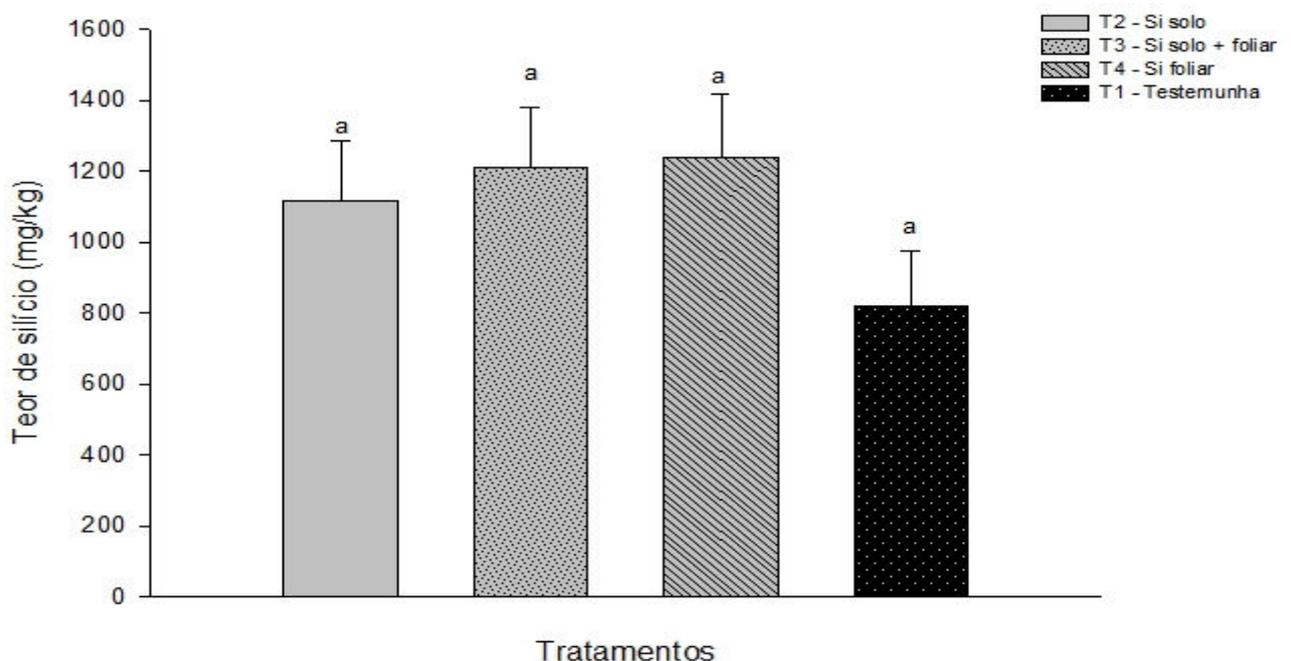


GRÁFICO 01. Teor de silício (mg/kg) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de Fava *Phaseolus lunatus* após a aplicação de diferentes doses de silício.

Diversas pesquisas obtiveram resultados semelhantes ao presente estudo, entre eles pode-se citar a pesquisa de Keeping, Kvedaras e Bruton (2009) com *Eldana saccharina* em cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* também em cana-de-açúcar (KORNDORFER; GRISOTO; VENDRAMIM, 2011), com o pulgão *Cinara atlantica* em Pinus (CAMARGO et al., 2008), com o pulgão *Schizaphis graminum* em trigo (COSTA; MORAES, 2006) e Nascimento et al. (2014) os quais afirmam que a aplicação de silício em arroz afeta a preferência alimentar e a sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda*.

Não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p < 0,05$) em relação ao teor de lignina (Figura 2), mesmo percebendo uma tendência maior no tratamento que recebeu silício no solo. O teor de lignina é um dos diversos parâmetros relacionado com a indução de resistência, não o único. Segundo Frei (2013) a parede celular constitui a primeira linha de defesa das plantas contra patógenos, nematoides e insetos. A lignina é um polímero aromático depositadas na parede celular e tem entre outras funções a defesa vegetal. O teor de lignina nas culturas depende de vários fatores, tais como fase de crescimento, genótipo, fração morfológica e condições ambientais.

Considerando que o silício não afetou a não preferência supõe-se que o mecanismo de resistência possivelmente seja antibiose. Além disso, deve-se levar em consideração que o uso do silício como indutor de resistência de pragas ainda necessita de pesquisas para determinar doses, formas de aplicação, parcelamento ou não de doses, melhor época de aplicação, entre outros fatores. Este é um trabalho inicial com a cultura da fava no estado do Piauí.

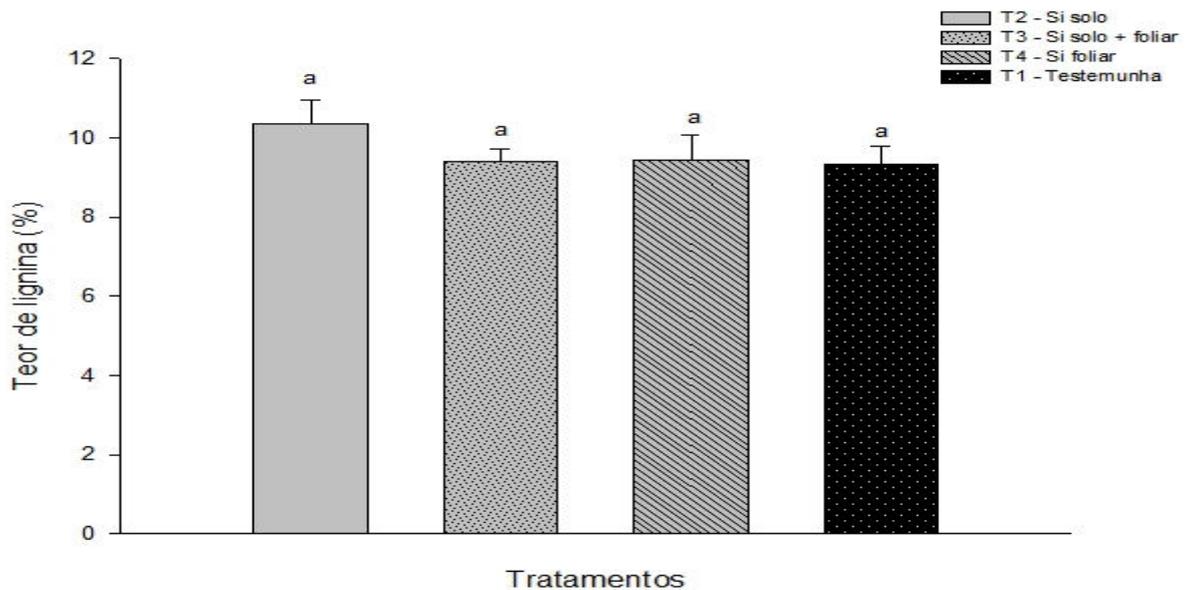


GRÁFICO 02. Teor de lignina (%) (\pm erro padrão) em massa seca da parte aérea (folhas e hastes) de *Phaseolus lunatus* em diferentes tratamentos.

Conclusão

O Silício afeta a fecundidade e o número de ninfas do pulgão *A. craccivora* na cultura do feijão fava *P. lunatus*, podendo ser utilizado num programa de manejo do inseto.

Referências

ALMEIDA, G. D. et al. Fertilizante organomineral como indutor de resistência contra a colonização da mosca branca no feijoeiro. **Idesia** (Chile), v. 26, n. 1, p. 29-32, 2008.

ALMEIDA, A. C. de S. Efeito de indutores de resistência em híbridos de milho na atratividade do pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). **Revista Agrarian**, Dourados, v. 8, n.27, p.23-29, 2015.

AYRES, M. et al. **Bioestat**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Bélem: UFP, 2007.

CAMARGO, J. M. M. et al. Resistência induzida ao pulgão-gigante-do-pinus (Hemiptera: Aphididae) em plantas de *Pinus taeda* adubadas com silício. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p. 927-932, Oct./Dec. 2008.

CARVALHO, S. P.; MORAES, J. C.; CARVALHO, J. G.. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis*

graminum (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais Sociedade Entomológica Brasileira**, Londrina, v.28, n. 3, 1999.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C. Efeitos do ácido silícico e do acibenzolar-S-methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae) em plantas de trigo. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 834-839, 2006

CRUZ, I.; VENDRAMIM, J. D. ; OLIVEIRA, A. C. Determinação do período de avaliação de não-preferencia DE SORGO AO PULGÃO-VERDE, *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomologica Brasileira**, v.27, n.2, p. 299-302, 1998.

DE LA PAVAS, N.; SEPULVEDA-CANO, P. A. Biología del áfido negro (*Aphis craccivora*: Aphididae) sobre frijol caupi (*Vigna unguiculata*, Fabaceae). **Acta Biologica Colombiana**, v.20, n. 3, p.:93-97, 2015.

EPSTEIN, E. **Silicon**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. V.50, p.641-664, 1999.

ERB, M.; MELDAU, S.; HOWE, G.A. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. **Trends Plant Sci**, v.17, n.5, p.250-259, 2012.

FREI, M. Lignin: Characterization of a Multifaceted Crop Component. **The ScientificWorld Journal**, volume 2013, p.1-15, 2013.

KORNDÖRFER, A. P.; GRISOTO, E.; VENDRAMIM, J. D. Induction of Insect Plant Resistance to the Spittlebug *Mahanarva fimbriolata* Stål (Hemiptera: Cercopidae) in Sugarcane by Silicon Application. **Neotropical Entomology**, v. 40, n. 3, p. 387-392, 2011.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

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 Agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 18-23, 2009.

GOMES, S. O. et al. Avaliação de componentes de produtividade de grãos em sub-amostras de feijão-fava de crescimento determinado. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, vol. 7, p.312-317, 2010.

KEEPING, M. G.; KVEDARAS, O. L.; BRUTON, A. G. Epidermal silicon in sugarcane: Cultivar differences and role in resistance to sugarcane borer *Eldana saccharina*. **Environmental and Experimental Botany**, v.66, p. 54-60, 2009.

HAMMERSCHMIDT, R.; M'ETRAUX, J. P.; VAN LOON, L. C. Inducing resistance: a summary of papers presented at the First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases, Corfu, May 2000 **European Journal of Plant Pathology**, v. 107, p.1–6, 2001.

- NASCIMENTO, A. M. et al. Não preferência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) induzida em arroz pela aplicação de silício. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.2, p.215-218, 2014
- OLIVEIRA, M. D. C. P. et al. Fenologia e Desenvolvimento Vegetativo do Feijão-Fava. In: LOPES, A. C. D. A.; GOMES, R. L. F.; ARAUJO, A. S. F. D. **A Cultura do Feijão-Fava no Meio-Norte do Brasil**. 1. ed. Teresina: EDUFPI, 2010. Cap. 4, p. 272.
- PEREIRA, R. R. C. et al. Resistance inducing agents on the biology and probing behaviour of the greenbug in wheat. **Scientia Agricola**. (Piracicaba, Braz.), v.67, n.4, p.430-434, July/August 2010.
- PREFEITURA DE TERESINA. **Teresina**: caracterização do município, 2015. <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Caracteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf>. Acesso janeiro de 2018.
- RANGER, C. M. et al. Influence of silicone on resistance of *Zinnia elegans* to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 38, n. 1, p. 129-136, 2009.
- REYNOLDS, O. L.; KEEPING, M. G.; MEYER, J. H. Silicon-augmented resistance of plants to herbivorous insects: a review. **Annals of Applied Biology**, v.155, p.171-186, 2009.
- REZENDE, M. L. V. et al. Seleção de Extratos Vegetais para Indução de Resistência e Ativação de Respostas de Defesa em Cacaueiro contra a Vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, n. 3, 2007.
- SANTOS, J. H. R.; QUINDERÉ, M. A. W. Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J. P. P.; WATT, E. E. (Org.). **O Caupi no Brasil**. Brasília: IITA/EMBRAPA, cap. 21, p. 605-658, 1988.
- SANTTOS, M. C. dos. et al. Efeito do silício em aspectos comportamentais e na história de vida de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.2, n.1., p.76-88, Julho, 2012
- SILVA, D. J. de. **Análise de alimentos** (métodos químicos e biológicos). Viçosa, UFV, 1981. 166p.
- SILVA, P. H. S. da.; CARNEIRO, J. da S.; QUINDERÁ, M. A. W. Pragas. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 37 p. 29-92.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 848p.
- VIEIRA, R. F. A Cultura do feijão-fava. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 174, p. 30-37, 1992.

5 CAPÍTULO III

Efeito de Acibenzolar-S-metil (ASM) como Indutor de resistência do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. ao pulgão *Aphis craccivora* Koch, 1854.

Gilson Lages Fortes Portela¹, Paulo Roberto Ramalho Silva²

Resumo

O Acibenzolar-S-metil (ASM) é um ativador das defesas naturais das plantas e não tem ação direta sobre insetos e patógenos. Objetivou-se avaliar o efeito do ASM como indutor de resistência em feijão-caupi *Vigna unguiculata* em relação ao ataque do pulgão preto *A. craccivora*. O experimento foi conduzido no Laboratório de Entomologia do setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Foram utilizados para avaliação dos efeitos biológicos da aplicação os seguintes tratamentos: 0,10g L⁻¹; 0,20g L⁻¹; 0,30g L⁻¹ e testemunha, sem ASM. O acibenzolar-S-metil foi aplicado pulverizando-se 10 mL de solução por planta, quinze dias após a emergência. Foram avaliados os parâmetros: duração do período pré-reprodutivo, a longevidade, a fecundidade total e a fecundidade diária. A não preferência de *A. craccivora* também foi realizada após 24h, 48h e 72h da infestação pela contagem de ninfas e de adultos em cada secção foliar. No presente estudo concluiu-se que o acibenzolar-S-metil induziu mecanismo de não-preferência a *A. craccivora* em plantas de feijão caupi.

Palavra chave: Resistência induzida. Afídeos. Proteção de plantas. MIP.

¹Pós-Graduando em Agronomia – Agricultura Tropical da Universidade Federal do Piauí – E-mail: gilsonportela@ifpi.edu.br

² Professor do Departamento de Fitotecnia –CCA-UFPI – Campus Socopo – E-mail: pramalhoufpi@yahoo.com.br

Abstract

The Acibenzolar-S-methyl (ASM) is an activator of the natural defenses of plants and has no direct action on insects and pathogens. The objective of this study was to evaluate the effect of ASM as an inducer of resistance in cowpea *Vigna unguiculata* in relation to black aphid *A. craccivora* attack. The experiment was conducted in the Entomology Laboratory of the Phytosanitary Sector of the Centro de Ciências Agrárias from Universidade Federal do Piauí (UFPI). Were used to evaluate the biological effects of the application the following treatments: 0, 10g L; 0.20g L; 0,30g L and witnesses, without ASM. Acibenzolar-S-methyl was applied by spraying 10mL of solution per plant fifteen days after emergence. Were evaluated the biological variables: generation period, reproductive period, the fecundity and the daily average of nymphs per female. The non-preference of *A. craccivora* on beans was also performed after 24h, 48h and 72h of infestation by counting nymphs at 24h, 48h and 72h and adults at each leaf session. In the present study it was concluded that acibenzolar-S-methyl induced a mechanism of non-preference to *A. craccivora* and cowpea plants.

Key-word: Induced resistance. Aphids. Plant Protection. MIP

Introdução

O caupi constitui uma das principais alternativas social e econômica de suprimento alimentar para a população de baixa renda (FREIRE FILHO et al., 2005, 2011). A cultura tem maior importância econômica no Norte e Nordeste (FREIRE FILHO et al., 2011).

Existem diversos insetos associados a cultura do feijão caupi, sendo alguns considerados pragas. Entre os insetos que causam sérios danos a cultura se destacam o pulgão preto, *Aphis craccivora* (Koch, 1854), a cigarrinha-verde, *Empoasca* sp. (Hemiptera: Cecidellidae), mosca branca, *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae); vaquinha-do-feijoeiro, *Cerotoma arcuatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) e o manhoso, *Chalcodermus bimaculatus* (Coleoptera: Curculionidae) (SILVA; CARNEIRO, 2000).

Bandeira et al. (2015) observaram que as plantas atacadas pelo pulgão preto apresentam baixo desenvolvimento, porte reduzido, sintomas de encarquilhamento de folhas e presença de fumagina.

Silva e Bleicher (2010) afirmam que a alternativa de maior importância para controle do inseto é a busca por genótipos resistentes, principalmente por que plantas com resistência diminuem o uso de defensivos agrícolas e evitam o surgimento de insetos resistentes aos defensivos.

O termo resistência induzida é utilizado para descrever as defesas induzidas por danos provocados pelos insetos quando as plantas são atacadas e essas defesas tornam as plantas menos suscetíveis a ataques futuros. Essas defesas podem ser diretas e indiretas (COOPER; GOGGIN, 2005).

Diversos estudos a nível bioquímico estão levando a uma nova geração de pesquisas relacionadas às defesas induzidas. O que tem chamado a atenção dos pesquisadores é um mecanismo chamado “Priming” ou preparação. Esse mecanismo se caracteriza pela planta adquirir a habilidade de responder a futuros ataques de insetos, após a aplicação exógena de indutores químicos. Nos últimos anos algumas substâncias têm se destacado, entre elas o ácido jasmônico, após a ação de insetos mastigadores e o ácido salicílico após a ação de insetos sugadores e doenças (PINTOS-ZAVALLLOS; ZARBIM, 2013). Ao longo das últimas décadas, têm havido evidências crescentes que as plantas podem ser preparadas para uma ativação mais eficiente das respostas de defesa. Este estado chamado “Priming”

leva as plantas a responder mais rápido e mais forte a ativação das várias respostas de defesa que são induzidas após o ataque por agentes patogênicos, insetos ou estresse abióticos (JAKAB et al., 2006).

Existem diversos compostos de natureza sintética que são utilizados como ativadores dos mecanismos de defesa das plantas, entre eles se destaca o Acibenzolar-S-methyl (ASM), que não apresenta fitotoxidez para as plantas e se transloca facilmente por todas as partes dos vegetais (COSTA; MORAES; ANTUNES, 2007).

O ASM é registrado no Brasil como um ativador de plantas e não tem ação direta sobre insetos e patógenos. Ele é um ativador das defesas naturais da planta aumentando sua resistência contra o ataque de insetos e patógenos. O produto tem uma absorção e translocação rápida pela planta (SYNGENTA, 2017).

Diante do exposto objetivou-se avaliar o efeito do Acibenzolar-S-metil como indutor de resistência em feijão caupi *Vigna unguiculata* em relação ao ataque do pulgão preto *A. craccivora*.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí, localizado no município de Teresina, Piauí, com as coordenadas geográficas 05° 05' 21" S e 42° 48' 07" W, apresentando altura do nível do mar de 72, com temperaturas médias máxima e mínima de 34° e 22° respectivamente, e umidade média máxima de 84% e média mínima de 56% (PREFEITURA DE TERESINA, 2015).

Plantas de feijão-caupi (*V. unguiculata*) foram cultivadas em vasos de 2,8L, contendo mistura de solo, esterco curtido e areia na proporção de 3:1:1 e mantidos em casa de vegetação. As sementes de feijão da cultivar Imponente, escolhida em pré-testes, foram fornecidas pela Embrapa Meio Norte. Os jarros foram plantados com cinco sementes e feito o desbaste dez dias após a germinação permanecendo uma planta por jarro. As plantas foram regadas diariamente todos os dias durante a condução do experimento. Os pulgões utilizados foram provenientes de criação existente no laboratório de Entomologia do Setor de Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí (UFPI) e alimentados sobre plantas de fava.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 30 repetições para o teste sem chance de escolha e dez repetições para o teste com chance de escolha. Os tratamentos utilizados foram constituídos da aplicação do produto acibenzolar-S-metil através de pulverização foliar com 10 mL de solução por planta. A solução foi aplicada com pulverizador manual até o escoamento da calda. Foram testados os seguintes tratamentos: 0,10g L⁻¹; 0,20g L⁻¹; 0,30g L⁻¹ e testemunha, sem aplicação de ASM. A aplicação foi realizada vinte dias após a emergência das plantas.

Para o teste de livre escolha, foram utilizadas seções foliares de feijão 2 x 2 cm, dos quatro tratamentos, dispostos em placas de Petri de 15 cm de diâmetro, com fundo revestido com esponja e água. As quatro seções foram distribuídas aleatoriamente e equidistantes entre si, permitindo livre escolha pelos pulgões. Foram liberados 25 pulgões adultos ápteros no centro de cada placa, 24 horas após a aplicação de todos os tratamentos. As placas foram colocadas em câmara BOD regulada com temperatura de 25±2° C, umidade relativa de 70% e fotofase de 12 horas. Após 24 horas, 48 horas e 72 horas da infestação com os pulgões, foram contadas as ninfas vivas (retiradas logo após a contagem, sendo esses valores acumulados nas contagens seguintes) e os adultos presentes em cada seção foliar.

No teste sem chance de escolha, foi colocada uma seção foliar, 2 x 2 cm, de cada tratamento, em placas de Petri de 5 cm de diâmetro, com fundo revestido com esponja e água. Foram liberados um adulto em cada placa e 24 horas após a colocação foi retirado. Das ninfas produzidas uma ninfa foi selecionada, que permaneceu na placa até sua morte. As variáveis biológicas observadas foram: período de uma geração; período reprodutivo; a fecundidade e a média diária de ninfas por fêmea, determinado os teores de lignina e silício em cada tratamento.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dez repetições para o teste com chance de escolha e trinta repetições para o teste sem chance de escolha. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa de computador SAS (2004).

Resultados e Discussão

No teste de preferência com chance de escolha foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) para adultos 48 e 72 horas após liberação dos insetos e para ninfas nas avaliações realizadas 72 horas após a liberação dos insetos (tabela 01). Para adultos nas 48 e 72 horas após a liberação dos insetos todos os tratamentos que receberam o acibenzolar-S-metil (ASM) atraíram um número menor de adultos que a testemunha. Já para o teste com ninfas foram significativos os tratamentos que receberam as maiores doses de ASM, já o tratamento que recebeu a menor dose não diferiu estatisticamente do tratamento testemunha. Supõe-se que a não preferência de *A. craccivora* por plantas de feijão-caupi tratadas com ASM deve-se a produção de alguma substância com características deterrentes. Quanto ao tempo para manifestação da não-preferência há necessidade de um prazo para que o indutor comece a produzir algum efeito.

Pesquisas realizadas por Cruz, Vendramim e Oliveira (1999) avaliando a não-preferência de sorgo ao Pulgão-verde, *Schizaphis graminum* indicaram que 72 horas é o tempo ideal para avaliação de não-preferência. Na mesma linha de pensamento Filgueiras et al. (2011) pesquisando o mesmo inseto agora em plantas de trigo tratadas com silício afirmam que a indução de resistência ocorreu as 72 horas após a aplicação do produto. Alcantra, Moraes e Antonio (2010) estudando os efeitos do ASM em cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii* concluíram que o ASM induz mecanismos de não-preferência, semelhantemente aos resultados encontrados nesta pesquisa.

Tabela 01. Número de adultos e ninfas (NN) em teste com chance de escolha, em feijão-caupi tratadas com acibenzolar-S-metil.

Tratamentos	Adultos			Ninfas		
	24 h	48h	72 h	24 h	48 h	72 h
I 0,10g L ⁻¹	3,40±0,56a	2,20±0,49b	2,00±0,42b	10,10±2,23a	19,50±5,36a	28,00±7,55b
II 0, 20g L ⁻¹	2,20±0,63a	1,60±0,50b	1,60±0,47b	7,70 ±2,94a	14,00±4,41a	16,80±6,07a
III 0, 30g L ⁻¹	2,50±0,54a	1,70±0,52b	1,00±0,49b	7,50±2,87a	14,00±9,39a	16,70±6,93a
Testemunha	3,80±0,44a	4,40±0,54a	4,20±0,51a	11,70±2,94a	32,00±5,70a	52,20±8,66b

* significativo a nível de 5% pelo teste F.

Observou-se que a aplicação de ASM exerceu efeito repelente sobre adultos de *A. craccivora*, conforme tabela 2. Podemos acreditar que o ASM pode ser

empregado no manejo do *A. craccivora* na cultura do feijão caupi, por apresentar resistência do tipo não-preferência. Salientamos a necessidade de mais pesquisas, principalmente sobre doses, parcelamento de doses, formas de aplicação, pesquisa de campo, entre outras. Provavelmente houve a produção de substâncias relacionadas com a defesa vegetal induzidas pela presença do ASM, como por exemplo a produção de fitoalexinas.

Tabela 2. Índice de repelência (IR) para adultos de *A. craccivora* às 72 horas em feijão-caupi tratado com acibenzolar-S-metil.

Tratamentos	IR	Classificação
0,10g L ⁻¹	0,65	Repelente
0,20g L ⁻¹	0,55	Repelente
0,30g L ⁻¹	0,38	Repelente
Testemunha	-	-

IR = $2G/(G+P)$; em que G = número de insetos nas plantas tratadas; P = número de insetos na testemunha. Classificação: IR < 1 (Repelente); IR = 1 (neutra); IR > 1 (atraente).

No teste sem chance de escolha, não houve diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, a aplicação de ASM não afetou os aspectos biológicos do *A. craccivora* (tabela 3). Os tratamentos que receberam as maiores doses (0,20g L⁻¹ e 0,30g L⁻¹) apresentaram os melhores resultados, apresentando período ninfal, longevidade, fecundidade e média diária de fêmeas menores que o tratamento que recebeu 0,10g L⁻¹ e o tratamento testemunha, porém estatisticamente são todos iguais. O ASM não atua diretamente no inseto, ele faz com que a planta ative suas defesas naturais, segundo o fabricante do produto. Essas defesas naturais levam a produção de diversos compostos como enzimas relacionadas com a defesa e fitoalexinas. O produto talvez não tenha ativado todos os mecanismos de defesas da planta e com isso tenha interferido pouco na biologia do inseto. Uma das soluções é a realização de estudos com parcelamento do produto e determinando a melhor época de aplicação. O ASM é utilizado para ativar as defesas contra doenças e ultimamente é que se tem usado para indução de resistência a insetos.

Tabela 3. Aspectos biológicos (período ninfal, longevidade, fecundidade, número médio de ninfas por dia) de *A. craccivora* em feijão-caupi tratado com acibenzolar-S-metil.

Tratamentos	Período ninfal ^{ns}	longevidade ^{ns}	Fecundidade ^{ns}	MDF/fêmea ^{ns}
0,10g L ⁻¹	4,13±0,06	16,53±0,40	92,93±3,08	7,85±0,21
0,20g L ⁻¹	4,10±0,06	15,20±0,39	80,27±3,52	7,40±0,36
0,30g L ⁻¹	4,00±0,00	15,23±0,42	80,10±3,73	7,20±0,26
Testemunha	4,16±0,07	16,53±0,36	92,30±3,71	7,53±0,23

*ns = não significativo ao nível de 5% pelo teste F. MDF/fêmea - média diária fêmea por dia.

Costa e Moraes (2006) usando o ASM em trigo para verificar indução de resistência ao pulgão verde *Schizaphis graminum*, concluíram que o produto não alterou as variáveis biológicas, corroborando com o presente estudo. Martins, Tomquelski e Papa (2015) pesquisando o uso do ASM em algodoeiro para controle de *Aphis gossypii* (2015) concluíram que o ASM interfere na biologia do inseto reduzindo a população. Correa et al. (2005) também afirmam que o ASM interfere na biologia da mosca branca *Bemisia tabaci* na cultura do pepino. O uso do acibenzolar-S-metil poderá ser um bom indutor de resistência com a realização de outras pesquisas avaliando doses, parcelamento de doses, épocas de aplicação em estudos laboratórios e de campo.

Conclusão

O acibenzolar-S-metil induziu mecanismo de não-preferência a *A. craccivora* em feijão-caupi.

Referências

ALCANTRA, E.; MORAES, J. C.; ANTONIO, A. Efeito de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n.4, p.1-6, 2010.

BANDEIRA, H. F. da S. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 79-85, 2015.

CRUZ, I.; VENDRAMIM, J. D.; OLIVEIRA, A. C. Determinação do período de avaliação de não-preferência de sorgo ao pulgão-verde, *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomologica Brasileira**, v.27, n.2, p. 299-302, 1998.

COOPER, W.R.; GOGGIN, F. L. Effects of jasmonate-induced defenses in tomato on the potato aphid, *Macrosiphum euphorbiae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 115, p.107–115, 2005.

COSTA, R. R.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Resistência induzida em trigo ao pulgão resistência induzida em trigo ao pulgão *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae) por silício e acibenzolar-s-methyl. **Ciências e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 393-397, mar./abr., 2007.

COSTA, R. R.; MORAES, J.C. Efeitos do Ácido Silícico e do Acibenzolar-S-Methyl sobre *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) em Plantas de Trigo. **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 834-839, 2006.

CORREIA, R. S. B. et al. 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. 3p. 429-433, 2005.

CRUZ, I.; VENDRAMIM, J. D. ; OLIVEIRA, A. C. Determinação do período de avaliação de não-preferência de sorgo ao pulgão verde, *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). **Anais da Sociedade Entomologica Brasileira**, v.27, n.2, p. 299-302, 1998.

FILGUEIRAS, C. C. et al. Avaliação do tempo de indução de resistência ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae) em plantas de trigo tratadas com ácido silícico. **Revista de Agricultura**, v.86, n.1, p. 24 - 31, 2011.

FREIRE FILHO, F. R. et al. A. melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 37 p. 29-92.

FREIRE FILHO, F. R. et al. A. melhoramento Genético. In: Freire Filho, F. R.; Lima, J. A. A.; Ribeiro, V. Q. (Ed.). **Feijão caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2011. 84 p.

JAKAB, G et al. Priming: Getting ready for battle. **Molecular-Plant-Microbe-Interaction**, v. 19, n. 10, p. 1062-1071, 2006.

MARTINS, G. L. M.; TOMQUELSKI, G. V.; PPAPA, G. Aplicação de acinbenzolar-S-methyl em algodoeiro para controle de *Aphis gossypii* (GLOVER) e *Ramularia areola* (Atkinson). *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v.2, n.1, p. 53-59, 2015.

PINTOS-ZAVALLLOS, D. M.; ZARBIM, P. H. G. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Química Nova**, V.36, N.10, P. 1509-1513, 2013.

PREFEITURA DE TERESINA. **Teresina**: caracterização do município, 2015. <http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2015/02/TERESINA-Characteriza%C3%83%C2%A7%C3%83%C2%A3o-do-Munic%C3%83-pio-2015.pdf>. Acesso janeiro de 2018.

SAS Institute, **SAS/STAT 9.1** User's Guide, SAS Institute Inc.. Cary, NC, 1–5121, 2004.

SIQUEIRA, I. TT. D. de. **Indução de resistência em feijão (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) utilizando acibenzolar-S-metil no controle da antracnose**. Garanhuns, 2015, 36p. Tese (Doutorado em Produção Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2015.

SYNGENTA. **Guia de Produtos**. <https://www.syngenta.com.br/product/crop-protection/ativador-de-plantasfungicida/bion-500-wg>. Acesso em 08 de julho de 2017.

SILVA, P. H. S. da.; CARNEIRO, J. da. S. Pragas do feijão caupi e seu controle. In: CARDOSO, M. J. **A cultura do feijão caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2000. 264p. (EMBRAPA MEIO-NORTE. Circular Técnica, 28).

SILVA, J. F. da; BLEICHER, E. B. Resistência de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 10, p. 1089-1094, 2010.