

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

BRUNA TAÍZA LOCATELI

**INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA POR AGENTES ABIÓTICOS EM  
SOJA À MOSCA-BRANCA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**DOIS VIZINHOS**

**2017**

**BRUNA TAÍZA LOCATELI**

**INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA POR AGENTES ABIÓTICOS EM  
SOJA À MOSCA-BRANCA**

Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro  
Co-orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Jucelaine Haas

**DOIS VIZINHOS**

**2017**

L811i Locateli, Bruna Taíza  
Indução de resistência por agentes abióticos em soja à  
mosca-branca / Bruna Taíza Locateli – Dois Vizinhos, 2017  
65f.:il

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Miguel Mazaro  
Coorientadora: Profa. Dra. Jucelaine Haas  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica  
Federal do Paraná, Programa de Pós- graduação em  
Agroecossistemas, Dois Vizinhos, 2017.  
Bibliografia p. 53-65

1. Pragas - Controle 2. Mosca-branca 3. Enzimas 4. Plantas-  
Metabolismo I. Mazzaro, Sérgio Miguel, orient. II. Haas,  
Jucelaine, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná – Dois Vizinhos IV. Título

CDD: 632.603

Ficha catalográfica elaborada por Rosana da Silva CRB: 9/1745  
Biblioteca da UTFPR-Dois Vizinhos



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Câmpus Dois Vizinhos  
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação  
**Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**Título da Dissertação n° 008**

**Indutores de resistência por agentes abióticos em soja à mosca-branca**

**Bruna Taíza Locateli**

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e oito de agosto de dois mil e dezessete, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGROECOSSISTEMAS, Linha de Pesquisa – Manejo e Conservação de Agroecossistemas, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (Área de Concentração: Agroecossistemas), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .....

Banca examinadora:

---

**Sérgio Miguel Mazaro**  
UTFPR-DV

---

**Anelise Tessari Perboni**  
UTFPR-DV

---

**Flávio Endrigo Cechim**  
IFPR

---

**Prof. Dr. Eleandro José Brun**  
Coordenador do PPGSIS

\*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Dedico este trabalho à minha família e amigos pelos momentos de ausência, em especial a minha mãe que sempre esteve do meu lado espiritualmente.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus.

Aos meus familiares pelo apoio e amor incondicional em todos os momentos. Ao meu pai José e minha irmã Andréia, em especial minha linda mãe Lurdes Locateli, que mesmo distante deu-me forças para continuar na caminhada, aos meus sobrinhos Guilbert e Valentina que são meus raios de vida.

Ao meu noivo Ângelo que amo imensamente, obrigado pelo companheirismo, incentivo, e apoio nas horas de aflição, bem como participou ativamente da construção das gaiolas e equipamentos do experimento.

Agradeço ao meu orientador Prof. Sérgio Miguel Mazaro, pela inteligência e paciência com que me guiou nesta caminhada, mesmo sendo gremista.

À minha co-orientadora Jucelaine pelo auxílio, ajuda e chimarrão, foi meu consolo e anjo da guarda em muitas situações.

Aos meus colegas que ajudaram nas análises: Mycheli, Vinícius, Rodrigo, Edson, Lilian, Cleiton, e ao grupo de Indução de Resistência da UTFPR.

Aos colegas e amigos.

Aos professores dos colégios onde trabalhei pela compreensão, apoio e incentivo.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Agroecossistema pela oportunidade.

Por fim, a todas as pessoas que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa, muito obrigada.

## RESUMO

LOCATELI, Bruna Taíza. **Indução de resistência por agentes abióticos em soja mosca-branca**: 2017. 65 f. Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR - Dois Vizinhos, 2017.

A soja é uma das culturas mais antigas e praticadas no mundo, tendo sua importância pelo elevado teor de proteínas, sendo utilizada na alimentação humana e animal, além de ser o principal produto de exportação brasileira. Apesar da alta produção nacional, a cultura possui perdas de produtividade pelos ataques de insetos-pragas, dentre eles, a mosca-branca *Bemisia tabaci* Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). Seu controle tradicional é realizado com inseticidas, mas atualmente métodos alternativos estão sendo avaliados, considerando a não contaminação do ambiente e a saúde humana. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de indutores de resistência no processo de defesa vegetal contra a mosca-branca em plantas de soja. Foram realizados dois experimentos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos-PR, no ano de 2017. Sementes de soja da cultivar BRS 284 foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade para 10 litros, contendo solo proveniente de lavoura. O cultivo ocorreu em casa de vegetação, sendo que os vasos ficaram dispostos nas bancadas até a fase fenológica V6, onde foram aplicados os indutores conforme os tratamentos. Os tratamentos foram aplicados por microaspersão sendo: ASM (0,005%), AS (2Mm), fertilizante foliar composto por fosfito de potássio (0,004%); quitosana (1%) , silício (0,25%) e testemunha (água destilada). O primeiro experimento buscou avaliar o potencial dos indutores quanto a capacidade de ativar mecanismos de defesa vegetal, considerando a presença e a ausência da mosca branca. Para tanto, aplicou-se os indutores, sendo que para a condição de ausência de insetos, os vasos permaneceram em gaiola individual com tela anti-afídica, para evitar o contato com o inseto praga. Então, realizou-se a coleta do material vegetal em intervalos de 0, 24, 48, 96 e 168 horas após a aplicação dos indutores de resistência. Avaliaram-se proteínas totais, açúcares totais e redutores, compostos fenólicos, taninos e a atividade das enzimas peroxidases, fenilalanina amônia-liase (FAL) e quitinase. O segundo experimento buscou avaliar a preferência de oviposição em função da aplicação dos indutores. Após 24 horas da aplicação dos indutores, 500 adultos coletados não sexados de mosca-branca foram liberados no centro dos vasos sobre a bancada, tendo chance de escolha entre os tratamentos. Após 48 horas da infestação inicial, coletaram-se dois folíolos do terço mediano das plantas, de cada tratamento. Os folíolos foram avaliados em microscópio estereoscópio para a quantificação do número de ovos. A área foliar total dos folíolos também foi calculada, utilizando-se o software Image J. Os indutores de resistência possuem capacidade de ativar o metabolismo primário através da síntese de proteínas totais, bem como demonstram potencial na ativação de mecanismos de defesa entre eles, a rota dos fenilpropanóides com a ativação da enzima FAL e a formação de compostos fenólicos. Ainda demonstram ativar enzimas relacionadas a patogenicidade como as peroxidases e quitinase, tais ativações possuem especificidade quanto ao indutor e o tempo de ativação. O uso dos indutores quando desafiados com insetos demonstraram maior efetividade de ativação da enzima FAL, peroxidase e quitinase, enzimas estas relacionadas ao processo de defesa vegetal a insetos. Os indutores ASM, silício e quitosana possuem potencial de redução da oviposição da mosca-branca, o que pode estar relacionado a ativação de mecanismos de defesa vegetal.

**Palavras-chave:** Defesa vegetal, rotas metabólicas, enzimas, metabolismo secundário.

## ABSTRACT

LOCATELI, Bruna Taíza. **Inducers of resistance in the process of plant defense to whitefly in soybean plants:** 2017. 65 f. Dissertação de Mestrado, do Programa de Pós Graduação em Agroecossistema da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos, 2017.

Soybean is one of the oldest and most practiced crops in the world, and its importance is due to its high protein content, its use in food for humans and animals, as well as being the main Brazilian export product. Despite the high national production, the crop has productivity losses due to attacks of insect pests, among them, the whitefly *Bemisia tabaci* Botype B (Hemiptera: Aleyrodidae). Its traditional control is carried out with insecticides, but currently alternative methods are being evaluated considering the non-contamination of the environment and human health. The present work had as objective to evaluate the potential of resistance elicitors in the process of vegetal defense against the whitefly in soybean plants. Two experiments were carried out at the Federal University of Technology - Paraná, Campus Dois Vizinhos-PR, in 2017. Soybean seeds of cultivar BRS 284 were sown in polyethylene pots with capacity of 10 liters, containing soil gathered from crops at UTFPR. Cultivation occurred in a greenhouse, and the vessels were placed on benches until the V6 phenological phase, when the elicitors were applied by microaspiration according to the treatments: ASM (0.005%), SA (2 Mm), foliar fertilizer composed of potassium phosphite (0.004%); chitosan (1%), silicon (0.25%) and control (distilled water). The first experiment aimed to evaluate the potential of the elicitors to activate plant defense mechanisms, considering the presence and absence of the whitefly. For this, the elicitors were applied, and for the condition of absence of insects, the vases remained in individual cages with anti-aphid screen, to avoid contact with the insect pest. Then, the plant material was collected at intervals of 0, 24, 48, 96 and 168 hours after the application of resistance elicitors. Total proteins, total and reducing sugars, phenolic compounds, tannins and the activity of the enzymes peroxidases, phenylalanine ammonia-lyase (FAL) and chitinase were evaluated. The second experiment sought to evaluate the oviposition preference due to the application of the elicitors. After 24 hours of application, 500 not sexed whitefly adults were released in the center of the vases on the bench, having a choice among treatments. After 48 hours of the initial infestation, two leaflets of the median third of the plants were collected from each treatment. The leaflets were evaluated under stereomicroscope for the quantification of the number of eggs. The total leaf area of the leaflets was also calculated using Image J. The resistance elicitors have the capacity to activate the primary metabolism through the synthesis of total proteins, as well as demonstrate the potential in the activation of defense mechanisms among them, the route of the phenylpropanoids with the activation of the enzyme FAL and the formation of phenolic compounds. They also activated pathogenic enzymes such as peroxidases and chitinase, such activations have specificity for the elicitor and the activation time. The use of elicitors when challenged with insects demonstrated greater effectiveness of activation of the enzyme FAL, peroxidase and chitinase, these enzymes related to the process of plant defense against insects. ASM, silicon and chitosan elicitors have the potential to reduce oviposition of the whitefly, which may be related to the activation of plant defense mechanisms.

Key words: Plant defense, metabolic pathways, enzymes, secondary metabolism

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hábito alimentar do pulgão e secreção do honeydew. Fonte: ZÜST E AGRAWAL (2016) .....	19
Figura 2: Experimento na casa de vegetação com soja em gaiola sem mosca-branca e sobre a bancada com mosca-branca. Fonte: Autoria própria, 2017.....	29
Figura 3: Coleta do material vegetal Fonte: Autoria própria, 2017.....	30
Figura 4: Preparo do material para o macerado. Fonte: Autoria própria, 2017.....	30
Figura 5: Material no espectrofotômetro para quantificar absorbância. Fonte: Autoria própria, 2017.....	31
Figura 6: Procedimento para análise de peroxidase. Fonte: Autoria própria, 2017 .....	33
Figura 7: Procedimento de extração de taninos. Fonte: Autoria própria, 2017.....	33
Figura 8: Material no evaporador rotativo. Fonte: Autoria própria, 2017.....	33
Figura 9: Experimento de preferência de oviposição da mosca-branca na casa de vegetação na UTFPR-DV.com as combinações dos indutores. TES: Testemunha, FOS: Fosfito, QUI: Quitosana, SI:Silício.Fonte: Autoria própria, 2017.....	34
Figura 10: Taninos (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. ....	48
Figura 11: Números de ovos por cm <sup>2</sup> de mosca-branca na cultura da soja com diferentes tratamentos: - Acibenzolar - S – Metil (ASM), Ácido Salicílico (AS), Fosfito, Silício, Quitosana e Testemunha. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05). UTFPR. Dois Vizinhos – PR, 2017.....	49

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1-** Proteínas totais (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .36
- Tabela 2-** Açúcares redutores (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .38
- Tabela 3-** Açúcares totais (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .39
- Tabela 4-** FAL (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .41
- Tabela 5-** Fenóis (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .42
- Tabela 6-** Peroxidase (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .44
- Tabela 7-** Quitinase (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017. . . . .46

## LISTA DE SIGLAS

AS	Ácido salicílico
ASM	Acibenzolar-S-metil
CAPA	Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor
DNS	Dinitrosalicilato
DTT	Ditiotreitól
DV	Dois Vizinhos
EDTA	Ácido etileno diamina tetra acético
EROs	Espécies reativas de oxigênio
EUA	Estados Unidos da América
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAL	Fenilalanina amônia-liase
IRAC-BR	Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticida
JA	Via do ácido Jasmônico
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCA	Metanol Clorofórmio e Água
MIP	Manejo integrado de pragas
Ns	Não significativo
pH	Potencial Hidrogeniônico
PR	Paraná
PROMIP	Pró-ativo de Manejo da Resistência de Mosca branca
PRPs	Proteínas relacionadas à patogênese
PVC	Policloreto de polivinila
PVP	Polivinilpirrolidona
RLA	Resistência local adquirida
RSI	Resistência sistêmica induzida
SA	Via do ácido salicílico
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V6	Estágio de desenvolvimento da soja (quinta folha trifoliada completamente desenvolvida)

## LISTA DOS SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$\mu\text{L}$	Microlitros
BABA	Ácido B-aminobutírico
BTH	Benzotiadiazole
cm	Centímetros
CP4-EPSPS	Enzima
G	Gramas
g/L	Gramas por litro
$\text{H}_2\text{O}_2$	Peróxido de hidrogênio
$\text{H}_4\text{SiO}_4$	Ácido monossilícico
ha	Hectares
JA	Ácido Jasmônico
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	Fosfato de potássio
M	Mol
min	Minutos
mL	Mililitros
mm	Milímetros
mM	Milimol
N	Normal
nm	Nanômetro
$^{\circ}\text{C}$	Graus Celsius
rpm	Rotações por minuto
VLA	Extrato aquoso de vassoura-de-lobeira

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS	15
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	15
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
3.1 SOJA - <i>Glycine max</i>	16
3.2 INSETO-PRAGA	17
3.3 MOSCA-BRANCA	18
3.4 CONTROLE DE INSETOS-PRAGA NA CULTURA DA SOJA	20
3.5 DEFESA VEGETAL E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA	22
3.6 INDUTORES DE RESISTÊNCIA	23
3.6.1. Acibenzolar S-Metil	24
3.6.2. Ácido salicílico (AS)	25
3.6.3. Fosfito	25
3.6.4. Quitosana	26
3.6.5. Silício	26
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>27</b>
4.1 ORGANISMOS E TRATAMENTOS UTILIZADOS	28
4.1.1 Experimento I: indução de resistência e a resposta vegetal em função da presença e ausência da mosca-branca	28
4.1.1.1 Análises enzimáticas	29
4.1.2 Experimento II: preferência de oviposição em função da aplicação dos indutores	33
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
5.1 Experimento I: Indução de resistência e a resposta vegetal em função da presença e ausência da mosca-branca	35
5.2 Experimento II: Preferência de oviposição em função da aplicação dos indutores	49
<b>6. CONCLUSÃO</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é uma das culturas mais importantes do mundo sendo explorada no Oriente há mais de cinco mil anos. Tem-se o primeiro registro de cultivo no Brasil em 1882 no estado da Bahia (EMBRAPA SOJA, 2004). A partir de então, a soja passou por processo de modernização introduzindo-se novas tecnologias, tornando-a cultura essencial para o aumento da renda das famílias, emprego e das divisas da exportação (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010), além de servir para o consumo animal e humano, tendo grande valor para diversos usos como no agronegócio brasileiro e na possibilidade da produção de biodiesel (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009).

No contexto mundial, o Brasil desempenha um papel importante na agricultura (GUSSO; ARVOR; DUCATI, 2017; GODOY et al., 2016). Na safra 2016/2017 o Brasil foi o segundo maior produtor de soja, responsável por 32% da produção global, e o estado do Paraná foi o segundo produtor brasileiro com produção de 19,534 milhões de toneladas (EMBRAPA SOJA, 2017).

Entretanto, há fatores que limitam o rendimento da soja, como ocorrência de danos ocasionados por fungos, bactérias, nematoides e insetos-praga, sendo que as pragas provocam perdas diretas por danos nas culturas e indiretas relacionadas à compra e aplicação de inseticidas (OLIVEIRA et al., 2014; WANG et al., 2015).

Dentre os insetos-praga, está a mosca-branca *Bemisia tabaci* Gennadius, 1889 (Hemiptera: Aleyrodidae), que já foi considerada praga ocasional em soja no Brasil, porém um novo biótipo foi relatado em 2002 da *B. tabaci* ou também conhecida por *Bemisia argentifolii* (Bellows; Perring, 1994) *B. tabaci* raça B, o qual vem se tornando relevante a cada safra (LIMA; LARA, 2004; RABELLO et al., 2008; QUINTELA; HIROSE, 2013).

*Bemisia tabaci* “biótipo B” pode sobreviver, muitas vezes, em elevada população nas áreas de cultivo não havendo interrupção no seu ciclo de vida (BÔAS; BRANCO, 2009). Ela é considerada mais agressiva do que a *B. tabaci* por atacar a planta de forma direta e indireta e possui extensa lista de hospedeiros como hortaliças (tomate, pimentão, repolho, melão, abóbora), feijão, algodão, e plantas daninhas, incluindo outras culturas, além do alto potencial de transmissão de vírus (CORREA et al., 2005; QUEIROZ et al., 2016).

Atualmente, a mosca-branca é controlada pelo método químico com inseticidas sintéticos (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009), manejo integrado de pragas (MIP)

(EMBRAPA SOJA, 2011), ou genótipos resistentes ao hemíptero (VALLE; LOURENÇÃO; PINHEIRO, 2012). Porém, por um sistema agrícola mais sustentável, considera-se essencial o sistema de manejo integrado e o uso do controle biológico (TIMBÓ et al., 2014) e dos indutores de resistência que se apresentam como uma alternativa muito promissora no processo de defesa do vegetal.

O uso de indutores de resistência como estratégia de controle alternativo de doenças e pragas nas plantas está sendo investigado de forma mais efetiva nos últimos anos (PRATISSOLI et al., 2007; BERGER; STAMFORD; STAMFORD, 2011; DALASTRA et al., 2011), pois não afeta o meio ambiente, sendo que tais produtos, na sua maioria, são utilizados em baixas dosagens, são biodegradáveis, atuam ativando defesas das plantas e também por proporcionar menor pressão de seleção na população dos insetos. Entre os indutores mais estudados estão o acibenzolar-S-metil (ASM), ácido salicílico (AS), fosfitos, quitosana e silício (CRUZ et al., 2011; TERRA, 2009).

O ASM é indicado para várias culturas, atuando no aumento da atividade da enzima fenilalanina amônia-liase (FAL), dos compostos fenólicos e das fitoalexinas (RODRIGUES; NETO; COELHO, 2006; STADNIK; BUCHENAUER, 2000). O ácido salicílico (AS) é um composto fenólico, que atua como inibidor da enzima catalase e na síntese de fitoalexinas (RASKIN, 1992). A quitosana é um polissacarídeo extraído em animais do filo Arthropoda e junto com os fosfitos destacam-se na síntese de fitoalexinas e ativação de proteínas relacionadas a patogenicidade (MAZARO et al., 2008; NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005). O silício atua na produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005).

Existem poucos trabalhos de indução de resistência na cultura da soja à insetos pragas, considerando o potencial de indução, as rotas metabólicas ativadas e a preferência ou repelência de moscas brancas em função da aplicação dos indutores, o que justifica o desenvolvimento desse trabalho.

## **2- OBJETIVOS:**

### **2.1. Geral**

O objetivo desse trabalho é avaliar a indução de resistência por agentes abióticos em soja à mosca-branca

### **2.2. Específico**

Avaliar os indutores acibenzolar-S-metil, ácido salicílico, silício, fosfitos e quitosana quanto à resposta de defesa vegetal e a preferência de oviposição da mosca-branca com plantas de soja tratadas com indutores.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 SOJA- *Glycine max*

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill é uma planta herbácea da família *Fabacea* (MULLER, 1981), originária do continente asiático região correspondente à China Antiga. Seu primeiro registro no Brasil ocorreu no início de 1882 na Bahia, 1892 em São Paulo e 1914 no Rio Grande do Sul (BONATO; BONATO, 1987).

Em meados de 1930, o estado do Rio Grande do Sul passou a cultivar soja em larga escala no município de Santa Rosa e Missões. Esse rendimento notável estaria ligado com a criação de porcos, no qual os criadores identificaram a soja como fonte de proteínas (CARUSO, 199-).

Na década de 50 a 70 a cultura passou por expansão na região Sul do Brasil, devido a semelhança com as condições do Sul dos Estados Unidos e o estabelecimento do Projeto Plano Estadual de Melhoramento da Fertilidade dos Solos conhecido por “Operação Tatu” (MISSÃO, 2006). O intenso trabalho de experimentação sobre os mais variados aspectos da cultura da soja tornou-a como uma opção de plantio de verão, em sucessão ao trigo. Nesse período, também iniciou-se o cultivo de soja no Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Bahia, Maranhão (EMBRAPA SOJA, 2011).

Atualmente, a soja é um dos grãos mais importantes do Brasil. Na safra 2014/2015 o Brasil produziu cerca de 95,070 milhões de toneladas e na safra seguinte 2016/2017 aumentou para 113,923 milhões de toneladas sendo que a produção mundial foi de 351,311 milhões. O estado do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul são as regiões que mais produzem soja no Brasil, concentrando 60% da produção nacional (EMBRAPA SOJA, 2017).

O cultivo da soja ocorre em todo o território nacional, sendo possível por meio de cultivares adaptadas a diferentes incidências de luz, temperaturas e precipitações além da adequada construção da fertilidade do solo, adubação equilibrada e práticas de manejo (MISSÃO, 2006). A soja é um grão rico em proteína e pode ser utilizado, além da alimentação, como adubo verde, forragem, silagem, feno e pastagem, também, o óleo do grão pode produzir biodiesel, desinfetantes, lubrificantes e sabões (ROESSING; SANCHES; MICHELLON, 2005; MISSÃO, 2006). De tal modo, é um grande setor na geração de empregos para as diversas regiões do Brasil sendo relevante no agronegócio brasileiro (SILVA; LIMA; BATISTA, 2010).

A pesar disso, a cultura da soja possui problemas fitossanitários com ataque de doenças, sendo uma das principais a ferrugem asiática (GODOY et al., 2016). Também insetos-pragas podem comprometer a cultura, as mais comuns são das ordens Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera dentre elas está a *Bemisia tabaci* biótipo B conhecida como mosca-branca (GALLO, 2002; LIMA, LARA, 2004).

### 3.2 INSETO-PRAGA

Dentre um milhão de espécies de insetos já descrita, aproximadamente 10% são considerada pragas e causam algum dano às plantas. Os danos podem ser diretos, quando atacam o produto comercializado, ou indiretos, quando atacam estruturas do vegetal. Além disso, também podem atuar indiretamente na transmissão de patógenos como vírus, bactéria e fungos (GALLO, 2002).

Os insetos-pragas são os principais problemas enfrentados pelos produtores da soja, pois a planta pode ser atacada desde o momento da semeadura até a colheita. As pragas podem atacar a plântula, haste e pecíolo não ficando mais restrito a folhas e vagens, sendo fatores principais para surgimento de novas pragas (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

As pragas que atacam as plântulas, hastes e pecíolos da cultura da soja são da ordem Coleoptera, destacando as espécies *Sternechus subsignatus* (Boheman, 1836); *Chalcodermus* sp.; *Myochrous armatus* e *Blapstinus* sp.; da ordem Lepidoptera, as espécies *Crosidosema (Epinotia) aporema*, (Walsingham, 1914); *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848); *Agrotis* spp.; *Spodoptera frugiperda* e da ordem Hemiptera sendo da espécie *Ceresa brunnicornis* (Germar, 1835) e *C. fasciatithorax* (Remes-Lenicov, 1973). Além disso, essas estruturas podem ser atacadas por artrópodes como: piolhos-de-cobra, lesmas, caracóis (HOFFMANN-CAMPO, CORRÊA-FERREIRA, MOSCARDI, 2012).

Os insetos que atacam a folha pertencem a ordem Coleoptera, sendo espécies *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824); *Cerotoma arcuata* (Olivier, 1791); *Colaspis* sp e *Aracanthus mourei* (Rosado Neto, 1981); da ordem Lepidoptera, *Anticarsia gemmatalis* (Hubner, 1818); *Chrysodeixis (= Pseudoplusia) includens* (Walker, 1858); *Rachiplusia nu* (Guenée, 1852); *Omiodes indicata* (Fabricius, 1775); *Spodoptera*; *Heliothis*

*virescens* (Fabricius, 1781); diversos ácaros e da ordem Hemiptera: a espécie *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) conhecida como mosca-branca (HOFFMANN-CAMPO, CORRÊA-FERREIRA, MOSCARDI, 2012) e *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) que atacam tanto estruturas vegetativas quanto reprodutivas de seus hospedeiros (KUSS et al., 2016).

A Ordem Hemiptera (Linnaeus, 1758) (hemi: metade; ptera: asas) (GALLO, 2002) é um grupo diversificado de insetos, o qual contém: percevejos verdadeiros, cigarras, cercopídeos, psílídeos, moscas-brancas, pulgões e cochonilhas. Muitas espécies parasitam os vegetais e exibem estrutura simplificada, sem asas, olhos ou antenas (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2013).

Recentemente apareceu um novo biótipo da *B. tabaci*, conhecida como *Bemisia tabaci* biótipo B ou *B. argentifolii*, que causa maiores problemas. A mosca-branca apresenta esse nome por ser semelhante ao díptero e por que se assemelha a pequenas mariposas (GALLO, 2002).

### 3.3 MOSCA-BRANCA

*B. tabaci* Biótipo B é um pequeno inseto com comprimento de 1 a 2 mm de comprimento. Pertence à Ordem Hemiptera (Linnaeus, 1758), Subordem Sternorrhyncha e Família Aleyrodidae (GALLO, 2002). Os adultos possuem aparelho bucal picador-sugador, o dorso amarelo-pálido e possuem dois pares de asas membranosas de cor branca (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

O ciclo biológico é dividido em ovo, quatro ínstaras ninfais e adulto, sendo a postura dos ovos na face abaxial da folha. O primeiro ínstar apresenta movimento até se fixar; em seguida, as ninfas ficam imóveis do segundo ao quarto ínstar. As ninfas são translúcidas e de coloração amarelada, no final do quarto estágio ninfal é percebido o aparecimento de ocelos vermelhos indicando sua última fase. O ciclo completo é em torno de 15 a 25 dias dependendo das condições do inseto (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012; BÔAS; BRANCO, 2009; GALLO, 2002).

Os primeiros surtos dessa praga foram registrados em janeiro de 1996 no norte do Paraná e na cidade de Pedrinhas-SP, onde provocou perdas entre 30 a 80% da cultura ocasionados pelos danos diretos e indiretos do inseto (HOFFMANN-CAMPO;

CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012). Na safra 2012/2013, foram relatadas perdas de 69 % na cultura da soja e feijão no Distrito Federal, Goiás e Minas Gerais (QUINTELA; HIROSE, 2013).

A mosca-branca pode atacar outras espécies vegetais, como plantas daninhas e hortaliças. Assim, essa praga pode sobreviver muitas vezes em elevada população nas áreas de cultivo não havendo interrupção no ciclo de vida e, no próximo cultivo, a quantidade da praga poderá ser maior que no cultivo anterior (GALLO, 2002; BÔAS; BRANCO, 2009).

Referente a descrição de alimentação da mosca-branca, encontrou-se trabalhos com a descrição do hábito alimentar do pulgão, sendo que o mesmo possui aparelho bucal picador sugador e pertence a ordem da mosca-branca. Da mesma forma da mosca-branca, o pulgão antes de se alimentar, acaba sondando com a saliva e pode usar informações visuais e voláteis da planta hospedeira, com isso podem avaliar moléculas de superfície, lipídios e metabólitos secundários (POWELL; TOSH; HARDIE, 2006). Caso a planta hospedeira esteja em boas condições nutricionais para o inseto, há a penetração com a probóscide e o estilete até o floema, conforme a figura 1 sendo que a alimentação do inseto picador sugador induz no vegetal a via do ácido salicílico (SA), que é basicamente a mesma via de respostas das plantas aos agentes patogênicos (SMITH; CLEMENT, 2012).

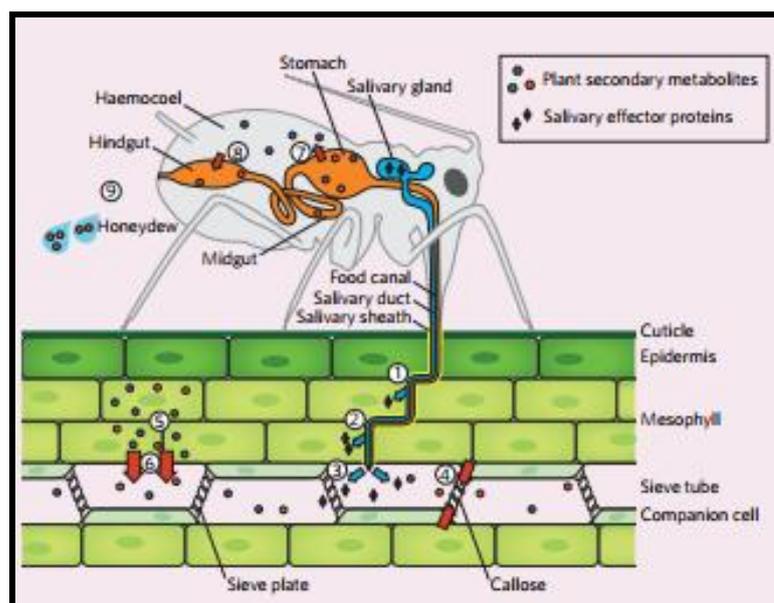


Figura 1- Hábito alimentar do pulgão e secreção do honeydew. Fonte: ZÜST; AGRAWAL (2016)

Essa *B. tabaci* Biótipo B causa danos diretos relacionados a transmissão de diversos vírus à planta como begomovírus (família Geminiviridae), crinivírus, ipomovírus, torradovírus e alguns carlavírus (ALMEIDA et al., 2002; NAVAS-CASTILLO; FIALLO-OLIVÉ; SÁNCHEZ-CAMPOS, 2011) e a sucção constantemente causa depauperação das folhas e desfolha precoce (TAMAI; MARTINS; LOPES, 2006).

Também causam danos indiretos como a secreção do excesso de seiva ingerida “honeydew” conforme figura 1 (TRIPLEHORN; JOHNSON, 2013) no qual favorece a instalação do fungo *Capnodium* sp., conhecido como fumagina, que causa a queima das folhas e impede a captação dos raios solares, diminuindo a fotossíntese (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

O uso de inseticidas é uma ferramenta comumente utilizada para o manejo desta praga. Porém com o uso contínuo, observou-se a resistência da mosca-branca a diversos grupos químicos incluindo os piretróides, organofosforados, carbamatos, neonicotinóides e inseticidas reguladores de crescimento como buprofezina e piriproxifem. O Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR) com a empresa PROMIP (Pró-ativo de Manejo da Resistência de Mosca-branca) recomendam uso de rotação de produtos com diferentes modos de ação, dosagem adequada, eliminação de restos culturais e plantas hospedeiras da praga (POLETTI; ALVES, 2013).

### 3.4 CONTROLE DE INSETOS-PRAGA NA CULTURA DA SOJA

A agricultura existe há mais dez mil anos e a utilização dos inseticidas para o controle das pragas e doenças existem há aproximadamente meio século. Sua origem é mencionada após guerras mundiais, pois, ocorreu a produção de diversos compostos químicos com propriedades antibióticas ou inseticidas e a indústria química fabricante de venenos viram na agricultura um mercado próspero de produtos (LONDRES, 2011).

Com o aumento populacional e a demanda por alimentos em 1980, a pesquisa agropecuária voltou-se para o desenvolvimento de sementes selecionadas para

responder a aplicações de adubos químicos e agrotóxicos em monoculturas mecanizadas, esse processo de erradicar a fome ficou conhecido como Revolução Verde que incluía pacotes tecnológicos e financiamento para incentivar a produção (ALCANTARA, 2011; LONDRES, 2011).

Embora a aplicação de inseticidas na cultura da soja seja efetiva para controlar os insetos desfolhadores e sugadores de sementes, para os autores Andrades e Ganimi (2007), Correa et al. (2005); Trouvelot et al. (2014) e Wang et al. (2015), o uso exagerado dos produtos químicos causa impactos ambientais e resistência de diversas pragas. Levando em consideração que há insetos em outros nichos ecológicos da planta que não sofreram com a aplicação do inseticida, eles podem passar de pragas secundárias para principais (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

Para controlar as pragas, muitas vezes há necessidade de utilizar mais de um método para conseguir o controle e reduzir o máximo da praga, por isso é necessidade de combinar métodos físicos, mecânicos, culturais, químico e biológico, realizando o MIP (ZAMBOLIM, 2007).

O MIP-Soja é composto por tecnologias que visam a integração do ecossistema o mais semelhante com o equilíbrio ecológico, sendo composto por programa integrado com diversos fatores como: reconhecimento da praga e seus inimigos naturais, monitoramento dos inseto, entre outros (HOFFMANN-CAMPO; CORRÊA-FERREIRA; MOSCARDI, 2012).

Os estudos são escassos para mosca-branca sobre o seu controle, e para Hoffmann-Campo; Corrêa-Ferreira e Moscardi (2012) são necessários estudos para o refinamento do sistema de amostragem, nível de dano econômico e cultivares resistentes. Além disso, é difícil controlar a *B. tabaci* Biótipo B devido à alta plasticidade genotípica da espécie.

Neste contexto, muitos países estão preferindo alimentos produzidos em sistemas agroecológicos. Sendo, uma maneira de diminuir as aplicações de produtos químicos para se adequar as normas. Para Faria (2009), algumas empresas estão buscando adotar métodos para conservar o meio ambiente e com isso aumentar a produtividade.

Tendo em vista sobre os problemas a saúde humana e ecossistemas, é necessário que se preconize cada vez mais o uso de produtos alternativos. Estudos demonstraram extratos vegetais como óleo de nem, extrato de timbó e extrato

pirolenhoso e fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*) eficientes na cultura do meloeiro contra *B. tabaci* Biótipo B (AZEVEDO et al., 2005), e outro controle alternativo que visa minimizar os impactos negativos é a indução de resistência.

A indução de resistência é capaz de ativar mecanismos de defesa nas plantas, tais como a síntese de proteínas relacionadas à patogênese (PRPs) como quitinases e  $\beta$ -1,3 glucanases, de enzimas como fenilalanina amônia-liase (FAL) e também o acúmulo de lignina (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005) cuja função principal é ativar os mecanismos de defesa latentes nas plantas (TERRA, 2009).

### 3.5 DEFESA VEGETAL E INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA

As plantas possuem o metabolismo primário que é essencial para a sobrevivência, sendo importante na fotossíntese, respiração, crescimento e desenvolvimento, mas também geram respostas de defesa direta ou indireta envolvendo estas moléculas para sinalização (ROJAS et al., 2014). A partir do metabolismo primário, os vegetais produzem compostos orgânicos que são os metabólitos secundários, ou seja, produtos secundários ou naturais que possui especificidade nas plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O metabolismo secundário apresentam funções ecológicas de atração para insetos polinizadores, repelência, reprodução e proteção. Essas defesas foram adquiridas através de mutações herdadas, seleção natural e mudanças evolutivas (TAIZ; ZEIGER, 2004) e podem ser ativadas por indutores no qual, realizam a sinalização por receptores celulares e, posteriormente, á transdução para o sítio de ação no interior da célula, que desencadeia a tradução do sinal para os mecanismos de defesas (CAVALCANTI; BRUNELLI; STANGARLIN, 2005). Podem ativar diferentes vias que ocorrem isoladas ou concomitantemente como a via do ácido jasmônico (JA), ácido salicílico (SA) e etileno (WANG et al., 2015) vias dos compostos fenólicos, terpenos e compostos nitrogenados.

Os compostos fenólicos são biossintetizados pela rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico com a formação de outros compostos fenólicos variados e simples como os fenilpropanóides, lactonas de fenilpropanóides, derivados de ácido

benzóico, lignina, flavonóides e taninos condensados. Os terpenos são biossintetizados a partir da acetil CoA e do ácido mevalônico, sendo considerados tóxicos para certos animais. Já os compostos nitrogenados são biossintetizados a partir de aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2004; VENDRAMIM; FRANÇA, 2005).

As plantas também desenvolvem mecanismo de defesa bioquímica, podendo ser pré-formados como fenóis, alcaloides, ou pós-formado como fitoalexinas e PR-proteínas (TAIZ; ZEIGER, 2004; PASCHOLATI; LEITE, 1994). Entre as PR-proteínas encontra-se a fenilalanina amônia-liase (FAL), peroxidase, quitinase e  $\beta$  1,3 glucanase.

Esse mecanismo de interação entre planta e inseto pode desencadear adaptações, para Wang et al. (2015) as plantas podem gerar anti-herbívoro sendo que os insetos podem se adaptar aos metabólitos secundários da planta, regulando a expressão de genes que codificam. Desse modo, ao mesmo tempo em que a planta desenvolve meios para se proteger, está influenciando na adaptação do inseto, corroborando com a seleção natural.

Para Voelckel; Weisser e Baldwin (2004), as plantas possuem diferentes mecanismos de defesa e os autores observaram que os insetos mastigadores não induzem o mesmo conjunto de respostas de defesa como o inseto picador sugador, tendo como base o monitoramento de genes e proteínas. O inseto mastigador causa danos extensivos nos tecidos, já o inseto picador sugador remove a seiva do floema e causa relativamente pouco dano visível (ZHOU et al., 2015).

A fim de superar desequilíbrios, a indução de resistência apresenta-se como uma alternativa promissora para ser utilizada como mecanismo de defesa do vegetal, no qual ativam genes que codificam respostas de defesas (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005), além de possuir vantagens na efetividade contra vírus, bactéria, fungos, nematoides e insetos (PASCHOLATI, 2002).

### 3.6 INDUTORES DE RESISTÊNCIA:

Os indutores de resistência podem ser de origem biótica e abiótica. Os agentes bióticos são organismos vivos ou partes deles que podem ativar a defesa da planta; em destaque, encontram-se os fungos oomicetos, agrobactérias, leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*, bactérias e vírus atenuados.

Os agentes abióticos são produtos de origem abiótica, podendo ser relacionados o ácido salicílico (AS), acibenzolar-S-metil (ASM), ácido jasmônico, ácido B-aminobutírico (BABA). No mercado estão disponíveis comercialmente com marcas registradas: Bion<sup>®</sup>, Etefon<sup>®</sup>, Elexa<sup>®</sup>, Probenazole<sup>®</sup>, Neemazal<sup>®</sup>, Milsana<sup>®</sup>, Oxycom<sup>®</sup>, Messenger<sup>®</sup>, entre outros. Também há os indutores físicos que são a temperatura e a radiação ultravioleta e gama (SOBRINHO; FERREIRA; CAVALCANTI, 2005).

Os elicitores quando aplicados nas plantas são identificados por receptores e então desencadeiam os processos de defesa vegetal (TROUVELOT; HÉLOIR; POINSSOT, 2014). Os elicitores podem induzir na planta resistência local adquirida (RLA), a resistência sistêmica induzida (RSI) ou a resistência sistêmica adquirida (RSA) (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005).

Porém, tanto na RSA como na RSI, são fenômenos distintos, mas fenotipicamente semelhantes, visto que para ambas um sinal é gerado no sítio de contato com o eliciador e órgão vegetal, e esse sinal é transcolado para outros órgãos, desencadeando genes que ativam a indução de resistência (STICHER; MAUCH MANI; METRAUX, 1997). Assim, tem-se que a RSA envolve o acúmulo de proteínas relacionada a patogênese induzido por elicitores bióticos, abióticos ou patógenos, já RSI não há acúmulo de PRPs, e seu agente indutor normalmente é um microrganismo não-patogênico, sua rota de ativação está associada ao ácido jasmônico e etileno. (BONALDO; PASCHOLATI; ROMEIRO, 2005; ZARATE; KEMPEMA; WALLING, 2007).

A maioria dos estudos com os indutores de resistência estão relacionados no controle de doenças causado por fungos e bactérias. Trabalhos com quitosana e ASM retardaram a maturação dos frutos de morangueiro e a quitosana induziu a resistência de plântulas de beterraba e a incidência do tombamento (MAZARO 2007; et al., 2008). ASM permitiu a redução da severidade da murcha por *Fusarium* sp. em caupi (RODRIGUES; NETO; COELHO, 2006). O ASM e o fosfito de potássio inibiram em 56,23 e 62,26% mancha de phoma no cafeeiro (NOJOSA et al., 2009). Entretanto, existe uma carência de estudos com inseto-pragas considerando o uso de indutores.

### 3.6.1. Ácido salicílico (AS)

O AS é um composto fenólico encontrado nas plantas de forma endógena, com distribuição nas folhas e estruturas reprodutivas, sendo relacionado com o metabolismo secundário das plantas, pois se origina através da fenilalanina (CAVALCANTI; BRUNELLI; STANGARLIN, 2005). Sendo considerado um regulador de crescimento vegetal e está envolvido na resistência a patógenos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Ele atua como inibidor da catalase, (ZAREIE; MELASON; MURPHI, 2002) e na agricultura estudos demonstraram potencial de utilização no rendimento das culturas (SOBRINHO; FERREIRA; CAVALCANTI, 2005).

Na planta, o AS é transportado via floema para as partes não infectadas, atuando como sinalizador, além de estarem envolvidas nos salicilatos voláteis as plantas vizinhas, proporcionando uma resposta conjunta de defesa (TAIZ; ZEIGER, 2004; SOBRINHO; FERREIRA; CAVALCANTI, 2005).

### 3.6.2. Acibenzolar S-Metílico (ASM)

O ASM ou éster S-metil do ácido benzo-(1,2,3)-tiadiazole-7 carbotióico é um composto derivado do benzotiadiazole (BTH), sendo registrado e comercializado no Ministério da Agricultura do Brasil, sob a marca Bion<sup>®</sup> (Syngenta). Sendo empregada para aplicação foliar em culturas do algodão, batata, cacau, citros, feijão, melão e tomate, além de apresentar baixa toxicidade para organismos não-alvo (SOBRINHO; FERREIRA; CAVALCANTI, 2005).

Apresenta princípios de ativação de rotas metabólicas relacionadas à defesa vegetal com enzimas relacionadas à patogenicidade, sendo que estudos mostraram o aumento da síntese de fitoalexina (RODRIGUES; NETO; COELHO, 2006), acúmulo de compostos fenólicos (STADNIK; BUCHENAUER, 2000), aumento da FAL e chalcona isomerase e enzimas antioxidantes (KNORZERA et al., 1999).

### 3.6.3. Fosfitos

Os fosfitos são registrados no Ministério da agricultura como fertilizantes e não como defensivos agrícolas. São a base de fósforo, porém, é uma forma de fosfato

reduzido que reage com uma base, e dependendo do sal que compõem essa base, dá-se a formação e a denominação desse fosfito, podendo ser fosfito de potássio, manganês, cobre, entre outros. Pesquisas demonstraram ação direta e indireta e empresas que produzem destacaram a capacidade de estimular a produção de fitoalexinas (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005). Além de estimular a rota do ácido chiquímico e auxiliar no equilíbrio nutricional da planta (SMILLIE; GRANT; GUEST, 1989).

O fosfito de potássio pode ser aplicado via foliar, solo ou imersão, sendo indicada para prevenção de fungos, melhoria nutricional da planta, amadurecimento e qualidade de frutos (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005).

#### 3.6.4. Quitosana

A quitosana é um polímero de D-glucosamina, derivada da desacetilização da quitina no qual é extraído de animais do Filo Arthropoda, como crustáceos e insetos (SOBRINHO; FERREIRA; CAVALCANTI, 2005). Como a quitina faz parte da parede célula dos fungos, quando é aplicada na planta, mimetiza ataque de fungos e a planta desencadeia mecanismos de defesa, sendo importante para que quando realmente for atacada, a planta ligeiramente já conhece e se protege (RAVEM; EVERT; EICHHORN, 2007).

A quitosana possui ampla aplicabilidade, seja na indústria de alimentos, cosméticos, entre outras. Na agricultura a quitosana vem demonstrando potencial de ativar os mecanismos de defesa vegetal, como as enzimas relacionadas a patogenicidade (MAZARO et al., 2008), e a indução da barreira estrutural, pela lignificação da parede celular (RODRIGUES; NETO; COELHO, 2006).

#### 3.6.5. Silício

O Silício é o segundo elemento químico mais abundante na crosta terrestre, podendo ser encontrado no solo no qual as plantas absorvem na forma de ácido silícico ou aplicado via foliar. Estudos demonstraram a atuação do silício na resistência bioquímica nas plantas e na produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases e acúmulo de lignina (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005).

Além disso, o silício pode estimular o crescimento e a produção vegetal, propiciando proteção contra fatores abióticos e bióticos (CORREA et al., 2005). Quando o silício é aplicado, ele penetra na forma de ácido monossilícico ( $H_4SiO_4$ ) na planta sendo translocado via xilema (YOSHIDA, 1975). Também é atribuído o depósito na forma de sílica amorfa na parede celular como proteção contra perda de água, penetração de hifas ou ataque de insetos (KORNDÖRFER; PEREIRA; CAMARGO, 2004).

Há diversas fontes de silício e modos de aplicação utilizada na agricultura, o silicato de sódio e potássio geralmente é aplicado nas folhas e o silicato de cálcio via solo (NOJOSA; RESENDE; RESENDE, 2005).

Destacando trabalhos com ASM e silício em trigo contra o pulgão-verde (COSTA; ANTUNES; MORAES, 2006), também contra pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Rond.) (Hemiptera: Afididae) (GOUSSAIN; MORAES; PRADO, 2005), trabalhos na cultura da soja contra *B. tabaci* Biotipo B (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009; FERREIRA; MORAES; ANTUNES, 2011), pulgões *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae).

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Dois Vizinhos, Paraná, no ano de 2017, na casa de vegetação, e nos laboratórios de Controle Biológico e de Indução de Resistência. O câmpus está localizado na região fisiográfica dita Terceiro Planalto Paranaense, com coordenadas de latitude de 25°44 Sul e longitude de 53°04” Oeste, com altitude de 565 metros.

Foram realizados dois experimentos com a cultura da soja, sendo o primeiro para verificar a ativação das rotas metabólicas com aplicação dos indutores na presença e ausência do inseto-praga e o segundo, relacionado à preferência de oviposição da mosca-branca com os indutores.

## 4.1 Organismos e tratamentos utilizados

Sementes de soja da cultivar BRS 284 foram semeadas em vasos de polietileno com capacidade para 10 litros, contendo solo proveniente de lavoura de soja, e os vasos mantidos em bancadas em casa de vegetação. A irrigação foi realizada por gotejamento por meio do sistema espaguete. Todos os vasos ficaram dispostos na bancada até a fase fenológica V6 da soja e então foram aplicados os indutores conforme cada tratamento.

Os tratamentos foram à aplicação de diferentes indutores por meio da microaspersão sendo burrificado 5 mL por planta: ASM (0,005%), AS (2Mm), fertilizante foliar composto por fosfito de potássio (0,004%); quitosana (1%) , silício (0,25%) e testemunha (água destilada).

As moscas-brancas foram coletadas no campus da UTFPR-DV, nas proximidades da casa de vegetação e no setor de olericultura em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) e couve (*Brassica oleracea*).

### 4.1.1 Experimento I: Indução de Resistência e a resposta vegetal em função da presença e ausência da mosca-branca

Os vasos foram dispostos sobre a bancada (Figura 2) e na fase fenológica V6, aplicou-se cada indutor em dois vasos onde um vaso ficou disposto sobre a bancada e outro em gaiola individual com tela anti-afídica, para evitar o contato com o inseto praga.

Posteriormente, realizou-se a coleta dos materiais vegetais sendo duas plântulas por vasos nos intervalos de 0, 24, 48, 96 e 168 horas após a aplicação dos indutores de resistência. O material coletado foi envolvido individualmente com a identificação em papel alumínio como mostra a figura 3 e armazenado sob refrigeração até o momento das análises bioquímicas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema bifatorial (6x2) sendo o fator 1 os tratamentos e o fator 2 a presença e ausência da mosca-branca com 5 repetições.



**Figura 2-** Experimento na casa de vegetação com soja em gaiola sem mosca-branca e sobre a bancada com mosca-branca. Fonte: Autoria própria, 2017.

#### 4.1.1.1 Análises enzimáticas

Após todas as coletas, 0,5 g de material vegetal foram utilizados para cada uma das seguintes análises: proteínas totais, quitinase, fenilalanina amônia-liase, açúcares totais e redutores, compostos fenólicos, peroxidase e taninos.

Nas análises bioquímicas para a quantificação de proteínas totais 0,5 g do material vegetal foi macerado em almofariz (Figura 4) com 5 mL de tampão Borato de sódio 0,1M (pH 8,8) contendo EDTA 1mM, DTT 1mM e ácido ascórbico 50 mM; deixou agir por 5 min e centrifugou a 20.000 giros, a 4°C por 30 min. Para quantificação do conteúdo total de proteínas das amostras empregou-se o teste de Bradford (1976). A leitura de proteínas totais realizou-se em espectrofotômetro a 595 nm, utilizando soro albumina bovina como padrão.

Os sobrenadantes foram utilizados nos ensaios enzimáticos de quitinase conforme metodologia descrita por Busso e Mazaro (2015).



**Figura 3** - Coleta do material vegetal.  
Fonte: Autoria própria, 2017.



**Figura 4** - Preparo do material para o macerado.  
Fonte: Autoria própria, 2017.

Para avaliar quitinases, pesou-se 100 mg de substrato para quitinase; que foi adicionado á 400  $\mu\text{L}$  tampão borato de sódio 0,1M (pH 8,8) e 500  $\mu\text{L}$  do extrato vegetal, em seguida o material ficou 60 minuto em banho maria 50°C; e posteriormente ferveu por 5 minutos em banho maria (100° C). Após isso, centrifugou-se o extrato a 7000 rpm por 10 min e retirou-se o sobrenadante que foi submetido a leitura em espectrofotômetro a 595 nm.

A determinação da atividade da FAL foi pela quantificação colorimétrica do ácido trans-cinâmico liberado do substrato fenilalanina, conforme metodologia adaptada de Kuhn (2007), sendo macerados 0,25 g da amostra vegetal em 5,0 mL do tampão borato de sódio 0,1M (pH 8,8). Acondicionou-se o extrato em tubos ependorfe e centrifugou-se por 10 min, a 4 °C a 6000 rpm. Após, foi transferido para tubo de ensaio uma alíquota de 200  $\mu\text{L}$ , acrescentando-se mais 3,0 mL do tampão de extração.

Agitou-se a solução em vórtex, obtendo-se assim, o extrato enzimático. Deste extrato, transferiu-se 1,5 mL para outro tubo de ensaio, com mais 1,0 mL do tampão de extração e 0,5 mL de fenilalanina.

Os tubos foram incubados em banho-maria por 45 min a 40°C. Depois de retirados do banho-maria, foram colocados em banho de gelo por 5 min para interromper a reação e assim poder realizar a leitura em espectrofotômetro a 290 nm.

A quantificação dos compostos fenólicos totais ocorreu seguindo o método adaptado de Bialeski e Turner (1966). A primeira etapa foi a extração dos fenóis totais,

realizada a partir da adição de 4 mL da solução metanol, clorofórmio e água (MCA), na relação 6: 2,5: 1,5 v/v, no material vegetal, com maceração em almofariz, seguida de uma centrifugação a 6000 rpm por 20 min, sendo coletado o sobrenadante.

A segunda etapa foi a determinação de fenóis totais realizadas pelo método adaptado de Jennings (1991). A quantificação de fenóis foi feita através de uma curva padrão utilizando tirosina. As amostras preparadas a partir da retirada de uma alíquota de 0,5 mL da parte superior do tubo de extração dos fenóis (extrato MCA), a seguir adicionado 0,5 mL de água destilada, mais 0,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Após 15 min, foram adicionados 5 mL do reagente alcalino “A” (preparado com carbonato de sódio a 2 % em uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N), permanecendo durante 50 min até a leitura da absorbância em 760 nm, em espectrofotômetro (Figura 5). No controle negativo, foi usada água destilada no mesmo volume do extrato vegetal. O resultado foi expresso em  $\text{mg.g}^{-1}$  de tecido fresco.



**Figura 5** - Material no espectrofotômetro para quantificar a absorbância. Fonte: Autoria própria, 2017.

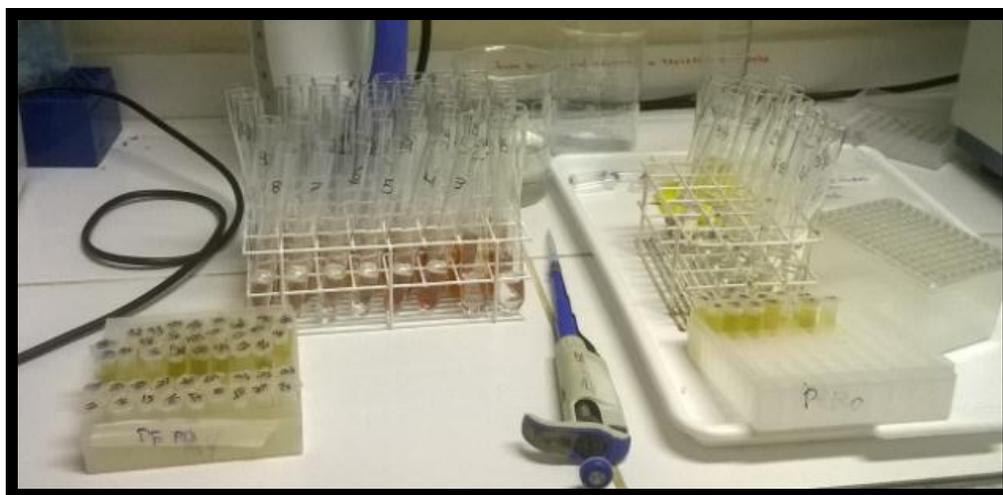
As concentrações de açúcares solúveis totais foram determinadas pelo método fenol-sulfúrico descrito por Dubois et al. (1956). As amostras foram maceradas em almofariz contendo 5 mL de tampão borato de sódio 0,1M (pH 8,8) e centrifugadas por 5 min a 10.000 giros. Utilizou-se 2  $\mu\text{L}$  do extrato e adicionando-se 0,5mL de fenol a 5,0% e 2,5 mL ácido sulfúrico. A leitura das amostras foi realizada a 490 nm. A concentração de açúcares totais foi determinada através de curva padrão de glicose.

Açúcares redutores foram determinados pelo método do dinitrosalicilato (DNS) (MILLER, 1959). As amostras foram maceradas em almofariz contendo 5 mL de tampão borato de sódio 0,1M (pH 8,8) , centrifugadas por 10 min a 14.000 giros a 4°C. Utilizou-se 0,5 µL do extrato, no qual foram adicionadas 1,0 mL de água destilada e 1,0 mL de reagente DNS. A leitura das amostras foi realizada a 540 nm. A concentração de açúcares redutores foi calculada em função de curva padrão de glicose.

A quantificação da atividade das peroxidases foi determinada de acordo com a técnica descrita por Matsuno e Uritani (1972), padronizada no Laboratório de Bioquímica e Fitossanidade da UTFPR – DV.

As amostras foram maceradas em tampão fosfato 0,05 M, pH 7, sendo o extrato centrifugado por 20 min a 4.000 g em temperatura de 4°C. O sobrenadante foi transferido para outro recipiente e utilizado como extrato enzimático (Figura 6).

A análise de atividade da enzima peroxidase seguiu os seguintes passos: em um tubo de ensaio adicionou-se 5 mL de solução tampão de citrato (pH 5,0), 0,5 mL de água oxigenada a 3 %, 0,5 mL de guaiacol 0,5 % e 3,0 mL da amostra vegetal. Incubou-se em banho maria, por 15 minutos, a 30° C. Após incubação, os tubos foram mantidos em banho de gelo, onde permaneceram por mais 5 min. Em seguida, adicionou-se 0,5 mL de bissulfito de sódio, para paralisar a reação. As leituras foram realizadas após 10 min de repouso, em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 450 nm.



**Figura 6** - Procedimento para análise de peroxidase. Fonte: Autoria própria, 2017.

A extração de taninos foi realizada apenas no material coletado em 168 h após aplicação dos indutores. As amostras vegetais foram mantidas em copos de beckers contendo 50 mL de metanol (Figura 7). Em seguida, o material ficou em repouso, protegido com papel alumínio por 10 dias.

Após esse período, colocou-se o material por 5 min no evaporador rotativo (Figura 8), e a solução extraída foi colocada em tubos. Adicionou-se 2 mL do reagente Folin-Denis no qual foi agitado e em seguida deixou-se a solução por 3 min em repouso, e adicionou-se 2 mL de carbonato de sódio a 8%. A amostra ficou em repouso durante duas horas, e foi feita a leitura no espectrofotômetro 725 nm. Como padrão realizou-se uma curva com ácido tânico (PANSERA et al. 2003).



Figura

7- Procedimento de extração de taninos. Fonte: Autoria própria, 2017.



Figura

8- Material no evaporador rotativo. Fonte: Autoria própria, 2017.

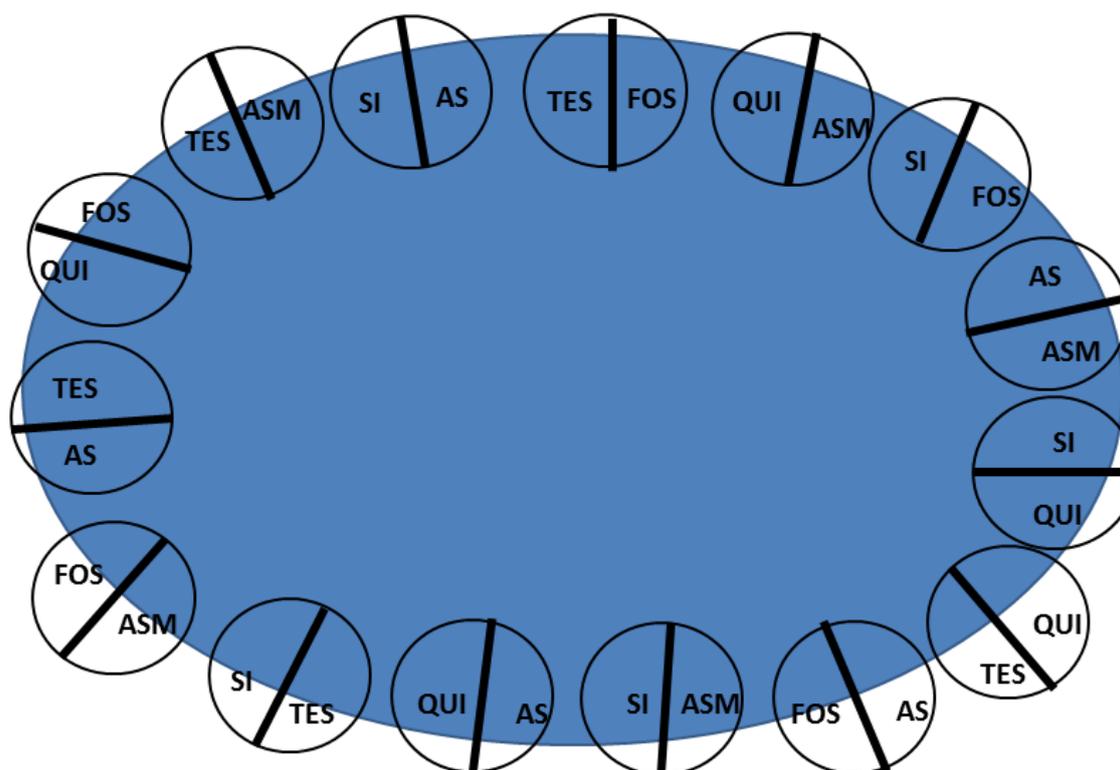
#### 4.1.2 Experimento II: Preferência de oviposição em função da aplicação dos indutores

Os vasos foram dispostos sobre a bancada como mostra a figura 9. Na fase fenológica V6, aplicou-se os indutores sendo realizadas todas as combinações possíveis onde um indutor foi aplicado em um lado do vaso e outro indutor em outro lado. Previamente antes das aplicações, foram colocadas barreiras de PVC em cada vaso, separando as plantas com diferentes tratamentos. Tal metodologia objetivou uma melhor homogeneidade entre os tratamentos.

Após 24 horas da aplicação, 500 adultos coletados não sexados de mosca-branca foram liberados no centro dos 15 vasos sobre a bancada, tendo chance de escolha entre os tratamentos.

Após 48 horas da infestação inicial, coletaram-se dois folíolos do terço mediano das plantas, de cada tratamento. Os mesmos foram acondicionados em caixas gerbox com papel filtro umedecido com água destilada. Em seguida, os folíolos foram avaliados em microscópio estereoscópio no Laboratório de Controle Biológico da UTFPR-DV para a quantificação do número de ovos. A área foliar total dos folíolos também foi calculada, utilizando-se o software Image J.

O delineamento foi inteiramente casualizado com 5 repetições sendo que em cada repetição foi constituída por 5 plantas de soja.



**Figura 9** - Experimento de preferência de oviposição da mosca-branca na casa de vegetação na UTFPR-DV com as combinações dos indutores. TES: Testemunha, FOS: Fosfito, QUI: Quitosana, SI: Silício. Fonte: Autoria própria, 2017.

#### 4.2 Análises estatísticas

Nos dois experimentos, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e quando significativa submeteu-se a comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, com o programa de análise estatística ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Experimento I: Indução de Resistência e a resposta vegetal em função da presença e ausência da mosca-branca**

Em relação aos dados obtidos, no qual buscou-se avaliar os mecanismos de defesa da planta quando desafiadas pela mosca-branca em função da aplicação dos indutores de resistência.

#### **5.1.1 Teores de proteínas**

Conforme observado na Tabela 1, os resultados demonstraram que os indutores de resistência possuem ação sobre o metabolismo primário da planta ativando a síntese de proteínas. O comportamento destas macromoléculas no decorrer dos tempos avaliados demonstrou que os indutores possuem especificidades quanto ao potencial da ativação metabólica de síntese de proteínas.

Os teores de proteínas tiveram interferência em relação a aplicação dos indutores. Sendo que existe especificidade dos indutores quanto ao tempo de ativação, mas de modo geral, a maior ativação ocorreu com 96 horas, tanto com a presença ou ausência dos insetos.

Já com 168h não ocorreram diferenças significativas, observando-se uma elevação dos teores de proteínas inclusive na testemunha. Possivelmente pelo fato de ter ocorrido liberação de compostos voláteis pelas plantas atacadas e que serviram de sinalização para as plantas não elicitadas.

As proteínas são polímeros de aminoácidos, sendo consideradas as macromoléculas biológicas mais abundantes, sendo encontrados milhares em apenas uma única célula, as proteínas são produzidas na célula e podem gerar produtos distintos como, enzimas, hormônios e transportadores de moléculas (NELSON; COX; LEHNINGER, 2011). Apresentam funções estruturais e dinâmicas e participam em diversas reações bioquímicas com os catalisadores enzimáticos (PRATT; KATHLEEN, 2006; MARZZOCO; TORRES, 2015). Também exercem funções regulatórias intracelulares e extracelulares, mandando informações para os componentes da célula e geram forças mecânicas e eletroquímicas (VOET; VOET; PRATT, 2008). Os

aminoácidos são precursores para muitos metabólitos de plantas relacionados à defesa, sendo pertinentes as respostas locais e respostas sistêmicas da alimentação de insetos (ZHOU et al., 2015).

Tabela 1 - Proteínas totais (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	7,92 bA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA
24	9,99 bB	14,07 abA	11,69 bcAB	11,49 bAB	13,58 abA	12,89 bAB
48	8,01 bB	9,34 bcB	14,18 bA	9,98 bcB	11,99 bcAB	10,08 bcB
96	8,27 bC	12,32 bB	20,08 aA	18,06 aA	15,34 aAB	16,42 aA
168	15,76 aA	17,25 aA	16,16 bA	13,18 bA	13,48 abA	14,97 abA
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	7,92 bA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA	7,92 cA
24	9,47 bB	10,64 bcB	13,70 bAB	15,05 abA	11,13 bB	14,97 abA
48	9,96 bB	13,37 bA	8,81 cB	11,63 bAB	14,43 abA	11,51 bAB
96	12,44 abB	18,17 aA	13,93 bAB	15,03 abA	18,09 aA	17,70 aA
168	16,81 aA	19,24 aA	19,29 aA	18,40 aA	16,26 aA	18,98 aA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para Porta e Rocha-Sosa (2002) e Wang et al. (2015) as plantas que são atacadas seja por herbívoros, fungos ou apresentam ferimentos, produzem defesa induzida com compostos voláteis produzidos por enzimas, sendo transferidas por sinais e eventos de transdução para outras plantas ou folhas vizinhas que respondem a essa sinalização para defesa. Entretanto, na prática Wang et al. (2015) verificaram essa sinalização pela enzima NES em soja após 48 h., com o tratamento com *Helicoverpa armigera* observaram que aumentou os níveis de transcrição da enzima nas folhas

locais, mas não houve transcrição da enzima em folhas sistêmicas, o que diverge da literatura inicial.

Em trabalhos relacionados a teores de proteínas e indutores, Viecegli et al. (2009), observaram no feijoeiro que tanto a folha tratada e não tratada com filtrado de cultura de *Pycnopus sanguineus* contra *Pseudocercospora griseola*, houve aumento nos teores de proteínas, porém no tratamento com o indutor ASM (75 mg i.a. L<sup>-1</sup>) não demonstrou diferença significativa entre o controle (água) e o fungicida (azoxystrobin: 40 mg i.a. L<sup>-1</sup>).

Almeida et al. (2012) analisaram dois genótipos de soja. O genótipo Embrapa 48 (suscetível à ferrugem asiática da soja) no qual observou o teor de proteína total após a inoculação fungo *Phakopsora pachyrhizi*, no qual apresentou crescimento exponencial nas avaliações de 12, 72 e 168 horas. Entretanto, o genótipo PI 561356 (resistente à ferrugem-asiática-da-soja) não apresentou elevada concentração ao longo do tempo, e sim decréscimo após 72 horas.

Timbó et al. (2014) estudaram o perfil de proteínas foliares em soja com e sem lesão do inseto *Euschistus hero* (Hemiptera: Pentatomidae), e verificaram que após 24 h as proteínas chaperonina, HSP<sub>20</sub>, proteína 2b e enzima CP4-EPSPS foram ativadas, sendo que as mesmas estão ligadas à via do ácido chiquímico corroborando que os insetos sugadores induzem essa via nas plantas.

### **5.1.2 Teores de açúcares redutores e açúcares totais**

Conforme observado nas Tabelas 2 e 3, não ocorreu interferência nos açúcares redutores (glicose, frutose, maltose) e açúcares totais (glicose, frutose, manose e sacarose). Possivelmente as ativações dos mecanismos de defesa vegetal não demandaram uma maior ativação do metabolismo primário relacionados com os açúcares. Tendo visto que muitos compostos de defesa possuem baixo peso molecular, e com isso baixa demanda energética para síntese dos mesmos. Para Zhou et al. (2015) a produção de metabólitos da planta pode não ter interferência imediata na fotossíntese e na fixação de carbono.

Tabela 2 - Açúcares redutores (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição á mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	0,0012ns	0,0012 ns				
24	0,0012	0,0010	0,0011	0,0011	0,0012	0,0013
48	0,0009	0,0010	0,0009	0,0011	0,0012	0,0013
96	0,0009	0,0012	0,0009	0,0009	0,0012	0,0012
168	0,0008	0,0008	0,0008	0,0008	0,0009	0,0008
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	0,0012ns	0,0012ns	0,0012ns	0,0012ns	0,0012ns	0,0012ns
24	0,0012	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012
48	0,0009	0,0009	0,0008	0,0012	0,0012	0,0012
96	0,0009	0,0010	0,0010	0,0008	0,0011	0,0008
168	0,0009	0,0008	0,0008	0,0008	0,0009	0,0009

ns= Não significativo pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os açúcares são carboidratos constituintes bioquímicos mais abundantes nos vegetais, chegando a representar 50 a 80% do peso seco total, tendo como funções na parte energética. Os carboidratos são denominados monossacarídeo aldeído ou cetona sendo os principais glicose, manose, frutose, e denominados dissacarídeo a sacarose (VOET, VOET; PRATT, 2008). Como produtos da fotossíntese, armazenam energia, entretanto é divergente sobre como as plantas devem alterar a fotossíntese e a fixação do carbono para atuar na defesa (ZHOU et al., 2015).

A glicose faz parte da composição da celulose, com função de sustentação do vegetal, também está presente no amido e glicogênio, que são responsáveis pela reserva energética (PRATT; CORNELLY, 2006). A frutose é responsável pelo aroma adocicado nas plantas e a sacarose pelo açúcar das frutas (CANIATO et al., 2007), sendo produtor intermediário da fotossíntese, transportador do açúcar das folhas para outras partes da

planta, fornece o carbono e energia necessária para o crescimento e síntese das reservas de armazenamento (NELSON; COX; LEHNINGER, 2011; TAUZIN; GIARDIN, 2014).

Tabela 3- Açúcares totais (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns
24	75,30	87,16	65,08	75,98	75,98	82,44
48	83,46	60,66	77,67	75,98	75,98	61,19
96	59,33	79,10	73,74	68,00	75,98	72,91
168	68,95	79,10	78,46	89,00	75,98	58,54
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns	89,48ns
24	84,80	84,80	89,48	75,32	89,48	75,05
48	88,43	82,70	84,88	57,90	73,66	85,15
96	81,58	82,70	84,88	75,4	61,49	79,87
168	86,07	89	75,69	78,5	54,18	96,21

ns= Não significativo pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Para Tauzin e Giardin (2014), quando ocorre infecção na planta, há uma alta demanda de carboidratos e com isso, as plantas desenvolveram estratégias para as respostas de defesa.

Os açúcares redutores são monossacarídeos como glicose, frutose e maltose, que possuem seu grupo carbonílico livre, capaz de se oxidar na presença de agentes oxidantes em solução alcalina, no qual formam enedióis que são convertidos em ácidos aldônicos com 3 a 6 carbonos (MARZZOCO; TORRES, 2015), sendo importantes para a indústria alimentícia (SILVA et al., 2003; SANTOS et al., 2017).

### 5.1.3 Atividade enzimática da FAL

Conforme observado na Tabela 4, os resultados demonstraram que os indutores ativaram a rota dos fenilpropanóides, sendo observado pela ativação da FAL, que sem a presença de insetos a ativação foi pronunciada com 168 horas. Já quando ocorreu a presença de insetos a ativação ocorreu a partir de 96 horas, mas para quitosana a ativação ocorreu em 48h.

A FAL é uma enzima chave relevante para o metabolismo secundário, sendo responsável pela desaminação da L-fenilalanina para formar o ácido trans-cinâmico e posteriormente diversos compostos fenólicos, como: ácido 4-coumárico, ácido caféico e ácido sináptico (CAVALCANTI; BRUNELLI; STANGARLIN, 2005; TAUZIN; GIARDIN, 2014). Além disso, a FAL também é a enzima-chave na biossíntese do ácido salicílico (SA) (WANG et al., 2015).

Essa enzima tem a atividade aumentada devido aos fatores ambientais e infecções ocasionadas por fungos ou insetos. Essa atividade desencadeia a transcrição do RNA mensageiro que codifica a FAL, assim aumenta a atividade da enzima que conseqüentemente estimula os compostos fenólicos e outras reações subsequentes como a formação de fenilpropanóides, cumarinas, flavonoides, taninos condensados, lignina (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Tabela 4 - FAL (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	0,025 bcA	0,025 bcA	0,025 bA	0,025 bA	0,025 cA	0,025 bA
24	0,014 cB	0,020 cA	0,013 cB	0,025Ba	0,025 cA	0,033 bA
48	0,039 bA	0,032 bA	0,018 bcA	0,027 bA	0,031 bcA	0,026 bA
96	0,050 aA	0,027 bcB	0,03 bB	0,026 bB	0,045 bA	0,034 bAB
168	0,056 aB	0,061 aAB	0,069 aA	0,068 aA	0,079 aA	0,081 aA
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	0,025 bA	0,025 bcA	0,025 bA	0,025 bcA	0,025 bcA	0,025 bcA
24	0,013 cA	0,017 cA	0,020 bA	0,017 cA	0,013 cA	0,018 cA
48	0,024 bB	0,031 bAB	0,013 bBC	0,034 bAB	0,041 aA	0,033 bAB
96	0,025 bC	0,041 aB	0,055 aB	0,070 aA	0,042 aB	0,058 aB
168	0,034 aB	0,043 aA	0,042 aA	0,049 aA	0,042 aA	0,042 aA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Trabalho com extratos vegetais, Lorencetti et al. (2015), verificaram valores elevados da atividade da FAL e efeito inseticida contra o percevejo bronzeado *Thaumastocoris peregrinus* Carpintero e Dellapé, 2006 (Hemiptera: Thaumastocoridae) no eucalipto.

O mesmo pode ser verificado no trabalho Freire (2015), que observou maior ativação da FAL em soja quando ocorreu a interação do nematoide com o indutor ASM. Almeida et al. (2012) verificaram a maior ativação da FAL em 168 horas em soja quando inoculado com fungo *P. pachyrhizi*. Porém, Gomes et al. (2008), analisaram que a adubação com silício na cultura da batata contra o pulgão *Myzus persicae* não afetou a atividade FAL.

### 5.1.4 Compostos fenólicos

Conforme observado na Tabela 5 quando se aplica os indutores sem a presença dos insetos, ocorre uma ativação da rota para formação dos compostos fenólicos. Tal fato foi observado, para ASM, fosfito, quitosana e silício com 24 horas, já para AS com 48 horas.

Quando as plantas foram desafiadas com insetos não ocorreram diferenças entre os tratamentos para a ativação da formação de compostos fenólicos, somente ocorreu alteração no decorrer do tempo, sendo que para ASM, AS, quitosana e silício ocorreram redução dos níveis dos compostos fenólicos. Tais resultados sugerem que, está não é a rota preferencial para defesa vegetal das plantas, quando estas são expostas a mosca-branca.

Tabela 5 - Fenóis (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	2,20 aA	2,20 bA	2,20 bA	2,20 bA	2,20 bA	2,20 bA
24	2,13 aB	2,73 abAB	2,27 bB	3,03 aA	3,15 aA	2,78 aAB
48	2,49 aB	2,98 aA	2,96 aA	3,19 aA	3,26 aA	2,72 aA
96	2,21 aB	2,79 abAB	2,44 abB	3,00 aA	2,87 abA	2,37 bB
168	2,32 aA	2,60 abA	2,55 abA	2,77 abA	2,89 abA	2,52 abA
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	2,94 aA	2,94 aA	2,94 aA	2,94 aA	2,94 aA	2,94 aA
24	3,28 aA	3,15 aA	2,98 aA	3,09 aA	3,05 aA	3,11 aA
48	3,09 aA	3,15 aA	3,01 aA	3,06 aA	2,96 aA	3,05 aA
96	3,30 aA	3,15 aA	2,95 aA	2,78 aA	2,48 abA	2,99 aA
168	2,65 aA	2,33 bA	2,18 bA	2,59 aA	2,29 bA	2,25 bA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Existem aproximadamente 10.000 grupos de fenóis com compostos heterogêneos, sendo sintetizados pela rota do ácido chiquímico e rota do ácido malônico. Devido a grande variedade, apresentam diversas funções desde defesa contra herbívoros, suporte mecânico e proteção contra a radiação (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Compostos fenólicos estão diretamente ligados a expressão da rota das peroxidases, que participam de vários processos fisiológicos de grande importância na planta, como a lignificação. Nesse processo os fenóis são oxidados pela ação do peróxido de hidrogênio e polimerizados para formação de lignina. A lignina é depositada na parede celular e responsável pelo enrijecimento da parede e pelo aumento da resistência ao ataque de agentes externos (STRACK, 1997). A lignificação das células compreende uma importante barreira mecânica à penetração de insetos e patógenos.

Para os autores Ferreira; Moraes e Antunes (2011) não houve efeito significativo nos teores de fenóis na aplicação do silício em duas cultivares de soja: IAC-19 e MONSOY-8001 contra *B. tabaci* Biótipo B. O mesmo foi verificado por Pinto et al. (2012) no cacau contra o pulgão *Toxoptera aurantii* B.

A redução do teor de compostos fenólicos pelo indutor ASM pode ser observada por Kuhn e Pascholati, (2010) nas folhas de feijão após a segunda aplicação (21 dias após o início do tratamento). Porém, Guimarães et al. (2008) observaram aumento de fenóis nos genótipos SP80-1816 e RB72454 da cana-de açúcar quando submetidos à infestação de cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stål, 1854) (Hemiptera: Cercopidae).

### **5.1.5 Atividade da Peroxidase**

A aplicação dos indutores, tanto com a presença e ausência dos insetos, promoveu a ativação da enzima peroxidase conforme observado na Tabela 6. O que demonstra o potencial dos produtos para ativação de mecanismos de defesa. Observou-se um comportamento diferenciado na ativação da peroxidase, o que demonstra uma especificidade quanto aos indutores e tempo de ativação, tal fato está relacionado a diversidade de rotas e compostos na qual a peroxidase pode estar envolvida, entre eles, a

síntese de diversos compostos de defesa, seja estruturais como lignina ou metabólitos hidrossolúveis.

Tabela 6 - Peroxidase (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	8,47 bA	8,47 cA	8,47 bA	8,47 cA	8,47 bA	8,47 bA
24	7,27 bB	13,03 bA	10,32 abA	8,52 cAB	6,36 cB	7,91 bB
48	7,18 bB	11,34 bA	7,50 bB	11,47 bA	6,98 cB	10,52 aA
96	5,98 bB	13,04 bA	14,89 aA	16,93 aA	12,45 aA	8,49 bAB
168	15,80 aAB	21,10 aA	10,29 abB	21,49 aA	8,56 abB	8,84 bB
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	8,47 aA	8,47 bA	8,47 bA	8,47 abA	8,47 abA	8,47 bA
24	6,39 aC	13,03 aAB	18,59 aA	10,56 abB	11,38 abAB	9,68 bB
48	8,81 aB	8,48 bB	13,60 abA	9,81 abAB	6,49 bB	11,91 abA
96	7,62 aB	16,66 aA	18,17 aA	14,18 aA	13,03 aA	9,46 bAB
168	4,55 bC	9,51 bB	9,18 bB	6,68 bBC	9,76 abB	17,21 aA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A peroxidase é uma enzima que catalisa a oxirredução entre peróxido de hidrogênio e outros redutores, estão presentes em tecidos de animais, microrganismos e plantas. Possuem classe I, II e III, a classe III corresponde a estimulação da enzima pela injúrias ou infecções (JONES et al., 1998), como ocorreu nesse trabalho ocasionado pela mosca-branca.

A atividade de peroxidase proporciona funções distintas de defesa celular como produzir radicais livres e participam da síntese da lignina, também, na regulação do crescimento vegetal e nos níveis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e espécies reativas de oxigênio (EROs),

podem ativar vias de sinalização e além disso a enzima peroxidase atua na degradação oxidativa de compostos fenólicos próximo ao local da descompartimentalização celular (MARRIOTT; BEEN; PERKINS,1978; RODRIGUES et al., 2007; TIMBÓ et al., 2013).

O aumento dessa enzima está relacionado quando são desafiadas por agentes externos, como patógenos, insetos ou plantas submetidas a estresses, como podemos observar nesse trabalho que a soja ativou o sistema de autodefesa em resposta aos ferimentos ocasionados pelo inseto para se proteger, o mesmo ocorreu no trabalho de Tschardt et al. (2001) pelo besouro de folha *Agelastica alni* (Coleoptera: Chrysomelidae) em folhas de amieiro. Porém Couto et al. (2009) observaram que as testemunhas não inoculadas com *Fusarium oxysporum f.sp. vasinfectum* W.C, demonstraram altos índices da enzima.

Trabalhos com alta expressão da enzima peroxidase com o indutor ASM inoculados com fungo, podemos observar em estudo desenvolvidos por Tavares et al. (2010) com *Phytophthora palmivora* Butl no mamoeiro, no fungo da ferrugem em eucalipto (BOAVA et al. 2010) e *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd, em soja (ALMEIDA et al. 2012). Porém houve redução da enzima quando inoculado com *Sclerotinia sclerotiorum* na alface (RODRIGUES et al., 2007).

Também fungos entomopatogênicos mostraram expressão da enzima em mudas de cacauzeiros com VLA (extrato aquoso de vassoura-de-lobeira) (RESENDE et al., 2007), mas os extratos orgânicos do fungo *Pycnoporus sanguineus* em soja e em sorgo apresentaram pouca atividade (PEITER-BENINCA et al, 2008) mas na cultura do feijão foi alterada a enzima (VIECELLI et al., 2009).

Para Gomes et al. (2008) a atividade da peroxidase na cultura da batata contra o pulgão *Myzus persicae* (Sulzer) aumentou devido a combinação da adubação foliar com solução de AS a 1% com adubação via solo com 250 mL de solução de AS a 1%.

Couto et al. (2009) observaram em plantas de algodoeiro que o tratamento com ASM 0,2 g/L, com duas aplicações apresentou maior expressão da enzimas no caule, entretanto, não foi capaz de diminuir a severidade da murcha.

### 5.1.6 A atividade da quitinase

Os resultados demonstraram que os níveis de quitinase tiveram interferência quando aplicou-se os indutores, sendo que com ausência dos insetos, a ativação foi pronunciada com 168 horas. Já quando as plantas foram desafiadas com os indutores e a presença dos insetos, houve ativação a partir de 48 horas para todos os indutores com exceção do fosfito com 168 horas.

Tais resultados demonstram que quando são aplicados os indutores com a presença do inseto, o mecanismo de defesa preferencial ativado são as quitinases, fato que pode ser explicado pela presença de quitina na parede celular dos insetos, que atuam no processo de sinalização e de expressão dessa enzima hidrolítica quitinase na defesa vegetal.

Tabela 7 - Quitinase (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

Tempo (horas)	Indutores de resistência					
	SEM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	7,13 aA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 bA
24	7,27 aA	10,30 bA	6,97 bA	7,86 bA	9,37 bA	6,365 bA
48	5,96 aA	8,75 bA	7,05 bA	7,49 bA	9,37 bA	5,60 bA
96	6,78 aA	7,94 bA	9,47 bA	7,50 bA	11,62 bA	6,70 bA
168	6,78 aB	22,64 aA	13,826 Aa	19,76 aA	29,79 aA	20,44 aA
	COM INSETO					
	TES	ASM	AS	Fosfito	Quitosana	Silício
0	7,13 aA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 bA	7,13 aA
24	6,55 aA	7,27 bA	9,65 aA	6,55 bA	2,44 cB	3,03 bB
48	6,20 aB	11,91 aA	8,93 aB	7,74 bB	11,91 abA	9,47 aA
96	4,70 aB	10,65 aA	10,42 aA	7,50 bA	9,16 abA	7,39 aA
168	6,43 aC	9,47 aB	11,91 aB	16,56 aA	16,23 aA	11,91 aB

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na vertical, ou maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro.

As quitinases são enzimas que estão presentes em organismos que possuem quitina na estrutura (crustáceos, insetos e diversos fungos) ou não (plantas, bactérias e vertebrados) (CAVALCANTI; BRUNELLI; STANGARLIN, 2005).

Couto et al. (2009) avaliaram a atividade da quitinase em plantas de algodoeiro com e sem inoculação de *F. oxysporum f.sp. vasinfectum*, e ambos os tratamentos não diferiram significativamente com os indutores ASM e fosfito de potássio, porém no tratamento MeJ (metil jasmonato), verificaram atividade da quitinase na folha. O mesmo pode ser verificado por Tavares et al. (2010), no qual o ASM não induziu a atividade da quitinase em mamoeiro contra fungo *P. palmivora*.

Na cultura do feijão, Kuhn e Pascholati (2010) observaram que a atividade da quitinase não foi alterada significativamente com o indutor biótico *Bacillus cereus* (108 ufc mL<sup>-1</sup>), entretanto com o tratamento ASM (50 mg i.a. mL<sup>-1</sup>), houve aumento da enzima após a primeira, segunda e terceira aplicação.

No entanto, Freire (2015), observou que plantas de soja inoculadas com nematoides e posterior aplicação do indutor ASM, a atividade da quitinase obteve queda praticamente em todas as cultivares testadas.

### 5.1.8 Teores de taninos

Na testemunha a resposta foi mais expressiva quando colocou-se os insetos, demonstrando ser um caminho de defesa preferencial natural pelas plantas quando são atacada por insetos.

Observou-se ainda que os indutores de resistência possuem capacidade de ativação a síntese de taninos, com exceção do silício, o que pode ser observado com o incremento de tais compostos quando aplicado nas plantas sem a presença de inseto em comparação com a testemunha. Já quando aplicou-se os indutores com a presença dos insetos, somente o indutor AS e silício apresentaram potencial de ativação dos taninos, como mostra a figura 10.

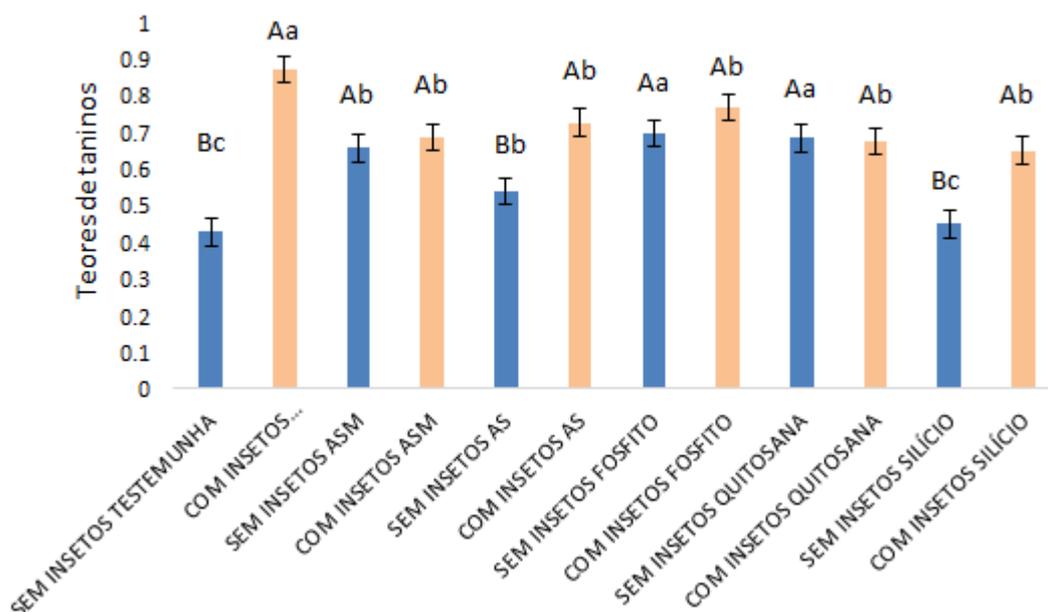


Figura 10 - Taninos (mg./g.tecido) de plantas de soja, tratados com diferentes indutores de resistência, sem e com a exposição a mosca-branca. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) e as barras verticais indicam o desvio-padrão com os diferentes tratamentos. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2017.

A partir das reações subsequentes da FAL, há formação compostos fenólicos, como os taninos condensados.

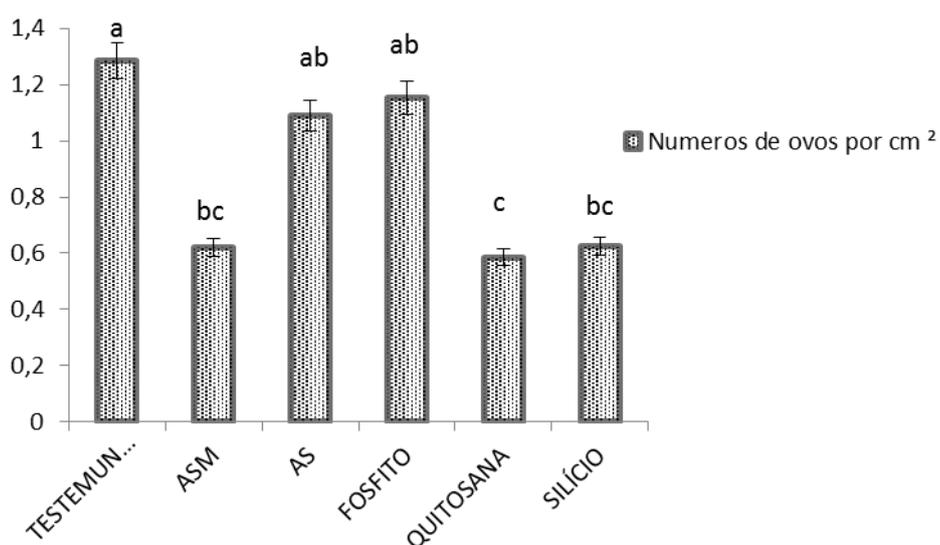
Os taninos condensados são compostos pela polimerização de unidades de flavonoides, são constituintes de plantas lenhosas, importantes na defesa das plantas. Quando estão em maior concentração, os taninos impedem a digestão do predador (animal) bloqueando a ação de enzimas digestivas, assim as folhas se tornam indigestíveis e produzem a sensação de adstringência. Se os animais ingerirem grandes quantidades de vegetais com taninos irão perder peso e reduzir a taxa de crescimento. Os taninos têm habilidades em se ligar às proteínas afetando e inibindo a atividade enzimática. Porém há outra categoria de taninos: os hidrolisáveis, que contém ácidos fenólicos e açúcares simples (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Eles encontram-se distribuídos em plantas superiores normalmente nas folhas, frutos e sementes e são polímeros fenólicos que possuem propriedade de defesa das plantas, pois são toxinas que impedem e repelem herbívoros e outros animais. Quando os frutos estão imaturos apresentam altos níveis de taninos (PAES et al., 2006). Alguns exemplos são: acácia negra (*Acacia mearnsii*), o quebracho (*Schinopsis balansae*), o angico (*Anade-nanthera* e *Piptadenia spp*) e o barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) (TRUGILHO et al., 2003).

O mesmo trabalho corrobora com Dos Santos e Varanda (2009), no qual verificaram que maiores percentuais de açúcares e de taninos foram observados quando houve indução pelo inseto *Schizomia sp* (Diptera: Cecidomyiidae) nas galhas. Para Gomes et al. (2008), os maiores teores de taninos em batatas ocorreram combinados a adubação e via foliar de silício.

## 5.2 Experimento II: Preferência de oviposição em função da aplicação dos indutores

Os resultados de preferência de oviposição demonstraram que plantas tratadas com os indutores tiveram menor oviposição por cm<sup>2</sup> de tecido vegetal, sendo que para o ASM, silício e quitosana ocorreram redução de oviposição, diferindo da testemunha, conforme observado na figura 11.



**Figura 11:** Número de ovos de mosca-branca por cm<sup>2</sup> na cultura da soja. Barras verticais indicam o desvio-padrão com os diferentes tratamentos: - Acibenzolar - S - Metil (ASM), Ácido Salicílico (AS), Fosfito, Silício, Quitosana e Testemunha. As médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). UTFPR. Dois Vizinhos – PR, 2017. Fonte: O autor, 2017.

Tal redução da preferência por oviposição de moscas-brancas possivelmente está relacionado à ativação de mecanismos de defesa da planta, avaliado no experimento I, o qual buscou identificar rotas e compostos de defesa vegetal ativado pelo uso dos indutores.

Tanto o ASM, silício e quitosana tiveram antecipadamente ativação no tempo para a síntese de proteínas, FAL, compostos fenólicos, peroxidases e os teores de

taninos que são mecanismos de defesa vegetal. Pressupõe-se que essa ativação tenha influenciado na preferência de oviposição da mosca-branca, demonstrando o menor número de ovos por cm<sup>2</sup> para esses indutores, conforme o experimento I.

A menor preferência por oviposição pela mosca branca ocorreu em plantas tratadas com quitosana. Diversos trabalhos já comprovaram seu efeito na indução de resistência e o efeito direto sobre fungos fitopatógenos e bactérias, apresentando efeito fungistático e/ou fungicida, e bacteriostático e/ou bactericida (AZEVEDO et al., 2007). Porém ainda são escassos os trabalhos que mostram resultados sobre o controle de insetos.

A quitosana está relacionada a ativação de mecanismos de defesa pós-formados, que são mais eficientes na proteção da planta contra insetos dentre essas barreiras estruturais podem envolver a lignificação, suberificação, formação de papilas, de camadas de abscisão e de cortiça, bem como tiloses.

A redução pela preferência por oviposição de mosca-branca pode estar ligada pela ativação de mecanismos de resistência potencializada pela aplicação de silício, no entanto como essa indução ocorre não está totalmente esclarecida. Conforme Kim et al., (2002) a hipótese principal é a possível formação de barreiras físicas abaixo da cutícula decorrente da polimerização do ácido monossilícico, pode explicar a não preferência pela mosca-branca para realizar sua oviposição nas plantas tratadas com silício.

Assim fica claro, que a mosca-branca expressa níveis consideráveis de não preferência para oviposição e baixa atratividade a plantas tratadas com silício, ainda assim é essencial pesquisas que envolvam doses de silício e interações do manejo para o controle.

Trabalhos relacionados a indutores e insetos com silício demonstram efeito de repelência para pulgão-da-folha em milho após 48h da aplicação, e para pulgão verde em trigo com aplicações de silício via solo e foliar (GOUSSAIN, 2001). Já no trabalho de Godoy et al. (2016), o silício provocou o retardo para o início de alimentação e caminamento estiletar da *B. tabaci* biótipo B em soja.

Peixoto et al. (2011) observaram que solução de silício a 1% aplicado no solo reduziu a oviposição e números de ninfas com chance de escolha da *B. tabaci* biótipo B na cultura do feijão, porém no teste sem chance de escolha, o silício não evitou a oviposição e o desenvolvimento ninfal.

Correa et al. (2005) verificaram que o silicato de cálcio e o ASM afetaram a preferência de oviposição bem como o desenvolvimento do ciclo biológico da *B. tabaci* biótipo B em pepino. O tratamento com silicato de cálcio via solo mostrou-se mais eficaz pelo menor número de oviposição da mosca branca. Entretanto, trabalho realizado por Ferreira; Moraes; Antunes (2011), o silício não afetou a oviposição nem o número médio de ninfas de *B. tabaci* em soja, porém, afetou a viabilidade das ninfas, o mesmo foi verificado em duas cultivares de soja: IAC-19 e MONSOY-8001 (MORAES; FERREIRA; COSTA, 2009).

Já para AS e fosfito, não ocorreram diferenças significativas, porém em outros estudos, o fosfito apresentou diminuição do pulgão do trigo [*Diuraphis noxia* (Kurdjumov) Homoptera: Aphididae] em plantas de trigo (VENTER et al., 2014) e obteve efeitos nos besouros [*Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae)] na batata de Colorado no campo e no laboratório (PATTERSON; ALYOKHIN, 2014).

## 6. CONCLUSÕES

Os indutores de resistência possuem capacidade de ativar o metabolismo primário através da síntese de proteínas totais, bem como demonstram potencial na ativação de mecanismos de defesa entre eles, a rota dos fenilpropanóides com a ativação da enzima FAL e a formação de compostos fenólicos. Ainda demonstram ativação de enzimas relacionadas a patogenicidade como as peroxidases e quitinase sendo que tais ativações possuem especificidade quanto ao indutor e ao tempo de ativação.

O uso dos indutores quando desafiados com insetos demonstrou maior efetividade de ativação da enzima FAL, peroxidase e quitinase, enzimas estas relacionadas ao processo de defesa vegetal a insetos.

Os indutores ASM, silício e quitosana possuem potencial de redução da oviposição da mosca-branca, o que pode estar relacionado a ativação de mecanismos de defesa vegetal.

## REFERÊNCIA

ALCANTARA, S. R. C. de. Utilização de quitosana como biocida na agricultura em substituição aos agrotóxicos. 2011. 95 f. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

ALCANTRA, E; MORAES, J. C; ANTONIO, A. Efeito de indutores da resistência e cultivares de algodão no comportamento de *Aphis gossypii*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 619-624, 2010.

ALMEIDA, A. M. R.; PIUGA, F. F.; KITAJIMA, E. W.; GASPAR, J. O.; VALENTIN, N.; BENATO, L. C.; GUERZONI, R. A. Vírus da necrose da haste: ocorrência no Brasil e controle. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 24., 2002. São Pedro, SP. **Resumos**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. P. 57-73. (Embrapa Soja. Documentos, 185)

ALMEIDA, H. O.; DE OLIVEIRA BARBOSA, M.; MARQUES, A. E.; PEREIRA, T. H. A.; JÚNIOR, M. J. M.; TESSAROLLO, N. G.; ABDELNOOR, R. V. Enzimas marcadoras de indução de resistência diferencialmente reguladas em soja resistente e suscetível à ferrugem-asiática-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.47, n.2, p.163-172, fev., 2012.

ALVES, E. M., TOLEDO, V. de A. A. de, OLIVEIRA, A. J B. de., SEREIA, M. J., NEVES, C. A., RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C C. Influência de abelhas africanizadas na concentração de açúcares no néctar de soja (*Glycine max* L. Merrill) var. Codetec 207. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 189-195, 2010.

ANDRADES, T. O. de; GANIMI. R. N. Revolução verde e a apropriação capitalista, **CES Revista**, v.21, p.43 – 56, Juiz de Fora, 2007.

AZEVEDO, F. D.; GUIMARÃES, J. A.; SOBRINHO, R. B.; LIMA, M. A. A. Eficiência de produtos naturais para o controle de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em meloeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 1, p. 73-79, 2005.

AZEVEDO, V. V. C.; CHAVES, S. A.; BEZERRA, D. C.; LIA FOOK, M. V.; COSTA, A. C. F. M. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.2, p.27-34, 2007.

BERGER, L. R. R; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, N. P. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 12, n. 4, p. 195-215, 2011.

BIELESKI, R.L.; TURNER, N.A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extratcts by thin-layer electrophoresis and chomatograghy. **Analitycal Biochemistry**, Orlando, v.17, p.278-293, 1966.

BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C. Manejo Integrado da Mosca-Branca(*Bemisia tabaci* biótipo B) em Sistema de Produção Integrada de Tomate Indústria (*PITI*). **Embrapa Hortaliças**, Circular Técnica 70. Brasília, DF. Nov, 2009.

BOAVA, L. P.; KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F.; DI PIERO, R. M.; FURTADO, E. L. Efeito de indutores bióticos e abióticos na atividade de quitinase e peroxidase e no controle da ferrugem causada por *Puccinia psidii* em eucalipto. **Summa Phytopathologica**, v. 36(n. 2), p. 168-172. 2010.

BONALDO. S. M.; PASCHOLATI. S. F.; ROMEIRO. R. S. **Indução de resistência: noções básicas e perspectivas**. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Eds.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap.1, p.11-28.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. Londrina: **EMBRAPA**, CNPSO, 1987. 61 p. (EMBRAPA. CNPSO. Documentos, 21).

BUSSO, C.; MAZARO, S. M. Utilization of coloidal chitin stained with remazol brilliant blue r as a sensitive, rapid and economocal alternative to detect chitinase in plants. **23 Congress of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) and. 44 Annual Meeting of the Brazilian Society for Biochemistry and Molecular Biology – SBBq** Foz do Iguaçu – Brazil – August 24th to 28th, p. 239, 2015.

BRADFORD, M.M.; A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analitycal Biochemistry**, Orlando, v.72, p.248-254, 1976.

CAIXETA, S. L.; MARTINEZ PRIETO, H. E.; PICANÇO COUTINHO, M.; CECON, P. R.; ESPOSTI, M. D. D. Nutrição e vigor de mudas de cafeeiro e infestação por bicho mineiro. **Ciência Rural**, v. 34, n.5, 2004.

CAMPOS, Â. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANÇÃO, N.; DA SILVEIRA, E. P.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 7, p. 637-643. 2004.

CAMPOS, M. de C. Expansão da soja no território nacional: o papel da demanda internacional e da demanda interna. **Revista Geografares**, v.8, p.1-19, 2010. DOI: 10.7147/GEO8.1295

CARUSO, R. **Soja: uma caminhada sem fim**. [s.l.]: Fundação Cargill, [199-]. 95 p.

CAVALCANTI, L.S.; BRUNELLI, K.R.; STANGARLIN, J.R. **Aspectos moleculares da resistência induzida**. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Eds.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap.4, p.81-124. 05.

CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: Fealq, p. 263, 2005.

CANIATO, F. F.; GALVÃO, J. C. C.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M.; OLIVEIRA, D. A. D.; FERREIRA, J. L. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, Dez. 2007.

CORREA, R. S.; MORAES, J. C.; AUAD, A. M.; CARVALHO, G. A. Silicon and acibenzolar-S-methyl as resistance inducers in cucumber, against the whitefly *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 3, June, 2005.

COSTA, R. ANTUNES, R.; MORAES, J.C. Effects of silicon acid and of acibenzolar-S-methyl on *Schizaphis graminum* (Rondani)(Hemiptera: Aphididae) in wheat plants. **Neotropical entomology**, v. 35, n. 6, p. 834-839, 2006.

COUTO, E. F.; COELHO, R. S.; SUASSUNA, N. D.; OLIVEIRA, S. M. Avaliação de indutores de resistência em algodoeiro a murcha de fusário: atividade enzimática e índice de infecção. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 352-356, 2009.

CRUZ, M. F. A. D.; DINIZ, A. P. C.; RODRIGUES, F. A.; BARROS, E. G. Aplicação foliar de produtos na redução da severidade da brusone do trigo. **Tropical Plant Pathology**, v. 36(December), p.424-428, 2011.

DALASTRA, C.; CAMPOS, A. R.; FERNANDES, F. M.; MARTINS, G. L. M.; CAMPOS, Z. R. Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoazeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 3, p. 531-538, 2011.

DOS SANTOS, C. S.; VARANDA, E. M. Interações nutricionais em dois sistemas inseto galhador-planta hospedeira no cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 7, n. 4, 2009.

DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal. Chem.** V.28, p. :350-356. 1956.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja, região central do Brasil 2005**, Londrina Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, Fundação Meridional, 239P. 2004 (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN1667-8499; N. 06)

EMBRAPA SOJA: **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2011**. – Londrina. Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.14)

EMBRAPA SOJA. **Soja em números** (safra 2016/2017). Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acessado dia 05/07/2017

FARIA, A. B. C. Revisando o processo de certificação florestal. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. Guarapuava (PR), v.5, n.1 p.145 –153, Jan./Abr 2009.

FERREIRA, R. S.; MORAES, J. C.; ANTUNES, C. S. Silicon influence on resistance induction against *Bemisia tabaci* biotype B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) and on vegetative development in two soybean cultivars. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 40, n. 4, p. 495-500, Aug, 2011.

FREIRE, L. L. Indução de resistência de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. 2015. 65 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

GALLO, D. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ, 2002. xvi, 920 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz Queiroz; 10.) ISBN 85-71-33011-5.

GODOY. C. V.; SEIXAS. C. D. S.; SOARES. R. M.; GUIMARÃES. F.C. M.; MEYER. M. C.; COSTAMILAN. L. M. Ferrugem-asiática da soja no Brasil: passado, presente e futuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.51, n.5, p.407-421, maio, 2016.

GOMES, F. B.; MORAES, J. C.; SANTOS, C. D. D.; ANTUNES, C. S. Use of silicon as inductor of the resistance in potato to *Myzus persicae* (Sulzer)(Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 37(2), 185-190, 2008.

GOUSSAIN. M. M. Efeito da aplicação do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1979) e do pulgão-da-folha *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae). Lavras, MG. **Dissertação** (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras, 2001.

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

GUIMARÃES, E. R.; MUTTON, M. A.; FERRO, M. T.; SILVA, J.; MUTTON, M. Níveis constitutivos de compostos fenólicos podem estar relacionados à resistência da cana-de-açúcar à cigarrinha-das-raízes. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 1, n.3, p. 357-365, set./dez, 2008 - ISSN 1981-9951

GUSSO, A.; ARVOR, D.; DUCATI, J. R. Modelo para previsão da produção de soja baseado em condições físicas predominantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p.95-103, 2017.

HOFFMANN-CAMPO, C. B; CORRÊA-FERREIRA, B. S; MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. 859 p. ISBN 9788570351395

HOROWITZ, A. R.; KONTSEDALOV, S.; KHASDAN, V.; ISHAAYA, I. Biotypes B and Q of *Bemisia tabaci* and their relevance to neonicotinoid and pyriproxyfen resistance. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 58, n. 4, p. 216-225, 2005.

INBAR, M.; DOOSTDAR, H.; GERLING, D.; MAYER, R. T. Induction of systemic acquired resistance in cotton by BTH has a negligible effect on phytophagous insects. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 99, n. 1, p. 65-70, 2001.

JENNINGS, A. C. The determination of dihydroxy phenolic compounds in extracts of plant tissues. **Analytical Biochemistry**, Orlando, v.118, p.396-398, 1991.

JONES, C. J. Superoxide in apoptosis. Mitochondrial generation triggered by cytochrome c loss. **Journal of Biological Chemistry**, v. 273, p. 11401-11404, 1998.

KIM, S. G.; KIM, K. W.; PARK, E. W.; CHOI, D. Silicon-induced cell wall fortification of rice leaves: a possible cellular mechanism of enhanced host resistance to blast. **Phytopathology**, v. 92, p.1095-1103, 2002.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**. GPSi-ICIAG-UFU. 3. ed. Uberlândia: GPSi- ICIAG-UFU, 2004. 23 p. (Boletim Técnico 01).

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. 140f. **Tese de doutorado**, Área de concentração em fitopatologia, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba- SP. 2007.

KUHN, O. J.; PASCHOLATI, S. F. Custo adaptativo da indução de resistência em feijoeiro mediada pela rizobactéria *Bacillus cereus* ou acibenzolar-S-metil: atividade de

enzimas, síntese de fenóis e lignina e biomassa. **Summa Phytopathologica**, v.36, n. 2, p. 107-114, 2010.

KUSS, C. C.; ROGGIA, R. R K, BASSO, C. José.; OLIVEIRA, M. C. N.; PIAS, O. H. de C.; ROGGIA, S. Controle de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em soja com inseticidas químicos e biológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.5, p.527-536, 2016.

KNORZERA, O. C.; LEDERERA, B.; DURNERB, J.; BOGERA, P. Antioxidative defense activation in soybean cells. **Plant Physiology**, v.107, p. 294–302.1999.

LIMA, A.; LARA, F. M. Resistência de genótipos de soja à mosca branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, p. 71-75, 2004.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. – Rio de Janeiro: AS-PTA – Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, p. 190, 2011.

LORENCETTI, G. A. T.; MAZARO, S. M.; POTRICH, M.; LOZANO, E. R.; BARBOSA, L. R.; LUCKMANN, D.; DALLACORT, S. Alternative Products for *Thaumastocoris*. Alternative Products for *Thaumastocoris peregrinus* Control and Resistance Induction in Plants. **Floresta Ambient.**, Seropédica , v. 22, n. 4, p. 541-548, 2015 .

MARRIOTT, J.; BEEN, B.O.; PERKINS, C. The aethiology vascular streaking in cassava roots after harvest: association with water loss from wounds. **Plant Physiology**, v.44, p.38-42, 1978.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica básica**. 4. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2015. xii, 392 p. ISBN 9788527727730.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v.13, p.1091-1101, 1972.

MAZARO, S. M. Indução de resistência à doenças em morangueiro pelo uso de elicitores. 2007.86f. **Tese de Doutorado**, Programa de Pós - graduação em Agronomia / Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitário, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; DE GOUVÊA, A.; LUCKMANN, D.; GUIMARÃES, S. S. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja em resposta a derivados de folhas de pitangueira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.7, p.1824-1829, 2008.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic and reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, Washington, v.31, p.426-428, 1959.

MISSÃO, M. R. Maringá Management: **Revista de Ciências Empresariais**, v. 3, n.1 - p.7-15, 2006.

MORAES, J.; FERREIRA R.S.; COSTA. R. R. Indutores de resistência à mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo b (GENN., 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1260-1264, 2009.

MOSCARDI, F. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. 859 p. ISBN 9788570351395

MULLER, L. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: **Tecnologias de produção e usos da soja**. Londrina, PR: Mecenaz, 2009. 314 p. ISBN 9788589687089. 1981.

NAVAS-CASTILLO, J.; FIALLO-OLIVÉ, E.; SÁNCHEZ-CAMPOS, S. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. **Annual Review of Phytopathology**, v. 49, n. 1, p. 219– 48, 2011.

NELSON, D. L.; COX, M. M.; LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2011. xxx, 1273 p. ISBN 9788536324180

NOJOSA, G. B. De A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, Á. V. **Uso de fosfitos na indução de resistência**. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Eds.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: FEALQ, 2005 cap.6, p.139-153.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; BARGUIL, B. M.; MORAES, S. R. G.; VILAS BOAS, C. H. Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma. **Summa Phytopathologica**, v. 35, n.1, p. 60-62 .2009.

OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Crop losses and the economic impact of insect pests on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, v.56, p.50-54, 2014. DOI: 10.1016/j.cropro.2013.10.022.

PAES, J. B.; DINIZ, C. E. F.; MARINHO, I. V.; LIMA, C. D. Avaliação do potencial tanífero de seis espécies florestais de ocorrência no semi-árido brasileiro. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 232-238, 2006.

PANSERA, M. R.; SANTOS, A. C. A.; PAESE, K.; WASUN, R.; ROSSATO, M.; ROTA, L. D.; PAULETTI, F. G.; SERAFINE, L. Análise de taninos em plantas aromáticas e medicinais cultivadas no Nordeste do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 1, p.17-22, 2003.

PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B. Mecanismos bioquímicos de resistência às doenças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.2, p.1-51, 1994.

PASCHOLATI, S. F. Resultados com resistência induzida no Brasil. In: Simpósio de biologia molecular da resistência de plantas a patógenos: aplicações no manejo integrado de fitodoenças, Lavras, 2002. **Resumos**. Lavras: UFLA, p.120, 2002.

PATTERSON, M.; ALYOKHIN, A. Survival and development of Colorado potato beetles on potatoes treated with phosphite. **Crop Protection**, v. 61, p. 38-42, 2014.

PEITER-BENINCA, C.; FRANZENER, G.; ASSI, L.; IURKIV, L.; ECKSTEIN, B.; COSTA, V. C.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Indução de fitoalexinas e atividade de peroxidases em sorgo e soja tratados com extratos de basidiocarpos de *Pycnoporus sanguineus*. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n. 3, p. 285-292, 2008.

PEIXOTO, M. L.; MORAES, J. C.; SILVA, A. A.; ASSIS, F. A. Efeito do silício na preferência para oviposição de *Bemisia tabaci* biótipo B (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 35, n. 3, p. 478-481, 2011.

PEREIRA, R. R. C.; MORAES, J. C.; PRADO, E.; DACOSTA, R. R.. Resistance inducing agents on the biology and probing behaviour of the greenbug in wheat. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 4, p. 430-434, 2010.

PINTO, D. G.; AGUILAR, M. A. G.; SOUZA, C. A. S.; SILVA, D. M.; SIQUEIRA, P. R.; CAO, J. R.; ZANETTI, L. V. Physiological changes after application of silicon on cocoa and its influence on aphid preference. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p.360-367, 2012.

PORTA, H.; ROCHA-SOSA, M. Plant lipoxygenases: physiological and molecular features. **Plant Physiology**, v.130, p.15-21, 2002.

POLETTI, M.; ALVES, E. B. Resistência de Mosca-Branca a Inseticidas. **Folheto IRAC-BR**, Mogi Mirim SP, 2013.

POWELL, G.; TOSH, C. R.; HARDIE, J. Host plant selection by aphids: behavioral, evolutionary, and applied perspectives. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 309–330, 2006.

PRATISSOLI, D.; DIAS DE ALMEIDA, G.; JÚNIOR, J.; CINTRA, W.; VICENTINI, V. B.; MATHIAS HOLTZ, A.; GORONCI COCHETO, J. Fertilizante organomineral e argila silicatada como indutores de resistência à varíola do mamoeiro. **Idesia** (Arica), v. 25, n. 2, p. 63-67, 2007.

PRATT, C. W.; KATHLEEN, C. **Bioquímica essencial**. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, 2006. xix, 716 p. ISBN 8527711281.

QUEIROZ, P. R.; MARTINS, E. S.; KLAUTAU, N.; LIMA, L.; PRAÇA, L.; MONNERAT, R. G. Identification of the B, Q, and native Brazilian biotypes of the *Bemisia tabaci* species complex using Scar markers. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.51, n.5, p.555-562, maio, 2016.

QUINTELA, E.; HIROSE, E. Atualização sobre mosca branca e helicoverpa. **Reunião da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva do Feijão**, Brasília, 2013.

RABELLO, A. R.; QUEIROZ, P. R.; SIMÕES, K. C.; HIRAGI, C. O.; LIMA, L. H.; OLIVEIRA, M. R. V.; MEHTA, A. Diversity analysis of *Bemisia tabaci* biotypes: RAPD, PCRRFLP and sequencing of the ITS1 rDNA region. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirao Preto, v. 31, p. 585-590, 2008.

RASKIN, I. Role of Salicylic Acid in Plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 43, n. 1, p. 439-46, 1992.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara Koogan, c 2007. xxi, 830 p. ISBN 9788527712293

RESENDE, M. L. V.; COSTA, J. C. B.; CAVALCANTI, F. R.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; CAMILO, F. R. Seleção de extratos vegetais para indução de resistência e ativação de respostas de defesa em cacauero contra a vassoura-de-bruxa. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 213-221. 2007.

RODRIGUES, A. A. C.; NETO, E. B.; COELHO, R. S. B. Indução de resistência a *Fusarium oxysporum* f. sp. tracheiphilum em caupi: eficiência de indutores abióticos e atividade enzimática elicitada. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 5, p. 492- 499,2006.

RODRIGUES, E.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Fungitoxicidade, atividade elicitora de fitoalexinas e proteção de alface em sistema de cultivo orgânico contra *Sclerotinia sclerotiorum* pelo extrato de gengibre. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 124-128, 2007.

ROESSING, A. C.; SANCHES, A. C.; MICHELLON, E. **As Perspectivas de Expansão da Soja**. Anais dos Congressos. XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto. São Paulo, 2005.

ROJAS, C. M.; SENTHIL-KUMAR. M.; TZIN, V.; MYSORE, KS. Regulação do metabolismo primário das plantas durante as interações planta-patógeno e sua contribuição para a defesa da planta. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, n. 17, 2014.

SANTOS, A. A. D.; DEOTI, J. R.; MÜLLER, G.; DÁRIO, M. G.; STAMBUK, B. U.; ALVES JUNIOR, S. L. Dosagem de açúcares redutores com o reativo DNS em microplaca. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas , v. 20, e 2015113, 2017.

SIEGRIST, J. Adverse health effects of effort-reward imbalance at work: **Theory**, empirical support and implications for prevention. In: COOPER, C.L. (Ed.), *Theories of Organizational Stress*. Oxford University Press, Oxford, p. 190-204. 1998.

SILVA, G. G.; PRAÇA, E. F.; MENEZES, J. B.; GOMES JUNIOR, J.; VIEIRA, C. P. G. Qualidade de híbridos de melão após a aplicação de imidacloprid para controle de mosca-branca. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 3, p. 179-182, 2000.

SILVA, R. D. N. U.; MONTEIRO, V. N. U.; ALCANFOR, J. D.; ASSIS, E. M. U.; ASQUIERI, E. R. Comparação de métodos para a determinação de açúcares redutores e totais em mel. **Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 337-341, 2003.

SILVA, F. A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance. In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2009, Reno. Proceedings of the 7th **World Congress on Computers in Agriculture**. St. Joseph: ASABE, 2009. v. CD-Rom. p.1-5

SILVA, A. Da.; LIMA, E.P. De.; BATISTA, H. A. Importância Da Soja Para O Agronegócio Brasileiro: Uma Análise Sob O Enfoque Da Produção, Emprego E Exportação. **V Encontro De Economia Catarinense**, p.1–21. 2010.

SILVA, V. F. da.; MORAES, J. C.; MELO, B. A. Fontes de silício na indução de resistência a insetos-praga e no desenvolvimento de plantas de batata inglesa. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 149-156, 2010.

SMILLIE. R.; GRANT. B. R; GUEST. D. The Mode of Action of Phosphite: Evidence for Both Direct and Indirect Modes of Action on Three *Phytophthora* spp. in **Plants Phytopathology**, v. 79, n. 9, 1989.

SMITH, C. M.; CLEMENT, S. L. Molecular bases of plant resistance to arthropods. **Annu. Review of Entomology**, v. 57, p. 309–328, 2012.

SOBRINHO, A. S.; FERREIRA, P. T. de O.; CAVALCANTI, L. S. **Indutores abióticos** In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. (Eds.). Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos. Piracicaba: FEALQ, cap.3, p.51-80, 2005.

STADNIK, M.J.; BUCHENAUER, H. Inhibition of phenylalanine ammonia-lyase suppresses the resistance induced by benzothiadiazole in wheat to *Blumeria graminis* f.sp. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, London, v. 57, p. 25-34, 2000.

STICHER, L.; MAUCH MANI, B.; METRAUX, J. P. Sistemic acquired resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v 35, p 235-270, 1997.

STRACK, D.. Phenolic metabolism, p.387-416. In DEY. P.M.; HARBORNE, J.B. (eds.), **Plant biochemistry**, London, Academic Press, p. 554, 1997.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TAUZIN, A. S.; GIARDIN, T. Sucrose and invertases, a part of the plant defense response to the biotic stresses. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 293, 2014.

TAMAI, M. A.; MARTINS, M. C.; LOPES, P.V.L. Perda de produtividade em cultivares de soja causada pela mosca-branca no cerrado baiano. **Comunicado Técnico** 21, Fundação BA. 7p. 2006.

TAVARES, G. M.; LARANJEIRA, D.; LUZ, E. D. M. N.; SILVA, T. R.; PIROVANI, C. P.; DE RESENDE, M. L. V.; JÚNIOR, P. M. R. Indução de resistência do mamoeiro à podridão radicular por indutores bióticos e abióticos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1416-1423, 2010.

TERRA, C. E. P. Da S. Avaliação de genótipos e indutores de resistência no controle da pinta-preta do mamoeiro. **Dissertação**. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Campos dos Goytacazes – RJ JUNHO – 2009

TIMBÓ, R. V.; HERMES-LIMA, M.; SILVA, L. P.; MEHTA, A.; MORAES, M. C. B.; PAULA, D. P. Biochemical aspects of the soybean response to herbivory injury by the brown stink bug *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). **PloS one**, v. 9, n. 10, p. e109735, 2014.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, Norman F. **Estudo dos insetos**. São Paulo: Cengage Learning, p. 809, 2013.

TROUVELOT, S. HÉLOIR, MC. POINSSOT, B. Carboidratos na imunidade e proteção das plantas: papéis e aplicações potenciais como pulverizações foliares. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, p. 592, 2014.

TRUGILHO, P. F.; MORI, F. A.; LIMA, J.T.; CARDOSO, D. P. Determinação do teor de taninos na casca de *Eucalyptus* spp., **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 2. p. 246-254, jul./dez. 2003.

TSCHARNTKE, T.; THIESSEN, S.; DOLCH, R.; BOLAND, W. Herbivory, induced resistance, and interplant signal transfer in *Alnus Glutinosa*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 29, p.:1025-1047, 2001.

VALLE, G. E.; LOURENÇÃO, A. L.; PINHEIRO, J.B. Adult attractiveness and oviposition preference of *Bemisia tabaci* biotype B in soybean genotypes with different trichome density. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 85, n. 4, p. 443, 2012.

VENDRAMIM, J.D.; FRANÇA, S.C. Indução de resistência a insetos. In: CAVALCANTI, L.S.; PIERO di, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V. de; ROMEIRO, R.S. da. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. v.13, cap.11, p.219-234.

VENTER, E.; MANSOOR, C. V.; SIBISI, P.; BOTHA, A. M. Potassium phosphate induces tolerance against the Russian wheat aphid (*Diuraphis noxia*, Homoptera: Aphididae) in wheat. **Crop Protection**, v. 61, p. 43-50, 2014.

VIECELLI, C. A.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F. Indução de resistência em feijoeiro por filtrado de cultura de *Pycnopus sanguineus* contra *Pseudocercospora griseola*. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n.2, p. 87-96, 2009.

VOELCKEL, C.; WEISSER, W.W.; BALDWIN, I. T.; An analysis of plant-aphid interactions by different microarray hybridization strategies. **Molecular Ecology**, v. 13, n. 10, p. 3187-95 2004.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de bioquímica: a vida em nível molecular**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. xviii, 1241p. ISBN 9788536313474.

YOSHIDA, S. Chemical aspects of the role of silicon in physiology of the rice plant. **Bulletin National Institute of Agriculture and Science**, v. 15, p. 1-58, 1975.

ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado de doenças e pragas: hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2007. xxvi, 627 p. ISBN 9788560027170.

ZAREIE, R.; MELASON, D. R.; MURPHI, P. J. Isolation of fungal cell wall degrading proteins from barley (*Hordeum vulgare* L.) leaves infected with *Rhynchosporium secalis*. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, St. Paul, v. 15, n. 10, p. 1031-1039, 2002.

ZARATE, S. I.; KEMPEMA, L. A.; WALLING, L. L. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. **Plant Physiology**, v. 143, n. 2, p. 866-875, 2007.

ZÜST, T.; AGRAWAL, A. A. Mechanisms and evolution of plant resistance to aphids. **Nature Plants**, v. 2, p. 15206, 2016.

ZHOU, S.; LOU, Y.R.; TZIN, V.; JANDER, G. Alteration of Plant Primary Metabolism in Response to Insect Herbivory, **Plant Physiology**, v. 169, n. 3, p. 1488-1498; DOI: 10.1104 / pp.15.01405, 2015.

WANG, X.; CHEN, H.; SHAN, Z.; HAO, Q.; ZHANG, C.; YANG, Z.; JIAO, Y. Herbivore defense responses and associated herbivore defense mechanism as revealed by comparing a resistant wild soybean with a susceptible cultivar. **The Crop Journal**, v.3, n.6, p. 451-467, 2015.

WIRTH, S. J.; WOLF, G. A. Micro-plate colorimetric assay for endo-acting cellulase, xylanase, chitinase, 1,3- $\beta$ -glucanase and amylase extracted from forest soil horizons. **Soil Biology and Biochemistry**, Mandan, v. 24, p.511-519, 1992.