

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA- DOUTORADO

GISLAINE GABARDO

**MANEJO DE DOENÇAS COM PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E
ASSOCIADOS A FUNGICIDA NA CULTURA DA SOJA**

PONTA GROSSA

2018

GISLAINE GABARDO

**MANEJO DE DOENÇAS COM PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E
ASSOCIADOS A FUNGICIDA NA CULTURA DA SOJA**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Ponta Grossa para obtenção do título de Doutora em Agronomia - Área de concentração: Agricultura.

Linha de pesquisa: Manejo Fitossanitário.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maristella Dalla Pria

PONTA GROSSA

2018

G112 Gabardo, Gislaine
Manejo de doenças com produtos alternativos isolados e associados a fungicida na cultura da soja/ Gislaine Gabardo. Ponta Grossa, 2018.
165 f.; il.

Tese (Doutorado em Agronomia – Área de Concentração – Agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Maristella Dalla Pria

1. *Glycine max*. 2. *Phakopsora pachyrhizi*. 3. *Microspora diffusa*. 4. *Bacillus subtilis*. 5. Quitosana. 6. Hipoclorito de sódio. I. Carvalho, Silvia Méri. II. . Universidade Estadual de Ponta Grossa- Doutorado em Agronomia. III. T.

CDD : 551.48



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

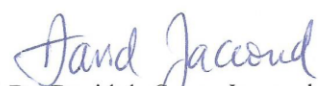
Título da Tese: “**Manejo de doenças com produtos alternativos isolados e associados a fungicidas na cultura da soja**”.

Nome: Gislaine Gabardo

Orientador: Maristella Dalla Pria

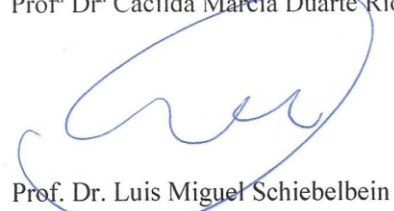
Aprovado pela Comissão Examinadora:


Prof.^ª Dr.^a Maristella Dalla Pria


Prof. Dr. David de Souza Jaccoud Filho


Prof.^ª Dr.^a Cacilda Márcia Duarte Rios Faria


Dr. Nilceu Ricetti Xavier Nazareno


Prof. Dr. Luis Miguel Schiebelbein

Data da Realização: 05 de dezembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e por todas as bênçãos recebidas.

A Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela excelente formação acadêmica.

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

Aos meus pais Jair Afonso Gabardo e Lúcia Gabardo, pela força e dedicação para que assim conseguisse alcançar meus objetivos.

À Prof^a. Dr^a. Maristella Dalla Pria, pelo seu apoio, orientação e confiança.

Ao professor Dr. Eduardo Augusto Agnellos Barbosa, pela ajuda e disponibilidade na realização das avaliações.

Ao professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Jeferson Zagonel pela ajuda e apoio.

Ao meu marido, Henrique Luis da Silva, pelo carinho, apoio e compreensão nos momentos difíceis da realização do trabalho.

Aos colegas de trabalho que em muito ajudaram na instalação e condução do trabalho: Luis Gustavo Marques Pinheiro Silva, Isabella Bueno Quirrenbach, Rafaela Fernanda Oliveira Dalecio, Diego Eloy Carneiro e Dácio Antonio Benassi.

Aos professores Dr. David de Souza Jaccoud Filho, Dr. Luis Miguel Schiebelbein e Dra. Cacilda Márcia Duarte Rios Faria e ao Dr. Nilceu Ricetti Xavier Nazareno, pela participação na banca e pelas sugestões que contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de produtos alternativos isolados e associados a fungicida em diferentes épocas de semeadura na eficiência no controle de doenças foliares, alterações fisiológicas, desfolha, componentes de rendimento, produtividade e qualidade fisiológica das sementes obtidas na cultura da soja (*Glycine max*). Foram conduzidos experimentos à campo em Ponta Grossa, PR, Brasil, durante as safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 com as cultivares NA 5909 e TMG 7062. Os tratamentos para os experimentos foram: 1 - testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2 - *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1), 3 - *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) associado a azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 4 - quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1), 5 - quitosana 1% (V4 e V6) associado a azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 6 - enxofre (V4, V6, R1 e R5.1), 7 - enxofre (V4 e V6) associado a fungicida (R1 e R5.1), 8 - hipoclorito de sódio (V4, V6, R1 e R5.1), 9 - hipoclorito de sódio (V4 e V6) associado a azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 10 - azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 11 - azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1). Em todos os tratamentos com fungicida foi adicionado o adjuvante Nimbus® (0,5 v/v). Na semeadura em outubro ocorreu a menor severidade de doenças. A área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) da ferrugem asiática foi menor na cultivar TMG 7062, nas duas épocas de semeadura e safras. Em todas as safras e épocas de semeadura, os tratamentos alternativos com enxofre e quitosana (isolados), os tratamentos alternativos associados ao fungicida e o fungicida aplicado duas e três vezes, diminuíram a severidade da ferrugem asiática e do oídio nas duas cultivares. O fungicida elevou os teores de clorofila α , β e total na cultivar TMG 7062. A cultivar TMG 7062 apresentou maior condutância estomática, assimilação de CO₂ e transpiração, em relação à NA 5909. A desfolha foi reduzida para as duas cultivares nos tratamentos com enxofre isolado; os produtos alternativos associados ao fungicida e o fungicida aplicado em duas ou três vezes, em todas as safras e épocas de semeadura. Os componentes de rendimento afetados foram o número de vagens por planta e a massa de mil grãos. Houve redução na produtividade quando a cultura foi semeada em dezembro. A cultivar TMG 7062, na primeira época de semeadura não respondeu aos tratamentos para a produtividade. Os tratamentos com fungicida, enxofre, bem como os produtos alternativos associados, evitaram danos a produtividade em todas as épocas de semeadura, safras e cultivares. Destacou-se o tratamento de enxofre associado ao fungicida que foi equivalente ao tratamento com fungicida aplicado três vezes, havendo possibilidade da inserção desta estratégia de manejo pelos produtores da região. Com relação as sementes obtidas, a cultivar NA 5909 apresentou maiores valores de germinação que a TMG 7062. Os produtos alternativos testados não apresentaram efeitos fitotóxicos à germinação das sementes das duas cultivares. Na segunda época de semeadura ocorreu menor incidência de patógenos nas sementes fato que pode justificar a maior germinação nesta época para as duas cultivares. Os tratamentos que reduziram a incidência de patógenos nas sementes foram o fungicida isolado, *B. subtilis* e o enxofre, isolados e associados ao fungicida nas duas cultivares analisadas. Não houve diferença para a germinação e sanidade das sementes submetidas a duas ou três aplicações foliares do fungicida.

Palavras chave: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, *Microsphaera diffusa*, *Bacillus subtilis*, quitosana, hipoclorito de sódio, produtividade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the application of alternative products isolated and associated to fungicide in different sowing dates in the control efficiency of foliar diseases, physiological changes, defoliation, yield components, productivity and physiological quality of the seeds obtained in the soybean crop (*Glycine max*). Experiments were conducted in the field in Ponta Grossa, PR, Brazil, during the 2015/2016, 2016/2017 and 2017/2018 growing seasons with cultivars NA 5909 and TMG 7062. Treatments for the experiments were: 1-control (water) (V4, V6, R1 and R5.1), 2- *Bacillus subtilis* strain QST (V4, V6, R1 and R5.1), 3-*Bacillus subtilis* strain QST (V4 and V6) associated with azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 4-chitosan 1% (V4, V6, R1 and R5.1), 5-chitosan 1% (V4 and V6) associated with azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 6-sulfur (V4, V6, R1-R5.1), 7-sulfur (V4 and V6) associated with fungicide (R1 and R5.1), 8-sodium hypochlorite (V4, V6, R1 and R5.1), 9- sodium hypochlorite (V4 and V6) associated with azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 10-azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 11-azoxystrobin + benzovindiflupir (V6, R1 and R5.1). In all treatments, Nimbus[®] adjuvant (0.5 v / v) was added. At the sowing in october the lowest disease severity occurred. The Asian rust area under the disease progress curve (AACPD) was lower in the cultivar TMG 7062, in the two sowing dates and growing seasons. In all growing seasons and sowing dates, alternative treatments with sulfur and chitosan (isolated), alternative treatments associated with fungicide and fungicide applied twice and three times, decreased the severity of Asian rust and powdery mildew in both cultivars. The fungicide increased the levels of chlorophyll α , β and total in cultivar TMG 7062. The cultivar TMG 7062 presented greater stomatal conductance, assimilation of CO₂ and perspiration, in relation to NA 5909. The defoliation was reduced for both cultivars in the treatments with: sulfur isolated; the alternative products associated to the fungicide and the fungicide applied in two or three times, in all the seasons and sowing dates. The yield components affected were the number of pods per plant and the thousand grains weight. There was a reduction in productivity when the crop was sown in December. The cultivar TMG 7062 in the first sowing date did not respond to treatments for yield. The treatments with fungicide, sulfur, as well as the associated alternative products, prevented damages to productivity in all sowing dates, growing seasons and crops and cultivars. The sulfur treatment associated to the fungicide that was equivalent to the treatment with fungicide applied three times was highlighted, being possible the adaption of this management strategy by the producers of the region. Regarding the seeds obtained, the cultivar NA 5909 presented higher values of germination than the TMG 7062. The alternative products tested did not present phytotoxic effects to the seed germination of the two cultivars. In the second sowing dates there was a lower incidence of seed pathogens, which may justify the higher germination for both cultivars. The treatments that reduced the incidence of pathogens in the seeds were the isolated fungicide, *B. subtilis* and sulfur, isolated and associated to the fungicide in the two cultivars analyzed. There was no difference for the germination and sanity of the seeds submitted to two or three foliar applications of the fungicide.

Key words: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, *Microsphaera diffusa*, *Bacillus subtilis*, chitosan, sodium hypochlorite, productivity.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.1 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2015/2016. Ponta Grossa/PR..45
- Tabela 1.2 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2016/2017, Ponta Grossa/PR.....47
- Tabela 1.3 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2017/2018, Ponta Grossa/PR..47
- Tabela 1.4 – Desfolha (%) e componentes de rendimento em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura, cultivar NA 5909 nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.....51
- Tabela 1.5 – Produtividade (kg ha⁻¹) em função em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura outubro e dezembro, cultivar NA 5909, nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.....52
- Tabela 2.1 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro. Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.....67
- Tabela 2.2 – Desfolha (%) e componentes de rendimento em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura outubro e dezembro, cultivar TMG7062. Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.....75
- Tabela 2.3 – Produtividade (kg ha⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura em outubro e dezembro, cultivar TMG 7062. Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.....76
- Tabela 3.1 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microsphaera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, safra 2015/2016, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR.....91
- Tabela 3.2 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microsphaera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, safra 2016/2017, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR.....91

Tabela 3.3 – Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (<i>Glycine max</i>), cultivar NA 5909, safra 2017/2018, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR. Safra 2017/2018.....	94
Tabela 3.4 – Produtividade (kg ha ⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (<i>Glycine max</i>) e da época de semeadura em outubro e em dezembro, cultivar NA 5909. Safras 2015/16, 2016/17 e 2017/18. Ponta Grossa/PR.....	94
Tabela 4.1- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (<i>Microsphaera diffusa</i>) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (<i>Glycine max</i>), cultivar TMG 7062, safras 2016/2017 e 2017/2018, semeadura em outubro e em dezembro. Ponta Grossa/PR.....	111
Tabela 4.2- Produtividade (kg ha ⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (<i>Glycine max</i>) e da época de semeadura em outubro, e em dezembro, cultivar TMG 7062. Safras 2016/17 e 2017/18. Ponta Grossa/PR.....	114
Tabela 5.1 – Assimilação líquida de CO ₂ (A, μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹), condutância estomática (Gs, mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), transpiração foliar (E, mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) e a eficiência fisiológica do uso da água (EUA), nas cultivares TMG 7062 e NA 5909 de soja (<i>Glycine max</i>) e produtos para o controle de doenças fúngicas, safra 2016/2017, Ponta Grossa-PR.....	126
Tabela 5.2 – Assimilação líquida de CO ₂ (A, μmol de CO ₂ m ⁻² s ⁻¹), condutância estomática (Gs, mol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹), transpiração foliar (E, mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) e a eficiência fisiológica do uso da água (EUA), nas cultivares TMG 7062 e NA 5909 de soja e produtos para o controle de doenças fúngicas, safra 2017/2018, Ponta Grossa-PR.....	127
Tabela 5.3 – Teor de clorofila α (CL-A), clorofila β (CL-B) e clorofila total (CL-Total), para a safra 2017/2018, em diferentes cultivares de soja (<i>Glycine max</i>) e produtos para o controle de doenças fúngicas. Ponta Grossa-PR.....	130
Tabela 5.4– Produtividade (kg ha ⁻¹), nas cultivares de soja NA 5909 e TMG 7062 devido a aplicação de produtos, safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa-PR.....	131
Tabela 6.1 – Análise de variância para a germinação (%) de sementes de soja (<i>Glycine max</i>), das cultivares NA 5909 e TMG 7062 semeadas em outubro e dezembro, oriundas de plantas submetidas a diferentes produtos para o controle de doenças. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017 e 2017/2018.....	144
Tabela 6.2 – Análise de desdobramento da interação entre cultivares de soja e épocas de semeadura outubro e dezembro, para a germinação (%) de sementes. Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.....	145

Tabela 6.3 – Análise de desdobramento da interação entre as cultivares de soja (NA 5909 e TMG 7062) e produtos para o controle de doenças fúngicas para a germinação (%) de sementes de soja (<i>Glycine max</i>). Ponta Grossa/PR, safras 2016/2017 e 2017/2018.....	146
Tabela 6.4 – Análise de desdobramento da interação entre produtos para o controle de doenças fungicas e épocas de semeadura (outubro e dezembro), para a germinação (%) de sementes. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.....	147
Tabela 6.5 – Análise de variância para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), em função dos produtos aplicados em campo, na cultivar NA 5909 e TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.....	149
Tabela 6.6 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.....	150
Tabela 6.7 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para os produtos de controle de doenças para a incidência (%) de <i>Phomopsis</i> sp. em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.....	151
Tabela 6.8 – Análise de variância para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), em função dos produtos aplicados em campo, na cultivar NA 5909 e TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.....	153
Tabela 6.9 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.....	154
Tabela 6.10 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para os produtos de controle de doenças para a incidência (%) patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.....	154
Tabela 6.11 – Análise de desdobramento para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para os produtos de controle de doenças para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (<i>Glycine max</i>), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.....	155

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
OBJETIVO	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL	14
A CULTURA DA SOJA	14
FERRUGEM ASIÁTICA	15
OÍDIO	17
MÍLDIO	19
DOENÇAS DE FINAL DE CICLO	20
ALTERAÇÕES NA FOTOSSÍNTESE CAUSADAS POR DOENÇAS	21
CONTROLE DE DOENÇAS	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
CAPÍTULO I – ÉPOCA DE SEMEADURA E PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA	39
1.1 INTRODUÇÃO	41
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	42
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
1.4 CONCLUSÃO	56
1.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	57
CAPÍTULO II – MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA COM PRODUTOS ALTERNATIVOS NA CULTIVAR TMG 7062	61
2.1 INTRODUÇÃO	63
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	64
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
2.4 CONCLUSÃO	78
2.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	79
CAPÍTULO III – ÉPOCA DE SEMEADURA E PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DO OÍDIO NA SOJA.....	85
3.1 INTRODUÇÃO	87
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	88
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
3.4 CONCLUSÃO	99
3.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	100

CAPÍTULO IV – COMPORTAMENTO DA CULTIVAR TMG 7062 MANEJADA COM PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DO OÍDIO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA.....	104
4.1 INTRODUÇÃO	106
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	107
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	109
4.4 CONCLUSÃO	117
4.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	118
CAPÍTULO V – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DAS CULTIVARES DE SOJA NA 5909 E TMG 7062 SUBMETIDAS A DIFERENTES PRODUTOS NO CONTROLE DE DOENÇAS	121
5.1 INTRODUÇÃO	123
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	124
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	126
5.4 CONCLUSÃO	134
5.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	135
CAPÍTULO VI – QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA PROVENIENTES DE PLANTAS TRATADAS COM PRODUTOS ALTERNATIVOS E FUNGICIDA.....	139
6.1 INTRODUÇÃO	141
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	142
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	144
6.4 CONCLUSÃO	157
6.5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	158
CONCLUSÃO GERAL	162
ANEXOS	163
Anexo 1 - Precipitação e Temperaturas Safra 2015/2016	163
Anexo 2 - Precipitação e Temperaturas Safra 2016/2017	164
Anexo 3 - Precipitação e Temperaturas Safra 2017/2018	165

INTRODUÇÃO GERAL

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal oleaginosa produzida e consumida à nível mundial. Tal fato se deve pela sua importância tanto para o consumo animal, pelo do farelo da soja, quanto para o consumo humano, pelo óleo (USDA, 2018). No Brasil, a partir de 1970 a produção de soja passou a ser de grande importância para o agronegócio, fato justificado pelo aumento das áreas cultivadas e principalmente, pelo aumento da produtividade pela utilização de novas tecnologias (MEDINA, 2015).

Há diversos fatores que interferem negativamente no desenvolvimento da cultura, entre esses a ocorrência de doenças. Aproximadamente 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus já foram identificadas no Brasil (HENNING et al., 2014). A importância econômica de cada doença varia de ano para ano e de região para região dependendo das condições climáticas de cada safra (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

As práticas de monocultura, alta densidade de semeadura e uso de cultivares suscetíveis contribuem para o aumento da ocorrência e intensidade de diversas doenças, resultando em diminuição do rendimento de grãos (REIS; CASA; BLUM, 2004; GALLOTTI et al., 2005). Os danos anuais de produção são estimados entre 15 a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar dano de quase 100% (HENNING et al., 2014).

O controle das doenças foliares na cultura pode ser obtido pela utilização de métodos genéticos, culturais e químicos (LIEBMAN, 1989; DALLAGNOL et al., 2006; AMORIM et al., 2018). O controle químico é considerado extremamente relevante no modelo de desenvolvimento da agricultura no País, sendo o Brasil maior consumidor de agrotóxicos no mundo (MMA, 2018). Isto eleva o custo de produção da cultura e pode também causar efeitos nocivos ao homem e ao ambiente (PIGNONI; CARNEIRO, 2005), o que torna imprescindível a intensificação de pesquisas que colaborem para o uso racional de agrotóxicos.

Nesse contexto, os processos produtivos adotados na agricultura vêm sofrendo pressão da sociedade para produção de alimentos de forma sustentável e sem resíduos de produtos químicos (STADINIK; TALAMINI, 2004), o que têm levado os pesquisadores a buscarem medidas alternativas para o controle das doenças.

Os produtos alternativos apresentam baixo impacto ambiental, o que torna seu uso no controle de doenças de plantas muito atrativo (PIERO; GARDA, 2008). Porém, por mais que se conheçam seus efeitos no meio científico, trabalhos que busquem avaliar a efetividade deles na cultura da soja ainda são escassos. Além disso, outro aspecto a ser destacado é a aplicação de produtos alternativos sem um critério adequado, o que resulta em falta de recomendação

destes no manejo da cultura (DALLAGNOL et al., 2006; SANTOS et al., 2011; SILVA et al., 2013; CARVALHO; OLIVEIRA, 2013; GABARDO, 2015).

Alguns estudos demonstraram aumento da eficiência de fungicidas quando associados a produtos alternativos no controle de doenças, como reportado por Dallagnol et al. (2006), Santos et al. (2011) e Wutzki et al. (2015) no controle de doenças em soja e trigo. Porém, resultados referentes à aplicação de produtos alternativos associados a fungicidas sobre a severidade de doenças, os componentes de rendimento, a produtividade e a sanidade e germinação de sementes na cultura da soja são escassos, contrastantes e limitados na sua maioria a aplicação de um produto só, e em apenas uma época de semeadura e utilizando apenas uma cultivar.

Deste modo, em função da expressividade de áreas agrícolas cultivadas com soja, fazem-se necessários estudos sobre os efeitos de produtos alternativos, aplicados isoladamente e associados a fungicidas promovendo o controle de doenças com menor impacto ambiental.

OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

- (i) Avaliar o efeito da aplicação isolada de produtos alternativos, e a associação destes a fungicidas, sobre a severidade de doenças na cultura da soja, utilizando duas cultivares (NA 5909 e TMG 7062), em duas épocas de semeadura (outubro e dezembro), em três safras: 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 em sistema de semeadura direta na palha. Além de fornecer alternativas aos agricultores da região para o controle racional de patógenos, refletindo na diminuição do uso de agrotóxicos, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a redução da poluição.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i). Avaliar duas cultivares de soja em relação a resposta aos produtos individualmente e sua associação a fungicida, em relação à sua eficiência na redução da severidade do oídio e da ferrugem asiática nas duas épocas de semeadura e em duas cultivares.
- (ii) Avaliar o efeito da aplicação dos tratamentos sobre a desfolha.
- (iii) Determinar a influência dos produtos isoladamente e sua associação a fungicida, nos componentes de rendimento e na produtividade da soja em sistema de semeadura direta na palha.
- (iv) Determinar a influência dos produtos foliares na germinação e sanidade das sementes colhidas.
- (v) Avaliar o efeito fisiológico (fotossíntese), condutância estomática, transpiração foliar, concentração de CO₂ intercelular, eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação da aplicação dos produtos na cultura.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA GERAL

A CULTURA DA SOJA

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma leguminosa anual da família Fabaceae, originária da Manchúria, região da China, sendo atualmente o grão mais importante economicamente no mundo, pois fornece proteína vegetal para milhões de pessoas e animais, além de ser ingrediente para centenas de produtos químicos, com uso crescente na alimentação humana (NUNES, 2016).

É reconhecida como uma das plantas mais antigas cultivadas do Planeta, explorada no Oriente há mais de cinco mil anos (EMBRAPA, 2017). Em 1919, após o final da Primeira Guerra Mundial, o grão de soja se torna de grande importância no comércio exterior. Em 1921 é considerada um marco da consolidação da cadeia produtiva da soja quando foi fundada a American Soybean Association (APROSOJA, 2014).

A soja no setor agrícola é uma das mais importantes culturas da economia brasileira. O grão é utilizado para fabricação de rações animais e principalmente na fabricação de óleo (CONAB, 2018). No Brasil essa cultura é responsável por 49% da área plantada em grãos, contribuindo significativamente para economia do agronegócio brasileiro, é a cultura que mais cresceu nas últimas três décadas (BRASIL, 2016). A soja tem sido a principal cultura cultivada no país e, pela sua rentabilidade, tem ocupado lugar de outras culturas, mas, principalmente, tem seu avanço sobre áreas de pastagens, que têm sido reconvertidas para o cultivo de grãos (CONAB, 2018).

Atualmente os Estados Unidos é o maior produtor mundial da cultura, com uma produção de 107,9 milhões de toneladas. O Brasil ocupa o 2º lugar, com a produção de 100,6 milhões de toneladas (USDA, 2018), sendo o Mato Grosso o maior produtor de soja brasileiro com 58,868 milhões de toneladas e o Paraná o segundo com 41,136 milhões de toneladas (CONAB, 2018).

Na cultura as doenças exercem um papel importante dentre os fatores restritivos à produção, causando prejuízos financeiros pela necessidade de gastos com seu controle. Aproximadamente 40 doenças foram registradas no Brasil e devido a expansão da soja em novas áreas e da monocultura esse número continua aumentando. Os danos anuais de produção por doenças são estimados de 15 a 20%, entretanto, existem doenças que podem causar danos de até 100% (EMBRAPA, 2017). Dentre elas, destacam-se a ferrugem asiática (*Phakopsora*

pachyrhizi Syd. & P. Syd.), o oídio (*Microsphaera diffusa* Cooke & Peck), o míldio (*Peronospora manshurica* (Naumov) Syd.) e o complexo de doenças de final de ciclo causados por *Septoria glycines* Hemmi e *Cercospora kikuchii* (Matsu. & Tomoyasu) (ALMEIDA et al., 2005; HENNING et al., 2014; GAI, 2017).

FERRUGEM ASIÁTICA

O fungo *P. pachyrhizi* pertence ao Reino Fungi, filo Basidiomycota, classe Pucciniomycetes, ordem Pucciniales e família Phakopsoraceae. Como todos os agentes causadores das ferrugens, *P. pachyrhizi* é um parasita obrigatório e sua manutenção no ambiente depende de hospedeiros vivos (INDEX FUNGORUM, 2015).

A ferrugem asiática foi relatada pela primeira vez no Japão em 1902 (GODOY et al., 2016). Desde a safra brasileira de 2001/2002, tem apresentado grande potencial destrutivo das lavouras, em virtude da desfolha prematura, o que acaba ocasionando danos significativos de 10 a 90% (REIS; CASA; BLUM, 2004). A doença após a safra 2002/03 atingiu praticamente 100% da área de cultivo no Brasil (YORINORI et al., 2005; KUMUDINI et al., 2008).

Nos trópicos, o patógeno sobrevive principalmente na forma de uredósporos que, geralmente, permanecem sobre plantas voluntárias após a colheita. O agente causador da ferrugem asiática produz dois tipos de esporos, os teliósporos e os uredósporos. Os uredósporos, responsáveis pelas epidemias, apresentam formato variando de ovóide a elipsóide, com coloração amarelo-amarronzadas (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). Após a infecção, lesões e pústulas com uredósporos podem aparecer em 7 ou 8 dias. Teliósporos são produzidos em lesões mais antigas, são unicelulares, de formato oblongo a elipsóide apresentando coloração marrom-amarelado (YORINORI et al., 2005).

Os uredósporos são facilmente disseminados pelo vento, para lavouras próximas ou a longas distâncias, porém, não são transmitidos pela semente. Supõe-se que esporos do fungo tenham atravessado o Oceano Atlântico ou o Oceano Pacífico, vindo dos países do Sul da África (Zimbábue e Zâmbia, desde 1998, ou África do Sul, em 2001), onde a doença tem causado severos danos, ou da Austrália, onde a ferrugem asiática ocorre há várias décadas (EMBRAPA, 2017).

Outras formas de disseminação são através da água, insetos e outros agentes disseminadores. A água na forma de respingos tem papel importante na disseminação dos esporos dentro da planta ou para plantas vizinhas, porém o vento é o agente de maior importância (GODOY et al., 2016).

Os esporos, predominantemente os uredósporos, ao atingirem uma planta suscetível, passam para o processo da infecção. *Phakopsora pachyrhizi* pode infectar a cultura a partir dos estádios iniciais de desenvolvimento e as condições ambientais são fundamentais para o seu desenvolvimento. Períodos de molhamento foliar contínuo de 6 a 12 h e temperatura média entre 18 a 26°C favorecem o rápido desenvolvimento da doença (ALVES et al., 2006).

Os uredósporos germinam e produzem o tubo germinativo que cresce pela superfície da folha até formar um apressório. Da base do apressório, desenvolve um *peg* de penetração, que penetra pela cutícula do hospedeiro e pela parede da célula epidermal. A penetração ocorre diretamente através da epiderme, ao contrário das outras ferrugens que penetram através dos estômatos. A colonização ocorre através de micélio intercelular e da emissão de haustórios para o interior das células do hospedeiro (AMORIM et al., 2018). As urédias podem se desenvolver de 5 a 10 dias após a infecção e os uredósporos podem ser produzidos por até três semanas (ZAMBOLIM; PEREIRA; CINTRA, 2012).

Os sintomas da ferrugem podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, como em cotilédones, folhas e hastes, sendo mais característicos nas folhas, principalmente na face abaxial na forma de lesões de 2 a 5 mm de diâmetro, com coloração marrom claro a escura iniciando-se nas folhas mais baixas do dossel (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). A reação do hospedeiro varia de lesões do tipo RB, sem esporulação, até lesões tipo TAN, com esporulação (GODOY et al., 2016). Com o incremento da severidade da doença, ocorrem comumente desfolha e maturação prematura das plantas atacadas. Lesões mais velhas podem se tornar escuras formando eventualmente teliósporos (YORINORI et al., 2005).

A evolução desta doença na América do Sul provocou esforço coletivo de diversas instituições com o objetivo de produzir uma das mais significativas alterações nos diversos conceitos relacionados ao manejo e controle de doenças foliares em cultivos anuais de grande escala. O controle da ferrugem asiática tem sido realizado principalmente com a aplicação de fungicida, de forma calendarizada, com duas a três aplicações em média que se iniciam a partir do florescimento. Os fungicidas utilizados são do grupo das estrobilurinas, triazóis e carboxamidas. O controle químico é o mais utilizado visto que a resistência genética não é totalmente efetiva principalmente em função do fungo apresentar grande variabilidade genética (YORINORI et al., 2005; GODOY et al., 2009).

A utilização de cultivares resistentes seria o método mais viável de controle, mas o número de cultivares com genes de resistência à doença ainda é limitado e sua utilização é associada à utilização de fungicidas para reduzir a possibilidade de suplantação. Os fungicidas, mesmo com o aumento no número de cultivares resistentes, continuarão representando a

principal ferramenta para viabilizar o cultivo da soja na presença da doença (MARQUES, 2014).

O fator de maior relevância para o controle químico é o momento da aplicação. Aplicações realizadas de forma preventiva têm propiciado maior eficiência de controle, além do período residual dos fungicidas ser preservado. As aplicações realizadas de forma curativa além de comprometer a eficácia do fungicida, são realizadas após a planta já ter sofrido o estresse metabólico, devido à interação patógeno-hospedeiro, no sentido de impedir o progresso da doença. O vazio sanitário, período de 60 a 90 dias durante a entressafra sem soja no campo, reduz a sobrevivência do fungo, evitando assim o surgimento precoce da doença na safra. O vazio sanitário da soja no Paraná foi de 10 de junho a 10 de setembro de 2018 (ADAPAR, 2018).

OÍDIO

O fungo causador do oídio na soja é *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk., que a partir da safra 1996/97 ganhou destaque dentre as doenças que afetam a cultura nas Regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil, sendo uma doença comum, disseminada em todas as regiões produtoras do país (FORCELINI, 2004; GONÇALVES et al., 2006; GODOY et al., 2016).

É um parasita obrigatório, que depende do hospedeiro vivo para sua sobrevivência crescimento e reprodução. A sobrevivência do patógeno, nas regiões tropicais e subtropicais, ocorre através de micélio e conídios produzidos pelo fungo em plantas do próprio hospedeiro, em plantas daninhas ou em plantas voluntárias (GODOY et al., 2016).

O fungo é disseminado pelo vento a longas distâncias que distribui os conídios e se espalha pela lavoura de forma generalizada, a água também pode atuar como agente de disseminação, principalmente na forma de respingos, espalhando os conídios dentro da própria planta e para plantas vizinhas (BEDENDO; MASSOLA; AMORIM, 2011). Chuvas intensas podem retirar as estruturas do fungo encontradas na superfície do hospedeiro, prejudicando o seu desenvolvimento e sua dispersão (GODOY et al., 2016). As plantas das bordas das lavouras apresentam níveis mais altos de severidade em função da menor duração do molhamento foliar (FORCELINI, 2004).

Ao atingir a superfície da folha, os conídios podem iniciar o processo de infecção, porém os conídios não germinam quando se forma um filme de água na superfície foliar, porém exigem um teor de umidade relativa próxima de 95% (BEDENDO; MASSOLA; AMORIM, 2011). O conídio dá origem ao tubo germinativo, em cuja extremidade forma-se o apressório. O

apressório adere à superfície da folha e produz uma hifa fina, que rompe a cutícula e a parede da célula epidérmica. Dentro da célula da planta, o ápice da hifa dilata-se e ramifica-se, formando o haustório, retirando do citoplasma da célula os seus nutrientes (GODOY et al., 2016).

A infecção pode ocorrer em qualquer estágio de desenvolvimento da soja, sendo mais visível por ocasião do início da floração, R1 (início do florescimento) e R6 (formação completa de sementes), afetando a fotossíntese e a transpiração. O patógeno pode se desenvolver em toda parte aérea da planta. As partes afetadas apresentam uma fina cobertura esbranquiçada pulverulenta, constituída por micélios, conidióforos e conídios. Com o passar dos dias, a coloração branca do fungo muda para castanho acinzentado nas folhas, podendo causar seca e queda prematura das folhas (GODOY et al., 2014). Na haste e pecíolos, a estrutura do fungo adquire uma coloração que varia de branca a bege, contrastando com a epiderme da planta, que adquire coloração arroxeada a negra. Em situações de alta severidade e cultivares altamente suscetíveis, a colonização das células da epiderme das hastes impede a expansão do tecido cortical e causa engrossamento do lenho, rachaduras das hastes e cicatrizes superficiais (YORINORI, 1997).

Condições de baixa umidade relativa do ar e temperaturas amenas (18 a 24°C) são favoráveis ao desenvolvimento do fungo, sua ocorrência é mais frequente em regiões altas, onde predominam temperaturas noturnas amenas (GODOY et al., 2014). Quanto mais cedo a infecção se iniciar, maior será o efeito no rendimento da cultura (IGARASHI et al., 2010) causando danos substanciais em cultivares suscetíveis e condições climáticas favoráveis de 30 a 40% (HENNING et al., 2014).

A queda na produção é em razão ao estresse causado pelo fungo, pois as folhas infectadas consomem solutos orgânicos e inorgânicos mais do que exportam quando são comparadas a folhas saudáveis. Ocorre então, um grande aumento na perda de água devido ao estresse causado pela produção de esporos. O conjunto dessas alterações causam danos significativos no rendimento e na qualidade de grãos (MARTINELLI et al., 2004).

O método mais eficiente de controle do oídio é pelo uso da resistência genética, utilizando cultivares que sejam resistentes a moderadamente resistentes ao fungo (FORCELINI, 2004). Entretanto, existe grande variação na reação de genótipos entre locais para suscetibilidade ao fungo *M. diffusa*, devido a possibilidade de existir diferentes raças fisiológicas entre as populações que ocorrem no Brasil (PEREIRA et al., 2012). O controle químico tem sido usado com frequência pelos agricultores e existem vários produtos registrados para o controle desta doença, dentre eles, os a base de tebuconazole e azoxystrobin +

ciproconazole (SEAB, 2017). Silva et al. (2016) relataram o uso de fungicida (piraclostrobina + epoxiconazole (66,5 + 25 g i.a. ha⁻¹)) em cultivar suscetível (CD 215), aplicado a partir da floração, como um método eficiente no controle deste patógeno.

MÍLDIO

O míldio ocorre em praticamente todas as regiões produtoras de soja no Brasil, principalmente na fase vegetativa da cultura (GODOY et al., 2016). É causado pelo Oomycota *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd., um patógeno biotrófico pertencente ao Reino Stramenopila, Ordem Peronosporales e Família Peronosporaceae.

A sobrevivência ocorre por meio de micélio e esporângios que se mantem em hospedeiros alternativos, em plantas voluntárias. O oósporo é a estrutura de resistência que permite a sobrevivência do patógeno sob condições adversas do ambiente (GODOY et al., 2016). Os agentes de disseminação mais comuns são o vento, que propicia a dispersão de esporângios a longas distâncias e a água, principalmente na forma de respingos que espalha esporângios e zoósporos para as plantas vizinhas e para a própria planta doente ou até o patógeno pode ser introduzido na lavoura por meio de sementes infestadas (AMORIM; RESENDE; BERGAMIM, 2018).

Quando um esporângio alcança a folha de uma planta suscetível, ocorre o início da infecção. O zoósporo liberado na superfície foliar germina somente na presença de um filme de água, produzindo o tubo germinativo (GODOY et al., 2016). O tubo germinativo pode penetrar via ferimento ou estômato, produzindo micélio intercelular e desenvolvendo haustórios intracelulares no hospedeiro. As hifas são cenocíticas e os esporangióforos têm coloração cinza ou violeta claro. Os esporângios são sub-hialinos, levemente elípticos a subglobosos (MILANEZ; PIRES-ZOTTARELLI; GOMES, 2007).

Com a retirada de nutrientes do hospedeiro, o patógeno coloniza intensamente os tecidos. Os primeiros sintomas do míldio aparecem sobre as folhas na forma de pontuações amarelas, que evoluem em diâmetro, podendo atingir até 5 mm e mais tarde acabam por necrosar. As lesões podem coalescer. No verso dessas lesões, na face inferior da folha aparecem estruturas de frutificação do patógeno, de coloração acinzentada formada por esporangióforos e esporângios. Os oósporos têm coloração marrom-clara ou amarela, apresentam parede reticulada e podem sobreviver nas sementes por vários anos. A doença também atinge as hastes, as vagens e as sementes da soja (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

As condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da doença são temperaturas amenas, que variam de 20 a 22°C e umidade elevada, principalmente na fase vegetativa. A esporulação ocorre com temperaturas entre 10 a 25°C e cessa acima de 30°C e abaixo de 10°C (SINCLAIR; HARTMAN, 1999). O micélio do fungo desenvolve-se após a invasão de haustórios nas células, infectando as folhas e as sementes que podem ser recobertas por uma camada de oósporos (PHILLIPS, 1999).

O controle de *P. manshurica* na parte aérea da planta pode representar um importante componente de manejo deste patógeno. A resistência genética é um dos principais métodos de controle do míldio da soja, os genes Rpm (ERSEK et al., 1982) e Rpm2 (LIM, 1989) associados a hipersensibilidade, conferem a resistência a este patógeno.

Pode ser considerada uma doença que raramente causa significativos prejuízos à cultura da soja, contudo existem relatos de danos de 8 a 14% para genótipos suscetíveis (RHANE; RUHL, 2003). Kowata et al. (2008) observaram na cultura da soja, folhas com míldio em estágio avançado da doença, com aproximadamente 80% de sua área coberta com o patógeno. Um fator agravante é que o controle específico para o míldio é totalmente negligenciado na cultura, visto que os fungicidas utilizados no controle das principais doenças foliares da cultura não são eficientes para impedir epidemias dessa doença (KOWATA et al., 2008). Além da resistência genética ao míldio não fazer parte dos programas de melhoramento no Brasil, dessa forma cultivares suscetíveis tem sido amplamente cultivadas. Esses fatores podem contribuir para prejuízos aos produtores brasileiros (SILVA et al., 2013).

DOENÇAS DE FINAL DE CICLO

A mancha parda ou septoriose causada pelo fungo *Septoria glycines* Hemmi, o crestamento foliar de cercospora e a mancha púrpura da semente causadas pelo fungo *Cercospora kikuchii* Orth. são doenças que estão presentes em todas as regiões produtoras de soja do Brasil. Por ocorrerem na mesma época e devido às dificuldades que apresentam nas avaliações individuais, são consideradas como um "Complexo de Doenças de Final de Ciclo" (DFC), podendo reduzir a produtividade da soja em mais de 20% (YORINORI, 1998; ALMEIDA et al., 2005).

Os sintomas causados por *S. glycines* aparecem nas nervuras das folhas ou muito próximos a elas, como manchas de coloração castanho-avermelhada que geralmente são observadas nas folhas inferiores. À medida que as plantas se aproximam da maturação, a doença progride rapidamente para as partes superiores (YORINORI, 1998). Já as lesões causadas por

C. kikuchii podem começar como minúsculas manchas de coloração marrom- arroxeada, que se expandem irregularmente e, assim como as da mancha parda, podem coalescer, necrosando extensas áreas do limbo foliar. O sintoma mais evidente de *C. kikuchii* é observado nas folhas superiores e jovens, que se tornam coriáceas e, quando expostas ao sol, exibem uma tonalidade púrpura (ITO; TANAKA, 1993).

Nos estádios finais do ciclo da cultura, essas doenças ocorrem concomitantemente, causando a queda prematura das folhas provocada pelo amarelecimento e necrose, podendo acelerar a maturação da soja (YORINORI, 1998). Temperaturas de 22 a 30°C associadas a ocorrência chuvas formam condições favoráveis à ocorrência das DFC, contudo a ocorrência de veranico durante o final do ciclo tende a reduzir a incidência (HENNING et al., 2014). Entre as estratégias de controle, deve-se utilizar semente certificada livre do patógeno, tratamento de semente com fungicidas e aplicação de fungicida na parte aérea. Em média duas a três aplicações de fungicidas a base de triazóis associados com estrobilurinas têm sido suficientes para o manejo adequando da doença (GODOY et al., 2016).

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS CAUSADAS POR DOENÇAS

As plantas são constantemente expostas ao ataque de patógenos, como resultado, elas têm desenvolvido mecanismos para reconhecer e defender-se dos danos ocasionados. Uma dessas respostas de defesa é a regulação negativa da fotossíntese. Sugere-se que esta regulação negativa do metabolismo primário, atua como um desvio do mesmo, modulando assim uma cascata de transdução de sinais que levará a respostas de proteção, por aumentar a expressão de genes relacionados à defesa e à produção de metabólitos secundários nas plantas (ROJAS et al., 2014).

O principal efeito visível de patógenos causadores de manchas foliares é a redução da área foliar sadia e fotossintetizante, reduzindo a radiação solar interceptada (RI – radiation interception) e a eficiência no uso da radiação interceptada (RUE – radiation use efficiency) (FERREIRA FILHO, 2012).

Shtienberg (1992), estudando diversos patossistemas, concluiu que a estimativa visual da severidade de manchas foliares nem sempre indica de forma adequada o efeito da doença na atividade fotossintética da folha, podendo o decréscimo na atividade fotossintética (em relação à folha sadia, expresso em porcentagem) ser igual, maior ou menor que a severidade da doença.

Bastiaans (1991), estudando o efeito do patógeno *Pyricularia oryzae* Cavara em arroz aplicando o modelo matemático $P_x/P_o=(1-x) \beta$ para relacionar a severidade da doença com a

taxa fotossintética líquida relativa da folha (P_x/P_o), na qual P_x é a fotossíntese líquida da folha (doente) com severidade x (%), P_o é a fotossíntese líquida média das folhas saudáveis e β expressa a relação entre a lesão virtual e a lesão visual. Valores de β maiores que um indicam que o patógeno reduz a taxa fotossintética no tecido verde remanescente, aparentemente saudável. O parâmetro β tem sido utilizado em diversos patossistemas para determinar o efeito da doença na área foliar infectada (KUMUDINI et al., 2010).

Microrganismos biotróficos, que são menos destrutivos no tecido hospedeiro devido ao seu modo de colonização, geralmente apresentam valores de β próximo ou igual a um. Na cultura da soja, estudos em folhas infectadas com o fungo *P. pachyrhizi* mostraram que a severidade da ferrugem asiática não reflete de forma acurada o impacto da doença na atividade fotossintética das folhas doentes, sendo o impacto maior que a estimativa visual (KUMUDINI et al., 2010).

O fungo *Erysiphe diffusa* desenvolve-se na superfície do hospedeiro, formando uma fina camada de micélio que pode cobrir toda a área foliar. O impacto dessa doença na fotossíntese de folhas infectadas foi descrito como menor do que a severidade β observada. Com 82% de severidade de oídio, as taxas de fotossíntese e de transpiração foram reduzidas a menos da metade comparado a plantas saudáveis (MIGNUCCI, 1977).

Segundo Xavier et al. (2015), folhas de soja infectadas por *C. cassicola* e *E. diffusa* tiveram a taxa de fotossíntese foliar reduzida, quando comparado com as folhas saudáveis. O patógeno pode reduzir a eficiência fotossintética das áreas doentes, mas também áreas assintomáticas próximas a lesão em plantas doentes podem ser afetadas. O valor de β obtido por Xavier et al. (2015) para *C. cassicola* foi maior que um o que indica que houve redução da eficiência fotossintética no tecido lesionado e em parte do tecido assintomático, próximo às lesões. Enquanto que os valores de β obtidos para *E. diffusa*, menores e igual a um, indicam que a redução da taxa fotossintética foi limitada a área das lesões e, nesse caso, a estimativa visual da severidade da doença é um bom indicador do efeito do fungo na taxa fotossintética do hospedeiro.

Os trabalhos acima citados foram realizados sem a aplicação de produtos foliares em casa de vegetação, são escassos trabalhos em campo com a aplicação de produtos alternativos e de fungicida na cultura. A utilização de fungicidas tem causado alterações não apenas no âmbito de controle de doenças, mas causando também alterações fisiológicas nas plantas tratadas (CARMONA et al., 2011).

A retenção foliar, garante que os genótipos de soja mais produtivos utilizem o aparato fotossintético em taxas mais elevadas e por um maior período (ALIYEV, 2012) isso conecta-

se a uma maior janela para o enchimento de grãos, acarretando em uma maior movimentação de fotoassimilados para os grãos, o que posteriormente será refletido em produtividade.

Ao estudar a aplicações de estrubirulinas na cultura da soja, Fagan et al. (2010), encontraram alterações na atividade da nitrato redutase quando a aplicação foi realizada no florescimento. Os mesmos resultados não foram encontrados quando as aplicações foram realizadas no período de enchimento de grãos. Os resultados são importantes, pois há a possibilidade de uma maior assimilação de nitrogênio neste período, consequentemente um armazenamento nos tecidos foliares, possibilitando fornecimento de N nos períodos posteriores a exemplo da fase de enchimento de grãos.

Outros trabalhos como o de Formiga (2015), testando a aplicação foliar de quitosana, em casa de vegetação, verificou que o produto provoca fechamento estomático, e diminuição das demais trocas gasosas analisadas, sugerindo assim, que esse eliciador pode intensificar as respostas de defesa contra o ataque de *E. diffusa*, porém reduções das taxas fotossintéticas também foram observadas pelo autor.

Ajigboye et al. (2014), aplicando o fungicida (epoxiconazole + azoxystrobin) na cultura do trigo em de casa de vegetação demonstraram alterações na fotossíntese e correlação consistente com a produtividade. A aplicação de fungicida pode afetar o teor de clorofila, pois Oliveira (2010), em estudo com a cultivar de soja Conquista e com a aplicação de fungicida (estrobirulina), relatou que a aplicação de fungicida elevou em 7% o teor de clorofila em comparação a testemunha (sem aplicação de fungicida). O maior teor de clorofila resulta na redução do amarelecimento e senescência das plantas, prolongando o período de atividade fotossintética (DE FREITAS FILHO et al., 2014).

CONTROLE DE DOENÇAS

A ampliação da cultura da soja para novas fronteiras agrícolas com diferentes condições edafo-climáticas tem aumentado as demandas por tecnologias que dêem sustentação ao sistema de produção, como o controle das doenças (Godoy et al., 2016).

O controle das doenças foliares na cultura da soja pode ser obtido pela utilização de métodos culturais, biológicos, genéticos e químicos (DALLAGNOL et al., 2006). Para o controle cultural algumas práticas que favorecem o hospedeiro e criam condições desfavoráveis ao patógeno podem ser usadas. A época de semeadura é uma estratégia que busca evitar a época mais favorável do desenvolvimento do patógeno coincida com o estágio fenológico de maior suscetibilidade da cultura. O mesmo deve ser observado para a densidade de semeadura, pois o

adensamento pode propiciar um microclima favorável aos patógenos, resultando em aumento da intensidade da doença (MICHEREFF, 2001).

Em relação ao controle biológico, este é definido como a redução de inóculo realizada por ou através de um ou mais organismos antagonistas que desempenham papel no equilíbrio populacional de organismos patogênicos (BEDENDO; MASSOLA; AMORIM, 2011). Entre as alternativas de controle biológico, destaca-se *Bacillus subtilis* (Cohn), bactéria que habita o solo (RULLER et al., 2006), e o fungo *Trichoderma* spp. no controle do mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) (AMORIM; RESENDE; BERGAMIM, 2018).

O controle das doenças por meio da resistência genética é a forma mais econômica e de melhor aceitação pelo agricultor. Muitas pesquisas têm-se concentrado na obtenção de cultivares resistentes ao fungo causador da ferrugem asiática da soja e até o presente momento já foram relatados na literatura seis genes que condicionam resistência vertical: Rpp1 (MCLEAN; BYTH, 1980), Rpp2 (BROMFIELD; HARTWIG, 1980), Rpp3 (HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp4 (HARTWIG, 1986), Rpp5 (GARCIA et al., 2008) e Rpp6 (PI-567102B) (LI et al., 2012).

As lesões TAN (castanho clara com muitos soros uredinais e abundante esporulação), caracterizam genótipos suscetíveis à ferrugem asiática, enquanto que as lesões RB (castanho-avermelhada com poucos soros uredinais e com pouca ou nenhuma esporulação) caracterizam a reação de resistência dos genótipos (JULIATTI; POLIZEI; JULIATTI, 2004; BONDE et al., 2006). Entretanto, a resistência genética não é totalmente efetiva na cultura, sendo então a utilização de fungicidas o método mais utilizado (PIGNONI; CARNEIRO, 2005).

O controle químico de doenças em plantas é feito principalmente através do uso de fungicidas, que constituem de um grupo com propriedades químicas e biológicas que podem envolver vários princípios em função da natureza do produto, época e técnicas de aplicação e estágio de desenvolvimento da doença (AMORIM; RESENDE; BERGAMIM, 2018). Quando as cultivares não possuem resistência genética ou não são recomendadas para a região, os fungicidas constituem como a principal medida controle de doenças foliares.

No Brasil, os fungicidas têm sido utilizados na cultura da soja no controle principalmente da ferrugem asiática e do oídio. As aplicações ocorrem de forma calendarizada, duas a três aplicações em média, com fungicidas principalmente do grupo das estrobilurinas associados à triazóis (YORINORI et al., 2005; GODOY et al., 2009).

Tem sido utilizado fungicidas que apresentam dois grupos químicos, as carboxamidas e estrobilurinas, destacando-se no mercado pelo potencial de reação sobre a doença, evitando danos a soja (TOLOTI; SOARES; ALBERTON, 2016). Segundo Godoy et al. (2016), a

combinação destes grupos químicos, apresentou a melhor resposta para o controle de ferrugem asiática da soja para o qual foram realizados 30 experimentos em 22 instituições. A aplicação desse fungicida evitou danos e diminuiu a severidade da doença na cultura da soja. Contudo, apesar do uso de fungicidas, a produção nacional de soja tem apresentado danos anuais entre 15 a 20% causados por doenças (EMBRAPA, 2017).

A constante necessidade de controlar as doenças com fungicidas tem ocasionado graves desequilíbrios no ambiente, resultando na contaminação de alimentos, animais e reservas hídricas além de problemas relacionados com a seleção de linhagens resistentes do patógeno (CATELLI, 2009). Além do Brasil ser o maior consumidor de produtos agrotóxicos no mundo (FRIEDRICH et al., 2018).

Diante disso, faz-se necessário a busca de alternativas mais racionais para um adequado programa de manejo de doenças (CAVALCANTI et al., 2005), pois a sociedade está se preocupando com o impacto da agricultura no ambiente e pela contaminação da cadeia alimentar com produtos químicos, fazendo com que sistemas de cultivo mais sustentáveis e menos dependentes do uso de agrotóxicos sejam desenvolvidos (GHINI; BETTIOL, 2000).

Com a preocupação em consumir alimentos saudáveis e levando em consideração a preservação do meio ambiente, existem métodos de controles alternativos naturais ou biodegradáveis e não tóxicos (BONALDO et al., 2005).

A medida mais eficiente para diminuir o aparecimento de resistência de fungos, seria limitar o uso de aplicações de fungicidas (GODOY; MEYER, 2014). Dentre as medidas de controle visando racionalizar o uso de fungicidas, destaca-se a utilização de produtos alternativos com potencial de controle de fitopatógenos ou a alternância com fungicidas buscando o sinergismo entre os mesmos (MORAES et al., 2011). Silva (2016), afirma que produtos alternativos, como o enxofre e *B. subtilis* associados com fungicida tiveram resultados superiores aos produtos aplicados de forma isolada na cultura da soja, recomendando o uso desses produtos associados para manter a produtividade e diminuir o risco de seleção de isolados resistentes a fungicidas.

A busca por novos métodos de controle de doenças de plantas e utilização de produtos alternativos vem aumentando nos últimos anos (SILVA et al., 2013). Entre os produtos alternativos utilizados, tem-se a bactéria *B. subtilis*, a quitosana, o enxofre e o hipoclorito de sódio.

Dentre os microrganismos usados como controle alternativo, encontra-se a bactéria *B. subtilis*, que habita o solo e com frequência é isolada da rizosfera de diversas plantas cultivadas (RULLER et al., 2006). Esta bactéria tem sido comercialmente usada para o controle de doenças

de plantas, assim como para aumentar a produtividade de culturas (NGUGIA et al., 2005; YAO et al., 2006).

Os bio-produtos à base de *B. subtilis* mostram-se efetivos no controle de doenças, assim como na promoção de crescimento em plantas, além de ser menos agressivo ao meio ambiente. O seu uso é uma alternativa no controle de doenças, reduzindo o uso de produtos químicos no campo (FILHO LANNA et al., 2010).

A promoção do bio-controle pode ser de natureza direta ou indireta. O antagonismo direto exercido contra fitopatógenos tem o envolvimento dos conhecidos mecanismos de antibiose, como a síntese de substâncias antimicrobianas, a competição por espaço e nutrientes e a síntese de compostos voláteis. Já o mecanismo indireto se dá pela resistência sistêmica induzida (RSI) (LEELASUPHAKUL et al., 2008).

Segundo Santos (2009), pulverizações com *B. subtilis* QST 713 em concentrações 1, 2, 4% controlaram o oídio em abobrinha (*Sphaerotheca fugilinea* (Schltl.)), promovendo a redução da AACPD nas concentrações 2 e 4%. O produto é comercializado na forma de caldo fermentado, ou seja, além das células do microrganismo, o produto contém seus metabólitos.

O isolado QST 713 de *B. subtilis*, produz iturina, agrastatina/plipastatina e surfactina, entre outros, que inibem a germinação dos esporos e crescimento do tubo germinativo de patógenos, como por exemplo, *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructicola* e *Alternaria brassicicola* (BETTIOL et al., 2012). Peng et al. (2011) também observaram que a mesma reduziu a incidência de *Plasmodiophora brassicae* Woronin (hérnia das crucíferas) em canola sob condições controladas (casa de vegetação), mas seu desempenho em campo foi insatisfatório, porém reduziu a incidência do patógeno em repolho.

A inibição da germinação de esporos de fitopatógenos pelo isolado de *B. subtilis* QST 713 é reconhecida na literatura. Serrano et al. (2013), verificaram que o produto a base de *B. subtilis* foi eficiente no controle da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* (Pons)) em banana.

Agostini et al. (2007), avaliaram o potencial de *B. subtilis* inoculado via sementes, na proteção e no desenvolvimento da soja, para o controle de *Rhizoctonia solani* (Kuhn) e da promoção de crescimento em casa de vegetação. A incidência da doença foi reduzida em 65% com a utilização da bactéria, uma vez que serve como alternativa ao uso de fungicidas, bem como um incremento da produção agrícola, podendo inibir a incidência de doenças radiculares.

Outro produto alternativo é a quitosana, que é um polímero policatiônico β -1,4 ligado à D-glucosamina definido como um diacetilato de quitina, um polissacarídeo natural que pode ser extraído do exoesqueleto de crustáceos, de plantas como algas marinhas e da parede celular

de alguns fungos (TAN et al., 1996). É um indutor abiótico orgânico, obtido a partir da reação de desacetilação parcial da quitina (MATHUR; NARANG, 1990).

A aplicação da quitosana desencadeia a ativação das enzimas antioxidantes em plantas, tais como, desmutase do superóxido (SOD), catalase (CAT) e peroxidase do ascorbato (APX) e de enzimas da via do fenilpropanoide, como a fenilalanina amônia liase (PAL). A biossíntese e o acúmulo dessas enzimas conferem respostas na defesa vegetal, impedindo danos oxidativos (OLIVEIRA; VARANDA; FELIX, 2016).

A quitosana foi estudada com sucesso tanto no uso humano quanto na utilização agrícola como fornecedora de nutrientes e por favorecer o crescimento de plantas, também no controle de patógenos (RAMOS BERGER; STAMFORD; STAMFORD, 2011). Esta pode ser usada como medida alternativa aos fungicidas, para o controle de doenças em plantas, com reflexos positivos do ponto de vista socioeconômico e ambiental (PIERO; GARDA, 2008).

Segundo Oh; Cho; Yu, (1998), a quitosana tem um duplo efeito na interação patógeno-hospedeiro, o efeito antifúngico e a ativação das respostas de defesa da planta com a produção de enzimas. Fredo et al. (2014), analisaram o efeito fungistático de quitosana nas concentrações de 0,25, 0,5, 1 e 2%, em teste *in vitro* no controle de *R. solani* e constataram que as concentrações de 1 e 2% reduziram o crescimento micelial do fungo.

Mazaro et al. (2007), utilizaram a quitosana (1%) como indutor em cotilédones de soja e observaram que o produto mostrou capacidade de induzir a produção de fitoalexinas, podendo ser usado em estudos de indução de resistência.

O enxofre é um macronutriente essencial para as plantas e desempenha funções como a formação de aminoácidos, estando presente em todas as proteínas vegetais. É um nutriente fundamental para altos rendimentos em soja, principalmente por ser um elemento catalisador das reações que envolvem o fósforo nas transformações bioquímicas da soja (VITTI et al., 2007). Além das funções nutricionais, pode estar presente como fungicida, acaricida e inseticida. Age como competidor de receptores de hidrogênio, rompendo as reações normais de hidrogenação e desidrogenação. O enxofre elementar foi um dos primeiros fungicidas utilizados pelo homem. As vantagens são a baixa toxicidade ao homem e animais e também o baixo custo, podendo ser aplicado por polvilhamento ou pulverização (MICHEREFF, 2001).

Zambolim; Pereira; Cintra, (2012), consideram que, nos casos de doenças fúngicas, a proteção promovida pela nutrição mineral equilibrada tem como consequência a formação de eficiente barreira física, com inibição à penetração das hifas ou melhor controle da permeabilidade da membrana citoplasmática. Isso evita a saída de açúcares e aminoácidos para

os espaços intercelulares e constitui barreira química, com a produção ou a formação de compostos fenólicos.

Outro produto alternativo é o hipoclorito de sódio, obtido por meio do borbulhamento de cloro em solução de hidróxido de sódio. Possui propriedades que são oxidantes, branqueantes e desinfestantes. Usado na desinfecção de água potável, tratamento de efluentes industriais, na desinfecção hospitalar, na produção de água sanitária, na lavagem de hortaliças, bem como na utilização na produção de diversos produtos químicos (SANTOS, 2009).

Resende (2009), observou na cultura da soja que não houve diferenças significativas entre as concentrações de 0,2%, 0,4% e 0,6% de hipoclorito de sódio (com oito aplicações do produto) no controle de *E. diffusa*, porém é recomendado mais estudos para a verificação da utilização do sal como alternativa aos tratamentos convencionais.

Em alguns trabalhos, são reportados efeitos negativos dos produtos alternativos, salientando a redução na produtividade, como o de Kuhn e Pascholati (2016) utilizando o acibenzolar-S-metil (ASM) em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Já Faraun et al. (2011) não observaram diferença significativa da produtividade em soja, com a aplicação do mesmo indutor.

No entanto, Carvalho et al. (2013) e Gabardo (2015) observaram que indutores de resistência (Aciben- zolar-S-methyl (ASM) e *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis) não evitaram queda na produtividade da cultura da soja e que usados isoladamente não protegeram a planta contra a ferrugem asiática. Em outros estudos são destacados os efeitos positivos, evitando danos a produtividade (DALLAGNOL et al., 2006; SILVA et al., 2013). Mackenzie (2001) salienta que a utilização do indutor ASM quando incluído como parte integral do programa de manejo de culturas, não melhorou apenas o controle de doenças, mas evitou danos a produtividade e diminui os níveis de doenças na pós-colheita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Disponível em <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=105>> Acesso em: 29 out. 2018.

AGOSTINI, P.; LOTTO, C. M.; VALARINI, J. P.; MELO, S. I. Avaliação do potencial de *Bacillus subtilis* na proteção e no desenvolvimento da soja. **IX Reunião Brasileira sobre Controle Biológico de doenças de plantas**. Nov. 2007. Campinas – SP.

APROSOJA. A história da soja. APROSOJA Brasil. Disponível em: <<http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/a-historia-da-soja/>>. Acesso em: 30 jun 2016.

AJIGBOYE, O. O.; MURCHIE, E.; RAY, R. V. Foliar application of isopyrazam and epoxiconazol e improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v. 114, p. 52-60, 2014.

ALIYEV, J. A. Photosynthesis, photorespiration and productivity of wheat and soybean genotypes. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 145, n. 3, p. 369-383, 2012.

ALMEIDA, A. M. R.; PERREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, A. A. Doenças da soja. In: KIMATI, H., AMORIM, L., BERGAMIM FILHO, A., CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.). Manual de Fitopatologia. Vol. 2: Doenças de plantas cultivadas. São Paulo. Agronômica Ceres. 2005. cap. 64, p. 642-664.

ALVES, E. M. P. D.; GODOY, C. V.; LI, X. B. Predicting severity of Asian rust epidemic with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 96, p. 797-803. 2006.

AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos.vol.1. 5 ed. São Paulo, Editora Agronômica Ceres. 2018. p.239-287.

BASTIAANS, L. Ratio between virtual and visual lesion size as a measure to programa Quant 1.01 (Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil), describe reduction in leaf photosynthesis of rice due to leaf blast. **Phytopathology**, Palo Alto, v. 81, n. 6, p. 611-615, 1991.

BEDENDO, I. P.; MASSOLA JR. N. S.; AMORIM, L. Controles cultural, físico e biológico de doenças de plantas. In: (Ed.) AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. v.1, 4 ed, São Paulo. Ceres, 2011. cap.17, p. 376-386.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.; PINTO, V. Z.; PAULA JUNIOR, T. J.; CORRÊA, E. D.; MOURA, A. B.; LUCON, C. M. M.; COSTA, J. C. B.; BEZERRA, J. L. **Produtos comerciais a base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Embrapa Meio Ambiente, 155 p. (Documentos, 88), 2012.

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-SP. FEALQ. 2005. p. 11-28.

BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; AUSTIN, C. N.; STONE, C. L.; FREDERICK, R. D. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 6, p. 708-716, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento MAPA. 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 16 out. 2016.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, Madison, v. 20, p. 254-255, 1980.

CARMONA, M.; SAUTUA, F.; PERELMAN, S.; REIS, E. M.; GALLY, M. Relationship between late soybean diseases complex and rain in determining grain yield responses to fungicide applications. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.159, n. 10, p. 687-693, 2011.

CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, E. R.; ANDRADE, V. D.; FERREIRA, T. F.; REIS, L. V. Action of defense activator and foliar fungicide on the control of Asiatic rust and on yield and quality of soybean seeds. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 198-206, 2013.

CATELLI, L. L. **Resistência da soja à ferrugem asiática e ao oídio: herança de caracteres quali-quantitativos e mapeamento genético**. 2009, 94 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, 2009.

CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMIERO, R. S. Indução de Resistência em Plantas a Patógenos e a Insetos. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005 p. 252.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_09_10_14_35_09_boletim_graos_abril_2018.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2018.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELAM, R. Use of Acibenzolar-S-Methyl to control foliar diseases of soybean. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

DE FREITAS FILHO, A. M. Fungicidas de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas sob cultivo protegido. 2014. 54f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/doenca.htm>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

ERSEK, T.; HOLLYDAY, M.; KEEN, N. T. Association of hypersensitive host cell death and autofluorescence with a gene for resistance to *Peronospora manshurica* in soybean. **Phytopathology**, Palo alto, v. 72, p. 628-631. 1982.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAM, L. F.; OLIVEIRA, R. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

FARAUN, R. S.; FREITAS LEAL, A. J.; JUNIOR M. T.; LUCHESE, K.U.O.; ALFREDO RICIERI DIAS, A. Produtividade de soja em resposta a aplicação de fungicida Associado a micronutrientes ou indutores de resistência, em XXXIII **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2011.

FERREIRA FILHO, A. S. **Caracterização morfológica e enzimática de isolados de *Corynespora cassiicola* e reação de cultivares de soja à mancha-alvo**. 2012. 84 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.

FILHO LANNA, R.; FERRO, H. M.; PINHO, R. S. C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica**, Ciências Agrárias e Biológicas, v. 4, n. 2, p. 12, 2010.

FORCELINI, A. C. Danos e critérios para o controle químico do oídio. In: REIS, E. M. (Ed.), **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, 2004, p. 17-123.

FORMIGA, J. A. **Avaliação dos efeitos fisiológicos de fungicidas em cultivares de soja de hábito de crescimento determinado e indeterminado**. 2015, 108 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2015.

FREDO, R. A.; MAZARO, M. S.; BRUN, J. E.; JUNIOR, W. A. Quitosana como fungistático no crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1 p. 65-93, jan, 2014.

FRIEDRICH, K.; SOARES, V. E; DA SILVA AUGUSTO, L. G; DO MONTE GURGEL, A; DE SOUZA, M. M. O.; ALEXANDRE, V. P.; CARNEIRO, F. F. AGROTÓXICOS: mais venenos em tempos de retrocessos de direitos. **OKARA: Geografia em debate**, Paraíba, v.12, n. 2, p. 326-347. 2018

GABARDO, G. **Controle de doenças na cultura da soja com produtos alternativos**. 2015, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

GAI, R. **Doenças na cultura da soja.** Disponível em: <<http://www.adama.com/brasil/pt/espaco-do-agricultor/manejo-de-doencas-na-soja.html>>. Acesso em: 11 abr 2017.

GALLOTTI, G. J. M.; JUNIOR, A. A. B.; BACKES R. L. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no progresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 2, p. 87-93, 2005.

GARCIA, A.; CALVO, E. S.; KIIHL, R. A. de S.; HARADA, A.; HIROMOTO, D. M.; VIEIRA, L. G. E. Molecular mapping of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: Discovery of a novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 117, p. 545-553, 2008.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Proteção de plantas na agricultura sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 17, n. 1, p.61-70, jan./abr. 2000.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; PONTE, M. D. P. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 56-61. 2009.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; SOARES, R. M.; SEIXAS, C. D. S.; DIAS, W. P.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; HENNING, A. A. Doenças da Soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Sociedade Brasileira de Fitopatologia. 2014** Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33888117.pdf>> . Acesso em: 10 set 2018.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V.; Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Org.). **Manual de Fitopatologia**. v. 2. Doenças das Plantas Cultivadas. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2016. p. 657-675.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C. **Resistência à fungicidas na cultura da soja, 2014.** Disponível em: <<http://fundacaomeridional.com.br/artigos/2014/11/10/resistencia-a-fungicidas-na-cultura-da-soja>>. Acesso em: 23 abr 2017.

GODOY, C. V.; UTIAMD, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C.B. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2015/16: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, Circular Técnica, 119. 2016. 6 p.

GONÇALVES, E. C. P. Reação de genótipos de soja ao oídio (*Erysiphe diffusa*) em plantio safrinha e convencional na região de Jaboticabal - SP. Disponível em: < www.aptaregional.sp.gov.br/artigo >. Acesso em: 23 out. 2014.

HARTWIG, E. E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 1135-1136, 1986.

HARTWIG, E. E.; BROMFIELD, K. R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 237-239, 1983.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W.P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

IGARASHI, S.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; FALKOSKI, F. J.; GARDIANO, C. G.; BALAN, M. G. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 245-250, abr./jun, 2010.

INDEX FUNGORUM. 2015. Disponível em: < <http://www.indexfungorum.org/> >. Acesso em: 13 jun. 2015.

ITO, M. F.; TANAKA, M. A. S. Soja: principais doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides. Campinas. Fundação Cargill. (Série Técnica, 186). 1993.

JULIATTI, F. C.; POLIZEI, A. C.; JULIATTI, F.C. **Manejo integrado de doenças de soja**. Uberlândia: Composer, 2004. 327p.

KIMATI, H. Controle químico. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (Ed.) **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**.v.1, 4 ed, São Paulo. Ceres, 2011. cap.16, p. 344-345.

KOWATA, L. S.; MAY-DE-MIO, L. L.; DALLA PRIA, M.; SANTOS, H. A. A. Escala Diagramática para avaliar severidade de míldio na soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 105-110, 2008.

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**, Botucatu, v.36, n. 2, p. 107-114, 2016.

KUMUDINI, S.; GODOY, C. S.; BOARD, J. E.; OMIELAN, J.; TOLLENAAR, M. Mechanisms involved in soybean rust- induced yield reduction. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 2334-2342, 2008.

KUMUDINI, S.; GODOY, C. V.; KENNEDY, B.; PRIOR, E.; OMIELAN, J.; BOERMA, H. R.; HERSHMAN, D. Role of host-plant resistance and disease development stage on leaf photosynthetic competence of soybean rust infected leaves. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 6, p. 2535-2542, 2010.

LEELASUPHAKUL, W. Growth inhibitory properties of *Bacillus subtilis* strains and their metabolites against the green mold pathogen (*Penicillium digitatum* Sacc.) of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, v. 48, p. 113-121, 2008.

LI, S. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 125, p. 133-142, 2012.

LIEBMAN, M. **Sistemas de policulturas**. In: Altieri, M. A. (Ed.) Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. p. 240.

LIM, S. M. Inheritance of resistance to *Peronospora manshurica* race 2 and race 33 in soybean. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 79, p. 877-879. 1989.

MARTINELLI, J. A.; BOCCHESI, C. A. C.; XIE, W; O'DONNELL, K.; KISTLER, H. C. Soybean oid blight and root rot caused by lineages of the *Fusarium graminearum* and the production of mycotoxins. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 492-498, 2004.

MARQUES, M. C. **Performance de cruzamentos entre genitores tolerantes a ferrugem asiática**. 2014, 120f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2014.

MATHUR, N. K.; NARANG, K. Chitin and Chitosan, Versatile Polysaccharides from Marine Animals. **Journal Chemical Education**, Ohio, v. 67, p. 11, 1990.

MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; GOUVEA, A.; LUCKMANN, D.; GUIMARÃES, S. S. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja (*Glycine max*) em resposta a derivados de folhas de pitangueira (*Eugenia uniflora*). **I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária**, Dois Vizinhos, out. 2007.

MCKENZIE, D. The development of Acibenzolar-S-Methyl (ASM) for use in crop management. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 256-256, Supl., 2001.

MCLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal of Agricultural Research**, Canberra, v. 31, p. 951-956, 1980.

MEDINA, G.; RIBEIRO, G; BRASIL, E. M. Participação brasileira na cadeia da soja: lições para o futuro do agronegócio nacional. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 13, n. 2, 2015.

MICHEREFF, S. J. **Fundamentos de fitopatologia**. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001. 150 p.

MIGNUCCI, J. S.; BOYER, J. S. Inhibition of photosynthesis and transpiration in soybean by *Microsphaera diffusa*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 3, p. 227-230, 1977.

MILANEZ, A. I.; PIRES-ZOTTARELLI, C. L. A.; GOMES, A. L. Brazilian zoosporic fungi. Conselho Nacional de Pesquisa, São Paulo, 2007, p. 112.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Agrotóxicos. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotóxicos>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

MORAES, W. B.; JESUS JUNIOR, W. C.; BELAN, L. L.; PEIXOTO, L. A.; PEREIRA, A. J. Aplicação foliar de fungicidas e produtos alternativos reduz a severidade do oídio do tomateiro. **Nucleus**, Ituverava, v. 8, n. 2, p.12, 2011.

NGUGIA, H. K.; DEDEJB, S.; DELAPLANEB, K. S.; SAVELLEA, A.; SCHERMA, H. Effect of flower-applied Serenade biofungicide (*Bacillus subtilis*) on pollination-related variables in rabbiteye blueberry. **Biological Control**, California, v. 33, p. 32-38, 2005.

NUNES, L. S. J. **Características da Soja (*Glycine max*)**. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/caracteristicas_361509.html> Acesso em: 22 abr. 2016.

OH, S. K.; CHO, D.; YU, S. H. Development of integrated pest management techniques using biomass for organic farming: I., suppression of late blight and *fusarium* wilt of tomato by chitosan involving both antifungal and plant activating activities. **Korean Society of Plant Pathology**, Suwon, v. 14, p. 278-285, 1998.

OLIVEIRA, L. H. Efeito fisiológico sobre o teor de clorofila em resposta à aplicação de estrobilurina na cultura de soja. 2010. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, M. D. M.; VARANDA, C. M. R.; FÉLIX, M. R. F. Induced resistance during the interaction pathogen x plant and the use of resistance inducers. **Phytochemistry Letters**, Amsterdam, v. 15, p. 152-158, March, 2016.

PENG, G.; MCGREGOR, L.; LAHLALI, R.; GOSSEN, B. D.; HWANG, S. F.; ADHIKARI, K. K.; STRELKOV, S.E.; McDONALD, M. R. Potential biological control of clubroot on canola and crucifer vegetable crops. **Plant Pathology**, Suwon, v.60, p. 566-574, 2011.

PEREIRA, D. G; SEDIYAMA, T; REIS, M. S; CRUZ, C. D; GOMES, J. L. L; TEIXEIRA, R. C. Avaliação da severidade do oídio [*Erysiphe diffusa* (U. Braun & S. Takam)] em genótipos de soja, em condições de campo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 25-30, jul-set., 2012

PHILLIPS, D. V. Downy mildew. In: HARTMAN, G. L., SINCLAIR, J. B., RUPE J. C. (Eds.). **Compendium of soybean diseases**. 4. ed. Saint Paul: APS Press, 1999. p. 18-19.

PIERO, R. M. D.; GARDA, M. V. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1121-1128, 2008.

PIGNONI, E.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Severidade da antracnose em feijoeiro e pinta preta em tomateiro sob diferentes concentrações de óleo de nim em casa de vegetação. **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 68-72, 2005.

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

REIS, E. M.; CASA, R. T.; BLUM, M. M. C. Ferrugem da soja: critério indicador do momento para o controle econômico com fungicida. In: FORCELINI, C. A.; REIS, E. M.; GASSEN, F. (Eds) **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 2004. p. 85-96.

RESENDE, A.; SOUZA, P. I. M. D. E.; SOUZA, J. R. D. E.; BLUM, L. E. B. Influência do hipoclorito de sódio como fungicida na absorção de cálcio e silício pela soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Londrina, v. 8, n. 1-2, p. 25-38, 2009.

RHANE, K.; RUHL, G. Soybean Crop Diseases in corn, soybean and wheat. 2003. Disponível em <<http://www.btny.purdue.edu/extension/pathology/CropDiseases/Soybean/Soybean.html>> Acesso em: 20 set. 2014.

ROJAS C. M.; SENTHIL-KUMAR, M.; TZIN, V.; MYSORE, K. S. Regulation of primary plant metabolism during plant-pathogen interactions and its contribution to plant defense. **Frontiers in Plant Science**. Maidson, v. 3, p. 12-40, 2014.

RULLER, R.; ROSA, J. C.; FACA, V. M.; GREENE, L. J.; WARD, R. J. Efficient constitutive expression of *Bacillus subtilis* xylanase A in *Escherichia coli* DH5 alpha under the control of the *Bacillus* BsXA promoter. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, Miani, v. 43, p. 9–15, 2006.

SANTOS, A. E. **Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtos biocompatíveis**. 2009, 50f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SANTOS, H. A. A.; DALLA PRIA, M.; SILVA, O. C.; MAY DE MIO, L. L. Controle de doenças do trigo com fosfitos e acibenzolar-s-metil isoladamente ou associados a piraclostrobina + epoxiconazole. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 433-442, abr/jun. 2011.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Disponível em: <<http://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

SERRANO, L.; MANKER, D.; BRANDI, F.; CALI, T. The use of *Bacillus subtilis* QST 713 and *Bacillus pumilus* QST 2808 as protectant fungicides in conventional application programs for black leaf streak control. **Acta Horticulturae**, Belgium, v. 986, p. 149-155, 2013.

SHTIENBERG, D. Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 82, n. 7, p. 760-765, 1992.

SILVA, L. G. M. P. **Controle do oídio com indutores de resistência isolados e associados a fungicida na cultura da soja**, Trabalho de conclusão de curso (Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016. 35 p.

SILVA, O. C.; SANTOS, H. A. A.; DESCHAMPS C.; DALLA PRIA, M.; MAY-DE-MIO L. L. Fontes de fosfito e acibenzolar-S-metílico associados a fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 072-077. 2013.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean Rust. In: HARTMAN G. L.; SINCLAIR J. B., RUPE J. C. (Eds.). **Compendium of Soybean Diseases**. Saint Paul, 4 ed. Saint Paul MN. APS Press, 1999, p.25-26.

STADNIK, M. J.; TALAMINI, V.; Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. 5. Ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2004, cap. 3, p. 45-62.

TAN, S. C.; TAN, T. K.; WONG, S. M.; KHOR, E. The chitosan yield of zygomycetes at their optimum harvesting time. **Carbohydrate Polymers**, Maidson, v. 30, p. 239-242, 1996.

TOLOTI, D. S.; SOARES, J. P. C.; ALBERTON, O. Eficiência do fungicida do grupo químico das carboxamida+estrobilurina no controle da Ferrugem Asiática em diferentes estádios da soja. **Arq. Ciência Veterinária**, UNIPAR, Umuarama, v. 19, n. 3, p. 153-157, jul./set. 2016.

USDA -United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br/en/reports/biofuels-annual-2018.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; DE STEFANO PIEDADE, S. M.; DE FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229. 2007.

WUTZKI, C. R.; JACCOUD FILHO, D. S.; VRISMAN, C. M.; JULIATTI, F. C.; NASCIMENTO, A. J. Alternative products to control *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. **Bioscience journal**, Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1423-1431, Sept./Oct. 2015.

XAVIER, S. A.; MELLO, F. E.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Fotossíntese de folhas de soja infectadas por *Corynespora cassiicola* e *Erysiphe diffusa*. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 25-32, 2015.

YAO, A.; BOCHOW, H.; KARIMOV, S.; BOTUROV, U.; SANGINBOY, S.; SHARIPOV, A. Effect of fzb 24[®] *Bacillus subtilis* as a biofertilizer on cotton yields in field tests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, Isfahan, v. 39, p. 323-328, 2006.

YORINORI, J. T. Oídio da Soja. **Embrapa soja**. Londrina – PR. n. 5, p. 1-5, out. 1997.

YORINORI, J. T. Controle integrado das principais doenças da soja. In: CÂMARA, G. M. S. (Ed.) Soja: tecnologia da produção. Piracicaba. 1998. p. 139-192.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES JUNIOR, J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay (from 2001 to 2003). **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 6, p. 675-677. 2005.

ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, O. L.; CINTRA, W. O. Essencial da Fitopatologia. 1ª Edição. V. 1, ed. 2, 2012.

CAPÍTULO I – ÉPOCA DE SEMEADURA E PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA

RESUMO

Com o objetivo de estudar a eficiência do controle da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) em função da época de semeadura e aplicação de produtos alternativos isolados e associados a fungicida, foram conduzidos experimentos à campo em Ponta Grossa, PR, Brasil, durante as safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 com a cultivar de soja (*Glycine max*) NA 5909. Os tratamentos para os experimentos foram: 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1), 5- quitosana 1% (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 6- enxofre (V4, V6, R1 e R5.1), 7- enxofre (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 8- hipoclorito de sódio (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1). Em todos os tratamentos com fungicida foi adicionado o adjuvante óleo mineral Nimbus®. Foi avaliada a severidade da ferrugem asiática, possibilitando o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), a desfolha, componentes de rendimento e a produtividade. Em todas as safras e épocas de semeadura, os tratamentos alternativos com enxofre e quitosana (isolados) e os tratamentos alternativos associados ao fungicida e o fungicida aplicado duas e três vezes, diminuíram a severidade da doença. A desfolha foi reduzida nos tratamentos com enxofre isolado; produtos alternativos associados ao fungicida e o fungicida aplicado em duas ou três vezes, em todas as safras e épocas de semeadura. Os componentes de rendimento afetados foram o número de vagens por planta e a massa de mil grãos. Houve redução na produtividade quando a cultura foi semeada em dezembro. Os tratamentos com fungicida, enxofre, bem como os produtos alternativos associados, evitaram danos a produtividade em todas as épocas de semeadura e safras. O tratamento de enxofre associado ao fungicida foi equivalente ao tratamento com fungicida aplicado três vezes.

Palavras chave: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, controle alternativo, *Bacillus subtilis*, quitosana, hipoclorito de sódio.

ABSTRACT

In order to study the efficiency of soybean rust control (*Phakopsora pachyrhizi*) as a function of the sowing season and the application of isolate and fungicide associated products, field experiments were carried out in Ponta Grossa, PR, Brazil, during the 2015/2016, 2016/2017 and 2017/2018 respectively. The treatments for the experiments were: - *Bacillus subtilis* strain QST (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 4-chitosan 1% (V4 and V5), *Bacillus subtilis* strain QST (V4, V6, R1 and R5.1) (V4, V6, R1 and R5.1), 5-chitosan 1% (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 6-sulfur (V4, V6, R1 and R5.1), 7-sulfur (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), sodium hypochlorite (V4, V6, R1 and R5.1), sodium hypochlorite (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 10-azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 11-azoxystrobin + benzovindiflupir (V6, R1 and R5.1). In all treatments with fungicide was added Nimbus® mineral oil adjuvant. The severity of the Asian rust was evaluated, allowing the calculation of the area under the disease progress curve (AACPD), defoliation, yield components and productivity. In all crops and sowing times, alternative treatments with sulfur and chitosan (isolated) and alternative treatments associated with fungicide and fungicide applied two and three times, decreased the severity of the disease. Defoliation was reduced in the sulfur treatments alone; alternative products associated to the fungicide and the fungicide applied in two or three times, in all vintages and sowing times. The yield components affected were the number of pods per plant and the mass of one thousand grains. There was a reduction in productivity when the crop was sown in December. The treatments with fungicide, sulfur, as well as the associated alternative products, avoided damages to productivity in all sowing times and harvests. The sulfur treatment associated with the fungicide was equivalent to treatment with fungicide applied three times.

Key words: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, alternative control, *Bacillus subtilis*, chitosan, sodium hypochlorite.

1.1 INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é uma leguminosa anual da família *Fabaceae*, e constitui um dos principais cultivos da agricultura mundial além de ser o grão mais importante economicamente no mundo, devido ao seu potencial produtivo, sua composição química e ao seu valor nutritivo, é matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (OLIVEIRA; SCHNEIDER, 2016).

A soja é uma planta de dia curto, as cultivares disponíveis são fortemente influenciadas pelo período de semeadura, afetando diretamente a produtividade da cultura, bem como a ocorrência e a severidade de doenças (AMORIM et al., 2011; KANDIL et al., 2012). A época de semeadura pode afetar a severidade das doenças, pois interfere na pressão do inóculo do patógeno durante o desenvolvimento da planta, semeaduras tardias tendem a maior pressão do inóculo e consequentemente a maior severidade de doenças (SOUZA, 2015).

Dentre as doenças, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.), é uma das mais severas que incide na cultura, com danos variando de 10 a 90% (HIKISHIMA et al., 2010; YORINORI et al., 2005). O método de controle mais utilizado é o químico, o que pode ocasionar danos ao ambiente, levando ao desequilíbrio ambiental e a seleção de populações do fungo resistentes aos fungicidas, além de elevar o custo de produção da cultura (TUPICH et al., 2017).

Os processos produtivos adotados na agricultura vêm sofrendo pressão da sociedade para produção de alimentos de forma sustentável e sem resíduos (STADINIK; TALAMINI, 2004), o que têm levado os pesquisadores a buscar medidas alternativas para o controle de doenças ou a associação de produtos alternativos ao controle químico, contribuindo para a utilização racional de agrotóxicos e a vida útil dos produtos no mercado, uma vez que há grande dificuldade para o lançamento de novas moléculas e consequentemente novos produtos (DUHATSCHEK; SANTOS; FARIA, 2018).

Dentro deste contexto o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da época de semeadura e a aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida sobre a severidade de ferrugem asiática, componentes de rendimento, a desfolha, e a produtividade da cultura em sistema de semeadura direta na palha, com a cultivar NA 5909 em três safras, 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Escola Capão da Onça pertencente à Universidade Estadual de Ponta Grossa, que se encontra a uma altitude média de 975 m, coordenadas geográficas de referência 25°50'58" S e 50°09'30" W. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Cfb, temperado úmido, com temperatura média anual de 18°C. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.550 mm. O sistema de cultivo adotado na área é a semeadura direta na palha. As temperaturas máxima e mínima e a precipitação diária, na área do experimento no período, foram coletadas por estação agrometeorológica localizada próxima ao campo experimental (Anexos 1, 2 e 3).

A instalação dos experimentos ocorreu em duas épocas de semeadura (uma semeadura em outubro e outra em dezembro em três safras (2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018), utilizando a cultivar NA 5909 com espaçamento entre linhas de 0,45 m com 15 sementes por metro para obter densidade de 12 plantas m⁻¹ e população final de 250.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado no campo foi em blocos ao acaso com 11 tratamentos e 4 repetições para cada época de semeadura.

Os tratamentos constituíram da aplicação foliar dos produtos 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* (Cohn, 1872), linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1) (3 L p.c. ha⁻¹), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) (3 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 5- quitosana 1% (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 6- enxofre (S 26%) (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 7- enxofre (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 8- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹). Em todos os tratamentos com fungicidas foi acrescentado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral, 0,5 v/v).

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

As parcelas a campo apresentavam dimensões de 4,5 x 4,0 m, totalizando 18 m² de área total. Análise de solo: pH em água 5,9 (acidez média), P (Mehlich 1): 2,2 mg.dm⁻³ (baixo), K: 70 mg.dm⁻³ (médio), S (fosfato monocalcico em ácido acético): 9,8 mg.dm⁻³ (bom), Ca: 1,8 cmolc.dm⁻³ (médio), Mg: 1,3 cmolc.dm⁻³ (bom), CTC efetiva (t): 4,3 cmolc.dm⁻³ (médio), M.O.: 3,6 dag.kg⁻¹ (médio). Os tratamentos utilizados foram aplicados via foliar com o uso de cilindro de dióxido de carbono com pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas (XR 11002) espaçados em 0,50 m e volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ para todos os tratamentos. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme a exigência da cultura.

A avaliação da severidade da ferrugem asiática iniciou antes da 1ª aplicação em V4 e semanalmente durante todo o ciclo da cultura. A severidade foi avaliada em 7 plantas aleatórias nas duas linhas centrais de cada parcela nas folhas dos terços inferior, médio e superior. Cada terço da planta recebeu três estimativas de severidade com auxílio da escala diagramática de Godoy; Koga; Canteri (2006). As avaliações da severidade das doenças possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977).

A desfolha foi avaliada no momento em que as plantas da parcela testemunha atingiram 85% de desfolha, com o auxílio da escala diagramática para estimativa de desfolha de Hirano et al. (2010). Foram avaliados nas plantas em um metro de cada parcela os componentes de rendimento (plantas por metro, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 1000 grãos). Também foi realizada a contagem de vagens chochas (mal formadas, sem grãos desenvolvidos), em separado para não diminuir o componente grão por vagem normal, evitando um falso resultado.

No final do ciclo da cultura, as plantas da área útil de cada parcela (9,0 m²) foram colhidas, pesadas e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para Kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software R, versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ferrugem asiática é considerada a principal doença da soja (HENNING et al., 2014). O valor da AACPD obtido para a doença (para a planta inteira), na primeira época de semeadura (outubro), foi inferior aos valores obtidos na semeadura em dezembro nas três safras avaliadas (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3), tanto no terço inferior, médio e superior quanto na planta inteira (média) devido a maior pressão do inóculo na segunda época de semeadura, resultando no aumento da severidade da doença, fato já relatado por Souza (2015). Em relação a aplicação foliar dos produtos alternativos isoladamente, na primeira época de semeadura e na primeira safra, o tratamento com enxofre diferiu da testemunha (Tabela 1.1), na segunda safra, os tratamentos com quitosana e enxofre (Tabela 1.2) e na terceira safra quitosana e enxofre (Tabela 1.3). O enxofre e a quitosana apresentam potencial para serem inseridos no manejo da cultura, ou na produção de soja orgânica.

O enxofre já foi muito utilizado, com sucesso, contra alguns tipos de ferrugens, é um elemento lipofílico, pode atuar através da parede celular dos fungos, desestabilizando a reação redox do metabolismo do patógeno (ZAMBOLIM; VENTURA; ZANÃO JR, 2012). Estes autores afirmam que o produto é considerado de contato, eliminando e/ou erradicando as estruturas dos fungos na superfície das plantas e ainda participa da formação de aminoácidos e proteínas, no processo de fotossíntese e nos mecanismos de defesa da planta. O que pode justificar os resultados obtidos no presente experimento. Houve redução da AACPD no tratamento com enxofre isolado na primeira época de semeadura de 39,46; 46,52 e 46,79 % na primeira, segunda e terceira safra, respectivamente (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3).

A quitosana é derivada da quitina, encontrada em fungos, artrópodes e invertebrados. Comercialmente é mais utilizado o exoesqueleto de crustáceos para a produção de quitina. A quitosana apresenta bom potencial antimicrobiótico quando aplicada em frutos ou folhas, como demonstra o trabalho de Hong et al. (2012), com frutos de goiaba em pós colheita, utilizando a concentração de 0,5, 1 e 2% de quitosana. Os autores concluíram que a concentração de 2% de quitosana formou uma barreira protetora nos frutos, aumentando a capacidade antioxidante e retardando o processo de amadurecimento da goiabeira durante o armazenamento refrigerado. Camilli et al. (2007), utilizaram quitosana nas concentrações de 0,00; 0,25; 0,50; 1,00; 1,50 e 2,00 % aplicada na uva em pós-colheita contra *Botrytis cinerea*, porem obtiveram controle do patógeno apenas nas concentrações de 1,5 e 2,0%.

Tabela 1.1 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2015/2016. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	1.635,32 a*	1.055,27 a	493,93 a	1.061,51 a	1.638,26 a	1.528,05 a	756,57 a	1.307,63 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	1.418,24 a	889,79 a	395,19 b	901,08 a	1.562,85 a	1.361,36 a	646,82 a	1.190,34 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.028,46 b	530,05 b	120,31 c	559,60 b	953,46 b	557,76 b	144,29 c	551,84 b
4 Quitosana	1.412,19 a	777,71 a	302,06 b	830,65 a	1.478,02 a	1.261,64 a	530,13 b	1.089,93 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	921,12 b	498,41 b	76,34 c	498,61 c	990,80 b	541,32 b	141,12 c	557,75 b
6 Enxofre	1.085,12 b	631,02 b	211,92 c	642,68 b	1.352,56 a	1.142,65 a	490,75 b	995,32 a
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	750,31 c	407,82 b	65,86 c	407,99 c	868,33 b	524,19 b	124,77 c	505,76 b
8 Hipoclorito de sódio	1.504,55 a	948,28 a	357,12 b	936,65 a	1.728,88 a	1.313,24 a	574,86 b	1.205,66 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.109,09 b	596,64 b	172,04 c	625,92 b	939,03 b	586,48 b	143,31 c	556,27 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	998,20 b	498,39 b	134,25 c	543,61 b	898,83 b	517,15 b	163,82 c	526,60 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	693,59 c	375,34 b	85,97 c	384,97 c	434,09 c	277,08 c	119,35 c	276,84 c
C.V. (%)	18,51	20,68	31,46	16,95	20,47	18,32	23,83	18,29

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Maia et al. (2010), também relatam efeitos positivos da quitosana no controle dos fungos *Plasmopara viticola* e *Elsinoe ampelina*, agentes causais do míldio e da antracnose da videira, respectivamente. Os autores utilizaram as concentrações de 0, 20, 40, 80 e 160 mg L⁻¹ de quitosana nos testes de crescimento micelial, de germinação de esporos e experimentos em condições de campo. Verificando redução no crescimento micelial de *E. ampelina* com a maior concentração de quitosana (160 mg L⁻¹) que reduziu em 57% o desenvolvimento do fungo. Nos testes de germinação, os autores afirmam que a dose de 160 mg L⁻¹ de quitosana reduziu a germinação de esporos de *E. ampelina* em aproximadamente 98% e de *P. viticola* em 60%. Nos experimentos a campo as maiores doses de quitosana (80 e 160 mg L⁻¹) apresentaram um decréscimo na severidade de antracnose entre 93 e 81%. Para o míldio, a concentração de 160 mg L⁻¹ apresentou um decréscimo de aproximadamente 81%.

No experimento, foi observado redução da AACPD da ferrugem asiática no tratamento com quitosana na primeira época de semeadura de 21,75; 28,02 e 35,41% na primeira (2015/2016), segunda (2016/2017) e terceira (2017/2018) safra respectivamente. Já em relação a segunda época de semeadura foi obtido 16,65; 14,68 e 11,11% de redução da AACPD, na primeira, segunda e terceira safra respectivamente (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3). Na segunda época de semeadura a porcentagem de redução da AACPD diminui, devido a maior pressão do inóculo, como comentado anteriormente.

Quando os produtos alternativos foram associados ao fungicida (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3), a eficiência de todos os produtos aumentou, equivalentes a duas aplicações do fungicida. Porém apenas os tratamentos com quitosana e enxofre associados ao fungicida foram equivalentes a três aplicações do fungicida nas três safras analisadas. Estes dados indicam a possibilidade de utilização desta estratégia de manejo, na primeira época de semeadura.

Já na segunda época de semeadura (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3) apenas os tratamentos alternativos associados ao fungicida diferiram da testemunha e foram equivalentes a duas aplicações do defensivo, porém, novamente o tratamento com enxofre associado ao fungicida foi superior aos demais e equivalente a três aplicações do fungicida (exceto na primeira safra). Este pode ser uma excelente opção para o manejo da cultura nesta época de semeadura, economizando uma aplicação do agrotóxico. Além de ser uma estratégia para evitar a seleção de genótipos resistentes e prolongar a vida útil do fungicida no mercado.

Comparativamente, na primeira época de semeadura (outubro), há maior chance de haver sucesso com os produtos alternativos, bem como, os tratamentos com associação ao fungicida devido a pressão de inóculo ser menor, pois quando a pressão de inóculo aumenta, os produtos alternativos isolados não conseguem controlar a doença.

Tabela 1.2- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2016/2017, Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	719,66 a*	475,01 a	145,20 a	446,62 a	1.297,22 a	871,73 a	291,36 a	820,10 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	632,41 a	372,98 b	131,30 a	378,90 b	1.302,45 a	801,62 a	276,88 a	793,65 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	337,88 c	194,11 c	46,13 b	192,71 d	419,87 c	226,42 c	52,21 c	232,84 c
4 Quitosana	521,18 b	372,69 b	70,53 b	321,47 c	1.183,20 b	653,85 b	262,18 a	699,74 b
5 Quitosana +(azoxistrobina + benzovindiflupir)	300,33 d	157,87 c	66,22 b	174,81 e	398,13 c	188,35 c	37,93 c	208,14 c
6 Enxofre	436,08 c	213,57 c	66,86 b	238,84 d	1.114,26 b	568,08 b	178,92 b	620,42b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	243,50 d	175,37 c	57,08 b	158,68 e	386,60 c	125,85 c	34,55 c	182,33 c
8 Hipoclorito de sódio	684,73 a	433,57 a	152, 00 a	423,44 a	1.286,22 a	758,35 a	318,93 a	787,83 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	374,40 c	246,70 c	63,38 b	228,16 d	470,00 c	275,46 c	59,20 c	268,22 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	246,98 d	187,46 c	28,42 b	154,29 e	390,36 c	204,62 c	53,01 c	215,99 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	168,53 d	126,86 c	28,125 b	107,84 e	261,71 c	155,22 c	54,15 c	157,02 c
C.V. (%)	20,31	19,32	31,87	17,13	14,01	20,2	34,01	15,36

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Tabela 1.3- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média da planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, semeadura em outubro e dezembro. Safra 2017/2018, Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	232,36 a*	134,98 a	18,47 a	128,60 a	1.466,54 a	990,85	177,452 a	878,28 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	220,41 a	117,55 a	9,67 b	115,88 a	1.334,34 a	891,19 a	141,10 b	788,85 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	63,46 c	45,33 c	2,91 c	37,24 d	521,63 b	324,75 c	70,54 c	305,64 c
4 Quitosana	155,78 b	84,40 b	9,01 b	83,06 b	1.347,97 a	879,22 a	114,78 b	780,66 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	72,50 c	39,83 c	4,65 c	38,99 d	528,91 b	372,94 c	52,86 c	318,23 c
6 Enxofre	152,35 b	49,10 c	3,84 c	68,43 c	1.331,88 a	581,56 b	83,86 c	665,76 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	40,68 c	33,51 c	3,40 c	25,86 d	360,38 b	271,06 c	40,67 c	224,04 d
8 Hipoclorito de sódio	205,45 a	128,40 a	16,38 a	116,74 a	1.420,97 a	924,34 a	164,34 a	836,55 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	71,19 c	41,52 c	2,74 c	38,48 d	525,94 b	429,25 c	55,73 c	336,97 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	86,17 c	50,01 c	3,29 c	46,49 d	540,42 b	389,42 c	56,90 c	328,91 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	36,05 c	32,72 c	3,74 c	24,17 d	380,31 b	266,06 c	59,76 c	235,38 d
C.V. (%)	21,82	29,21	49,33	21,09	15,58	20,14	28,58	18,63

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Assim como constatou Navarini et al. (2007), na primeira época de semeadura há redução na pressão de inóculo o que contribui para aumento na eficiência do controle químico e alternativo, além de proporcionar maior produtividade por área. Já semeaduras tardias expõem o hospedeiro a quantidade maior de inóculo do patógeno, resultando em menor eficiência dos tratamentos, e em maiores níveis de doença, além de redução da produtividade.

Resultados de Yorinori et al. (2005) alertam que o controle da ferrugem asiática envolve várias estratégias de manejo, principalmente a semeadura de cultivares precoces nas épocas mais recomendadas para as regiões, além do vazio sanitário (período de 60 a 90 dias durante a entressafra sem soja no campo, para reduzir a sobrevivência do fungo, evitando assim o surgimento precoce da doença na safra). A Agência de Defesa Sanitária do Paraná (ADAPAR) antecipou o início do vazio sanitário no Paraná, de acordo com a portaria nº 202, de 19 de julho de 2017. O vazio sanitário da soja no Paraná será de 10 de junho a 10 de setembro (ADAPAR, 2018).

Navarini et al. (2007), afirmam que a destruição de hospedeiros secundários, semeadura antecipada de cultivares de ciclo precoce são medidas de controle que propiciam redução na pressão de inóculo e contribuem para aumento na eficiência do controle químico. O que foi observado nas três safras avaliadas, maior eficiência do controle tanto alternativo quanto do fungicida na primeira época de semeadura (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3).

Segundo Gabardo (2015), tratamentos alternativos diminuem o progresso da doença apenas com baixa pressão de inóculo e baixa severidade da doença. A autora comenta que futuros experimentos são necessários, com utilização de associações dos produtos alternativos a fungicida, melhorando a eficiência na redução do progresso da doença e como uma forma de inserir outros métodos de controle na cultura da soja. O presente trabalho confirmou que a associação de produtos alternativos ao fungicida apresentou desempenho superior aos produtos utilizados isoladamente.

Observou-se pelos resultados obtidos no presente trabalho que o fungicida foi eficiente na redução da severidade nas duas épocas de semeadura e nas três safras e que os produtos alternativos, associados a ele mostraram desempenho superior aos produtos alternativos aplicados de forma isolados.

Comparando o número de aplicações do fungicida na primeira época de semeadura (Tabela 1.1), na safra 2015/2016, o tratamento com três aplicações foi superior a duas aplicações, este fato provavelmente deve-se a maior intensidade da doença (1.061,51 na testemunha), havendo melhor resultado com três aplicações do produto. Já na segunda e terceira safras (Tabelas 1.2 e 1.3), não houve diferença significativa entre o número de aplicações, mas

observou-se que nestas duas safras, na primeira época de semeadura, ocorreu menor intensidade da doença (446,62 e 128,60, respectivamente), consequentemente uma aplicação a mais foi desnecessária para redução da severidade da doença.

Comparativamente em relação ao fungicida, na segunda época de semeadura, houve diferença na severidade. O tratamento com três aplicações foi superior a duas aplicações na primeira safra analisada (276,84) (Tabela 1.1). Na segunda e terceira safras (Tabelas 1.2 e 1.3), não houve diferença entre o número de aplicações, provavelmente devido a menor severidade da doença (na testemunha de 820,10 e 878,28 respectivamente), na primeira safra a doença foi mais severa (1.307,63 na testemunha). Quando a intensidade da doença é baixa, é desnecessário três aplicações do fungicida.

O aumento do número de aplicações de fungicidas nas lavouras aumenta o custo de produção. Segundo dados do Consórcio Antiferrugem, o custo ferrugem (somatório do custo de aquisição do fungicida, da aplicação do produto e danos em grãos e redução de arrecadação) na safra 2014/15 foi de 2,2 bilhões de dólares (EMBRAPA, 2018).

Os principais fungicidas para o controle da doença são dos grupos químicos estrubirulinas e os triazóis, usados de forma preventiva (GODOY et al., 2009). O grupo químico triazol, na safra 2007/08, apresentou diminuição no controle da doença e na safra seguinte 2008/09, a Comissão de Fitopatologia na Reunião de Pesquisa da Região Central do Brasil, passou a indicar misturas comerciais de estrubirulinas+triazóis para controle da ferrugem asiática (EMBRAPA, 2018).

Novos fungicidas foram lançados no mercado com moléculas do grupo químico carboxamidas, que foram usados na safra 2014/2015 (FRAC, 2018). As carboxamidas foram amplamente utilizadas na safra 2014/2015, na busca por melhorar o controle da doença.

Menor sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas já foi identificada para o grupo dos inibidores da desmetilação (IDM-triazóis), inibidores da quinona externa (IQe- estrubirulinas) e inibidores da succinato desidrogenase (ISDH-carboxamidas) e confirmada no Brasil (SCHMITZ et al., 2014; KLOSOWSKI et al., 2016; FRAC, 2018). Estes dados indicam que o manejo químico da doença está ficando mais difícil, havendo necessidade de produtos alternativos serem inseridos no manejo de doenças, como forma de evitar casos de resistência e prolongar a vida útil dos produtos no mercado.

No experimento foi utilizado o fungicida pertencente ao grupo químico das “carboxamidas”, que proporcionou na primeira safra (2015/2016) controle de 63,74% na semeadura em outubro e 78,83% na semeadura em dezembro. E na safra 2016/2017, a redução foi de 75,85% na semeadura em outubro e 80,85% na semeadura em dezembro. Na safra

2017/2018, na semeadura em outubro o controle foi de 81,20% e na semeadura em dezembro 73,20%, indicando menor sensibilidade do patógeno ao fungicida.

Analisando a AACPD, é possível também observar que os valores foram maiores no terço médio e inferior das plantas (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3). Segundo Igarashi et al. (2014), isto ocorre devido ao adensamento da cultura que dificulta a penetração dos produtos no dossel da planta, principalmente no terço médio e inferior além de propiciar um microclima favorável ao desenvolvimento de doenças, com temperaturas mais amenas e maior umidade. Godoy et al. (2016), relatam que além da formação do microclima, ocorre o sombreamento que protege os esporos da radiação UV e da radiação solar direta, os quais possuem efeito deletério na sobrevivência dos uredósporos.

As condições climáticas são fundamentais no desenvolvimento das epidemias de *P. pachyrhizi*, períodos de molhamento foliar contínuo de 6 a 12 h, temperatura média entre 18 a 26°C e chuvas bem distribuídas, favorecem o rápido desenvolvimento da doença (ALVES; GODOY; LI, 2006). A precipitação é considerada o fator mais importante no progresso da doença nas condições de campo (DEL PONTE et al., 2006; DUFAULT et al., 2010).

A infecção por *P. pachyrhizi* causa rápido amarelecimento e desfolha prematura das folhas da cultura (SINCLAIR; HARTMAN, 1999; HENNING et al., 2014). A desfolha observada no presente trabalho foi mais severa na segunda época de semeadura, devido a maior severidade da doença (Tabela 1.4).

No que se refere a desfolha apresentada não houve efeito pelos tratamentos alternativos isolados (Tabela 1.4), na primeira safra, já na safra 2016/2017 apenas o enxofre diferiu da testemunha na semeadura em outubro. Na safra 2017/2018 o enxofre e a quitosana diferiram da testemunha em ambas as épocas de semeadura (safra que apresentou menor severidade da doença). Os tratamentos com fungicida aplicado duas ou três vezes e sua associação aos produtos alternativos foram equivalentes em todas as safras e épocas de semeadura analisadas (Tabela 1.4).

Desfolha excessiva pode afetar a produtividade da soja, que depende da fotossíntese gerada pelas folhas, de modo que a desfolha antecipada na cultura causa redução na produtividade, por interferir em processos fisiológicos, resultando em menor número de vagens normais, menor número de sementes por vagem e menor massa de mil grãos (BOARD et al., 2010).

Tabela 1.4- Desfolha (%) e componentes de rendimento em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura, cultivar NA 5909 nas safras 2015/16, 2016/17 e 2017/18. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Desfolha					
	2015/2016		2016/2017		2017/2018	
	Outubro	Outubro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
1 Testemunha	85,75 a*	87,50 a	75,75 a	93,75 a	80,50 a	92,00 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	85,50 a	88,25 a	73,50 a	93,50 a	70,75 b	92,75 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	26,50 b	37,50 b	50,50 b	62,75 b	55,50 c	77,00 b
4 Quitosana	84,00 a	88,25 a	73,75 a	92,00 a	65,25 b	79,00 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	25,50 b	51,20 b	48,25 b	57,25 b	50,00 c	77,00 b
6 Enxofre	72,00 a	87,50 a	58,75 b	89,00 a	60,50 c	78,25 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	24,00 b	42,50 b	41,25 b	55,75 b	52,75 c	76,00 b
8 Hipoclorito de sódio	82,50 a	90,00 a	74,25 a	94,00 a	80,25 a	91,00 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	30,25 b	50,00 b	46,50 b	64,50 b	56,75 c	78,00 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	25,25 b	46,25 b	40,00 b	57,50 b	50,25 c	74,75 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	15,75 b	42,50 b	38,75 b	58,00 b	53,25 c	72,75 b
C.V. (%)	19,84	11,87	16,03	7,51	12,38	6,56

Tratamento	2015/2016				2016/2017				2017/2018			
	Outubro		Dezembro		Outubro		Dezembro		Outubro		Dezembro	
	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG
1 Testemunha	50,09 ns	109,88 b*	12,82 b	79,20 b	59,70 ns	133,83 c	41,63 ns	121,83 b	38,77 ns	128,71 b	40,60 ns	122,59 b
2 <i>Bacillus subtilis</i>	55,60	122,92 b	13,08 b	84,59 b	58,73	139,27 c	43,17	124,27 b	36,52	134,42 b	38,64	121,80 b
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	64,11	154,34 a	27,70 a	115,26 a	62,56	160,41 a	55,90	145,14 a	44,84	158,60 a	43,80	149,23 a
4 Quitosana	55,14	123,08 b	13,87 b	89,11 b	69,915	145,53 b	41,12	120,93 b	44,06	143,51 b	42,93	124,06 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	51,69	146,28 a	24,75 a	119,78 a	64,98	166,12 a	49,50	156,75 a	40,23	177,37 a	44,59	155,42 a
6 Enxofre	54,39	131,34 b	15,91 b	84,22 b	71,39	152,80 b	45,56	121,90 b	38,65	171,32 a	43,57	129,22 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	57,66	146,35 a	25,79 a	115,99 a	65,87	169,05 a	52,55	147,55 a	45,25	182,31 a	44,86	154,56 a
8 Hipoclorito de sódio	54,78	123,82 b	11,37 b	85,94 b	60,73	141,02 c	40,58	121,59 b	39,52	136,61 b	36,57	124,46 b
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	56,30	151,52 a	27,37 a	112,66 a	70,3	164,60 a	49,95	153,58 a	46,17	162,69 a	47,29	152,06 a
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	58,29	154,43 a	26,89 a	115,30 a	65,08	170,08 a	46,85	141,93 a	46,63	173,08 a	45,07	147,83 a
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	68,56	153,10 a	30,31 a	118,98 a	70,81	169,40 a	46,81	148,46 a	46,95	185,69 a	47,40	149,99 a
C.V. (%)	15,47	9,37	15,06	5,34	15,87	4,27	16,78	6,40	16,33	7,75	11,17	4,60

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação, MMG=massa de mil grãos.

Tabela 1.5- Produtividade (kg ha⁻¹) em função em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura outubro e dezembro, cultivar NA 5909, nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Produtividade					
	2015/2016		2016/2017		2017/2018	
	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
1 Testemunha	2.080,07 a*	838,59 a	3.523,01 a	2.550,11 a	3.206,94 a	2.944,13 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	2.153,22 a	886,43 a	3.656,19 a	2.586,61 a	3.384,16 a	3.042,13 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.803,19 c	2.667,18 b	4.269,51 c	3.646,53 b	4.390,74 b	3.781,48 c
4 Quitosana	2.551,35 b	1.111,11 a	3.893,94 b	2.764,55 a	3.373,14 a	3.320,66 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.979,32 c	2.672,89 b	4.314,91 c	3.701,95 b	4.170,83 b	4.053,70 c
6 Enxofre	2.771,49 b	1.269,96 a	4.029,46 b	2.816,28 a	3.638,89 a	3.392,15 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.935,91 c	2.671,57 b	4.631,07 d	3.623,55 b	4.670,37 c	4.081,48 c
8 Hipoclorito de sódio	2.349,55 a	984,65 a	3.723,57 a	2.636,23 a	3.233,79 a	2.940,27 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.741,30 c	2.659,79 b	4.229,55 c	3.374,59 b	3.927,77 b	3.768,51 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	3.670,04 c	2.571,95 b	4.323,69 c	3.451,89 b	4.105,09 b	3.781,48 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	3.988,19 c	2.744,41 b	4.622,29 d	3.504,21 b	4.796,48 c	3.916,20 c
C.V. (%)	9,83	11,68	9,59	6,46	9,01	7,64

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação

Entre os componentes de rendimento avaliados, apenas o número de vagens normais por planta e a massa de mil grãos (MMG) foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1.4), comparando as épocas de semeadura, na primeira há maior número de vagens por planta e as maiores médias do MMG. Segundo Zanon et al. (2015), semeaduras tardias causam encurtamento da duração do ciclo de desenvolvimento da cultura, resultando em menor período de enchimento de grãos.

Plantas de soja severamente infectadas com *P. pachyrhizi* apresentam desfolha precoce, o que compromete a formação, o enchimento de vagens e o peso final dos grãos (HENNING et al., 2014). Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior o dano no rendimento na qualidade, justificando os dados obtidos, pois a primeira, safra apresentou as menores médias do número de vagens por planta e do MMG, pois a doença foi mais severa nesta safra (Tabela 1.1), refletindo na menor produtividade (Tabela 1.5).

Em relação as produtividades obtidas (Tabela 1.5), foi possível observar que houve redução nos valores quando a cultura foi semeada em dezembro, comparando a influência da época de semeadura nas safras na testemunha. A redução na produtividade foi de 1.241,48 kg ha⁻¹, 972,90 kg ha⁻¹ e 262,81 kg ha⁻¹, nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente

Na safra 2015/2016 a produtividade média da testemunha na primeira e segunda época de semeadura, foi de 2.080,07 e 838,59 kg ha⁻¹, na presença dos produtos alternativos isolados, a produtividade máxima alcançada foi de 2.771,49 kg ha⁻¹ e 1.269,96 kg ha⁻¹, já a máxima alcançada na presença do fungicida foi 3.988,19 kg ha⁻¹ e 2.744,41 kg ha⁻¹, na primeira e na segunda épocas de semeadura, respectivamente (Tabela 1.5). Nesta safra houve em relação à testemunha redução de danos de 47,84 e 69,44% na produtividade, na primeira e na segunda época de semeadura respectivamente, quando o fungicida foi aplicado (Tabela 1.5). As produtividades alcançadas na presença de fungicida estão próximas da produtividade média obtida no Estado do Paraná de 3.090,00 kg ha⁻¹ na safra 2015/2016 (CONAB, 2018).

Na safra 2016/2017 a produtividade média da testemunha na primeira e segunda época de semeadura, foi de 3.523,01 e 2.550,11 kg ha⁻¹ e na presença dos produtos alternativos isolados a produtividade máxima alcançada foi de 4.029,46 e 2.816,28 kg ha⁻¹, já a máxima alcançada na presença do fungicida foi 4.622,29 e 3.504,21 kg ha⁻¹. Houve em relação à testemunha redução de danos de 23,78 e 27,23% na produtividade, na primeira e na segunda época de semeadura respectivamente, quando o fungicida foi aplicado (Tabela 1.5). As

produtividades alcançadas na presença de fungicida estão próximas da produtividade média obtida no Estado do Paraná de 3.731,00 kg ha⁻¹ na safra 2016/2017 (CONAB, 2018).

Na safra 2017/2018 a produtividade média da testemunha na primeira e segunda época de semeadura, foi de 3.206,94 e 2.944,13 kg ha⁻¹ e na presença dos produtos alternativos isolados a produtividade máxima alcançada foi de 3.638,89 e 3.392,15 kg ha⁻¹, já a máxima alcançada na presença do fungicida foi 4.796,48 e 3.916,20 kg ha⁻¹. Houve em relação à testemunha redução de 24,82 e 33,13% na produtividade, na primeira e na segunda época de semeadura respectivamente, quando o fungicida foi aplicado (Tabela 1.5). As produtividades alcançadas na presença de fungicida estão acima da produtividade média obtida no Estado do Paraná de 3.508,00 kg ha⁻¹ na safra 2017/2018 (CONAB, 2018).

É possível observar que semeaduras tardias reduzem progressiva e drasticamente a produtividade da cultura. Como foi anteriormente citado, semeaduras tardias expõem o hospedeiro a uma quantidade maior de inóculo do patógeno, resultando em maiores níveis de doença e redução da produtividade. Resultados semelhantes foram observados por Navarini et al. (2007), no qual os dados obtidos demonstraram que a ferrugem asiática da soja afetou significativamente o rendimento de grãos das cultivares de soja estudadas (RS 10, BRS 154, CD 201, BRS 153, CD 206 e CD 209), com redução variável de 10,0 e 50,4%, na primeira e segunda época de semeadura, corroborando com os resultados do presente experimento.

Assim, presume-se que as maiores produtividades constatadas nas épocas de semeaduras antecipadas são resultado de menor exposição da cultura ao patógeno causador da ferrugem asiática e outras doenças. Os resultados confirmam que não somente o fator ferrugem asiática da soja pode ter influenciado os resultados de produtividade estimada, mas também as diferentes épocas de semeadura.

Comparando a produtividade obtida, em relação aos tratamentos alternativos isolados, a quitosana e o enxofre destacam-se, mas a associação destes produtos ao fungicida proporcionaram resultados superiores, na maioria das vezes equivalente ao tratamento com três aplicações do agrotóxico. A associação dos produtos alternativos ao fungicida melhorou o desempenho em relação a aplicação destes produtos isolados (Tabela 1.5). Nas três safras o tratamento alternativo que apresentou as maiores médias foi o enxofre nas duas épocas de semeadura e em todas as safras. Há possibilidade da inserção deste produto no manejo da cultura, devido a expressividade das áreas cultivadas com soja, espera-se contribuir para a redução da aplicação do agrotóxico.

Segundo Vitti et al. (2007), a cultura da soja responde em produtividade à aplicação de fontes solúveis de enxofre, mas este resultado apenas ocorre em solos pobres neste nutriente.

No presente experimento, não há carência deste nutriente no solo, sendo as maiores médias obtidas nos tratamentos com enxofre atribuídas a redução na AACPD da doença (Tabelas 1.1, 1.2, e 1.3). O tratamento com enxofre isolado e enxofre associado ao fungicida apresentaram em média ganho de 401 e 651 kg ha⁻¹ respectivamente.

Atualmente o controle químico é o método mais recomendado (FRIEDRICH et al., 2018). O uso intensivo e inadequado de fungicidas, como o uso repetido de moléculas com o mesmo mecanismo de ação, utilização de produtos isolados com mecanismo sítio-específico, alterações de doses recomendadas, cobertura insuficiente depositando um número de gotas inferior ao necessário para conter a dose letal do fungicida, uso de produtos sistêmicos de forma erradicativa, contribuem para a seleção de isolados fúngicos menos sensíveis, e, por consequência, diminuem a eficiência dos fungicidas no controle da doença ao longo do tempo (KLOSOWSKI et al., 2016).

Nesse contexto, na busca de estratégias de manejo contra a resistência do patógeno aos fungicidas, surge no mercado a possibilidade de incorporação aos programas de controle de produtos alternativos protetores com mecanismo de ação em múltiplos sítios conferindo amplo espectro de controle. Dentre estes produtos, o enxofre apresentou potencial para ser inserido no manejo da cultura

O resultado superior do tratamento com enxofre e fungicida, indica que a mistura de dois ou mais ingredientes ativos com mecanismo de ação distintos proporciona um controle mais eficiente da ferrugem asiática da soja. Além disso, essas combinações em campo possibilitam o aumento do espectro de ação do produto, garantindo maior efeito residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida.

Com relação a recomendação, as aplicações ocorrem nos estádios fenológicos V4 e V6 com enxofre e em R1 e R5.1 de fungicida nas duas épocas de semeadura. As aplicações sequenciais baseadas na fenologia da planta conforme constatado por Godoy et al. (2009), apresentam melhores resultados na redução na severidade da ferrugem asiática e maior produtividade da planta. Navarini et al. (2007) e Souza (2015) também observaram uma tendência de maior ganho de rendimentos estarem relacionados a aplicações baseadas na fenologia da planta.

1.4 CONCLUSÃO

Em todas as safras e épocas de semeadura, os tratamentos com enxofre e quitosana (isolados), e os tratamentos alternativos associados ao fungicida e o fungicida diminuíram a severidade da doença.

A desfolha foi reduzida nos tratamentos com enxofre isolado, produtos alternativos associados ao fungicida, e o fungicida aplicado em duas ou três vezes, em todas as safras e épocas de semeadura.

Houve redução na produtividade quando a cultura foi semeada em dezembro. Os tratamentos com fungicida e enxofre, bem como os produtos alternativos associados ao fungicida evitaram danos a produtividade em todas as épocas de semeadura e safras.

O tratamento de enxofre associado ao fungicida foi equivalente ao tratamento com fungicida aplicado em três estádios, podendo ser recomendado para a cultura.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR, Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Disponível em: <<http://www.adapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=105>> Acesso em: 29 out. 2018.

ALVES, E. M. P.; GODOY, C. V.; LI, X. B. Predicting severity of Asian rust epidemic with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, p.797-803, 2006.

AMORIM, F. A.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, L. B.; LANA, R. M. Q.; HAMAWAKI, C. D. L. Época de semeadura no potencial produtivo de soja em Uberlândia - MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, suplemento. 1, p. 1793-1802, 2011.

BOARD, J. E.; KUMUDINI, S.; OMIELAN, J.; PRIOR, E.; KAHN, C. S. Yield response of soybean to partial and total defoliation during the seedfilling period. **Crop Science**, Madison, v. 50, n. 2, p.703-712, Mar. 2010.

CAMILLI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós colheita, na proteção de uva Itália contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215 - 221, 2007.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira de grãos, disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

DEL PONTE, E. M.; GODOY, C. V.; LI, X.; YANG, X. B. Predicting severity of Asian soybean rust with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, p. 797-803, 2006.

DUFAULT, N. S.; ISARD, S. A.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 11, p. 1336-1340, 2010.

DUHATSCHEK, E.; SANTOS, L. A.; FARIA, C. M. D. R. Sensibilidade de isolados de *Phakopsora pachyrhizi* provenientes da região do centro oeste do Paraná a fungicidas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 44, n. 2, p. 193-194, Jun. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Custo ferrugem asiática da soja. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

FRAC Comitê de Ação à Resistência de Fungicidas. Disponível em: <http://www.frac-br.org/soja>. Acesso em: 22 ago. 2018.

FRIEDRICH, K.; SOARES, V. E.; DA SILVA AUGUSTO, L. G.; DO MONTE GURGEL, A.; DE SOUZA, M. M. O.; ALEXANDRE, V. P.; CARNEIRO, F. F. AGROTÓXICOS: mais venenos em tempos de retrocessos de direitos. **OKARA: Geografia em debate**, Paraíba, v.12, n. 2, p. 326-347. 2018.

GABARDO, G. **Controle de doenças na cultura da soja com produtos alternativos**. 2015, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER M. C.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; C.; BENJAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas**. Cap. 67. p. 657-676. v. 2. Editora Agronômica Ceres Ltda. Ouro Fino-MG. 2016.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES R. M.; DIAS. W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5.ed. Londrina: Embrapa Soja 4, p.13-23, 2014.

HIKISHIMA, M.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, A. J. D. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, p. 96-103, 2010.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 248-250, 2010.

HONG, K.; XIE, J.; ZHANG, L.; SUN, D.; GONG, D. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 144, p. 172-178, Set. 2012.

IGARASHI, W. T.; AGUIAR E SILVA, M. A; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; FRANÇA, J. A. A Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, p. 123-127, jun 2014.

KANDIL, A. A.; SHARIEF, A. E.; MORSY, A. R.; MANAR EL-SAYED, A. I. Performance of some promising genotypes of soybean under different planting dates using biplots analysis. **Journal of Basic & Applied Sciences**, Karachi, v. 8, n. 2, p. 379-385, 2012.

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**, New York, v. 72, p. 1211–1215, 2016.

OLIVEIRA, G. D.; SCHNEIDER, M. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. **The Journal of Peasant Studies**, Londres, v. 43, p. 167-94, 2016.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology: 1997. 20p. (Special Report, 53).

MAIA, A. J.; BOTELHO, R. V.; FARIA, C. M. D. R.; LEITE, C. D. Ação de quitosana sobre o desenvolvimento de *Plasmopora viticola* e *Elsione ampelina*, *in vitro* e em videiras cv.'Isabel'. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 203-209, 2010.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, C. A.; CRAIG, I. R; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinine-outside-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, New York, n. 70, v. 3, p. 378-88, 2014.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SINCLAIR, J. B.; HARTMAN, G. L. Soybean Rust. In: HARTMAN G. L.; SINCLAIR J. B., RUPE J. C. (Eds.). **Compendium of Soybean Diseases**. Saint Paul, 4 ed. Saint Paul MN. APS Press, 1999, p.25-26.

SOUZA, L. L. P. **Efeito do momento de aplicação de fungicida e da época de semeadura no controle da ferrugem asiática da soja**. 2015, 55f. (Dissertação em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

STADINIK, M. J.; TALAMINI, V. Extratos vegetais e de algas no controle de doenças de plantas. In: STADNIK, M. J.; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. 5. Ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, cap. 3, p. 45-62. 2004.

TUPICH, F. L. B.; FANTIN, L. H.; SILVA, A. L.; CANTERI, M. G. Impacto do controle do mofo-branco com fluazinam na produtividade da soja no Sul do Paraná: metanálise. **Summa Phytopathologica**, Botucatu v. 43, n. 2, p.145-150, 2017.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; DE STEFANO PIEDADE, S. M.; DE FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229. 2007.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES Jr., J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 4, p. 675-677. 2005.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO JÚNIOR, L. A. Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Viçosa, MG: UFV. 321p. 2012.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; DA ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, Â. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p.279-290. 2015.

CAPÍTULO II – MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA COM PRODUTOS ALTERNATIVOS NA CULTIVAR TMG 7062

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é a mais importante leguminosa cultivada atualmente no mundo. A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a principal doença da cultura. Com o objetivo de estudar o comportamento da cultivar TMG 7062® em duas épocas de semeadura, e a aplicação de produtos alternativos isolados e associados a fungicida no controle da doença, foram conduzidos experimentos à campo em Ponta Grossa, PR, Brasil, durante as safras 2016/2017 e 2017/2018. Os tratamentos foram: 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1), 5- quitosana 1% (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 6- enxofre (V4, V6, R1 e R5.1), 7- enxofre (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 8- hipoclorito de sódio (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1). Em todos os tratamentos com fungicida foi adicionado o adjuvante óleo mineral Nimbus®. As variáveis avaliadas foram: severidade da ferrugem asiática, desfolha, componentes de rendimento e produtividade. Os dados semanais de severidade possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença. A aplicação isolada de enxofre e quitosana e todos os produtos alternativos associados ao fungicida diminuíram a severidade da doença nas duas épocas de semeadura e destacaram-se em relação a redução da desfolha. Apenas a massa de mil grãos foi afetada pelos produtos na segunda época de semeadura, nas duas safras. A produtividade foi afetada pelos tratamentos e épocas de semeadura, os melhores resultados, foram obtidos com os produtos associados ao fungicida, destacando-se o enxofre associado ao fungicida, havendo possibilidade da adoção desta estratégia de manejo pelos agricultores da região.

Palavras chave: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, época de semeadura, enxofre, hipoclorito de sódio e quitosana.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) is the most important legume cultivated today in the world. Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) is the main disease of the crop. In order to study the behavior of the cultivar TMG 7062[®] in two sowing seasons, and the application of alternative products isolated and associated to fungicide in the control of the disease, field experiments were conducted in Ponta Grossa, PR, Brazil, during the harvests 2016/2017 and 2017/2018. The treatments were: 1-control (V4, V6, R1 and R5.1), 2-*Bacillus subtilis* strain QST (V4, V6, R1 and R5.1), 3-*Bacillus subtilis* strain QST (V4 and V6), associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 4-chitosan 1% (V4, V6, R1 and R5.1), 5-chitosan 1% (V4 and V6) (R1 and R5.1), 6-sulfur (V4, V6, R1 and R5.1), 7-sulfur (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 8-hypochlorite (V4, V6, R1 and R5.1), sodium hypochlorite (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 10-azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 11-azoxystrobin + benzovindiflupir (V6, R1 and R5.1). Nimbus[®] mineral oil adjuvant was added to all fungicide treatments. The variables evaluated were: Asian rust severity, defoliation, yield components and productivity. The weekly severity data made it possible to calculate the area below the disease progress curve. The isolated application of sulfur and chitosan and all the alternative products associated to the fungicide decreased the severity of the disease in the two sowing times and stood out in relation to the reduction of the defoliation. Only the mass of a thousand grains was affected by the products in the second sowing season, in the two harvests. The productivity was affected by the treatments and sowing times, the best results were obtained with the products associated to the fungicide, highlighting the sulfur associated to the fungicide, being possible the adoption of this management strategy by the farmers of the region.

Key words: *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*, sowing season, sulfur, sodium hypochlorite and chitosan.

2.1 INTRODUÇÃO

Entre os principais fatores que limitam o rendimento, a lucratividade e o sucesso da produção de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) destacam-se as doenças (JULIATTI; POLIZEI; JULIATTI, 2005). A ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd.) é uma das doenças mais severas que incide na cultura, com danos variando de 10 a 90% (HIKISHIMA et al., 2010; YORINORI et al., 2005).

O controle da doença deve abranger diversas medidas conjuntas, como a utilização de cultivares mais precoces, semeadas no início da época recomendada para cada região, fungicidas e utilização de cultivares com resistência genética a doença quando disponível (SILVA; JULIATTI; SILVA, 2007).

O controle das doenças por meio da resistência genética é a forma mais econômica e de melhor aceitação pelo agricultor. Muitas pesquisas têm-se concentrado na obtenção de cultivares resistentes ao fungo causador da ferrugem asiática da soja (LI et al., 2012). Entretanto, a resistência genética não é totalmente efetiva na cultura, sendo então a utilização de fungicidas uma das alternativas de manejo mais utilizada, pois variedades totalmente resistentes ainda não foram desenvolvidas (DALLAGNOL et al., 2006; KLOSOWSKI et al., 2016). Porém, o uso indiscriminado de agrotóxicos pode ocasionar danos ao ambiente, levando ao desequilíbrio ambiental e a seleção de populações do fungo resistentes aos fungicidas, além de elevar o custo de produção da cultura (KLOSOWSKI et al., 2016).

Uma cultivar tolerante apresenta sintomas semelhantes a uma cultivar suscetível, porém apresenta maior estabilidade produtiva frente a infecção pelo patógeno. Dessa forma, cultivares com essa característica podem demandar menor número de aplicações de fungicidas, diminuindo a dependência do uso de agrotóxicos, bem como o custo de produção (MELO; ROESE; GOULART, 2015).

Dentro deste contexto, há necessidade de trabalhos sobre o comportamento de cultivares Inox (resistentes) em diferentes épocas de semeadura, o que pode resultar em recomendações diferenciadas, pois a eficiência dos produtos alternativos e do controle químico pode diferir devido à pressão do inóculo (NASCIMENTO et al., 2018).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da cultivar TMG 7062 quanto ao efeito da aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida sobre a severidade de ferrugem asiática, desfolha e a produtividade em campo, na cultura da soja em duas épocas de semeadura (outubro e dezembro) nas safras 2016/2017 e 2017/2018 em sistema de semeadura direta na palha.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas safras agrícolas 2016/2017 e 2017/2018, no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná (25°50'58" S e 50°09'30" W e altitude de 975 m), que apresenta clima subtropical úmido, classificado como Cfb, segundo Köppen. A precipitação média anual é de aproximadamente 1.550 mm. As temperaturas máxima e mínima e a precipitação diária na área do experimento no período, foram coletadas por estação agrometeorológica localizada próxima ao campo experimental (Anexos 2 e 3).

A instalação dos experimentos ocorreu em duas épocas de semeadura (uma no cedo em outubro e outra no tarde, dezembro), em duas safras (2016/2017 e 2017/2018). Utilizou-se a cultivar TMG 7062, com o espaçamento entre linhas de 0,45 m com 12 sementes por metro para obter a densidade de 9 plantas m⁻¹ e população final de 200.000 plantas ha⁻¹.

Os tratamentos constituíram da aplicação foliar dos produtos 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1) (3 L p.c. ha⁻¹), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) (3 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 5- quitosana 1% (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 6- enxofre (S 26%) (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 7- enxofre (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 8- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 10- azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹). Em todos os tratamentos com fungicidas foi acrescentado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral, 0,5 v/v).

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

As parcelas a campo apresentavam dimensões de 4,5 x 4,0 m, totalizando 18 m² de área total. Os tratamentos utilizados foram aplicados via foliar com o uso de cilindro de dióxido de carbono com pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas (XR 11002) espaçados em 0,50 m e volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ para todos os tratamentos. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme a exigência da cultura.

A avaliação da severidade da ferrugem asiática iniciou antes da 1ª aplicação em V4 e semanalmente durante todo o ciclo da cultura. A severidade foi avaliada em 7 plantas nas duas linhas centrais de cada parcela nas folhas dos terços inferior, médio e superior. Cada terço da planta recebeu três estimativas de severidade. A severidade da ferrugem asiática foi estimada com auxílio da escala diagramática de Godoy; Koga; Canteri (2006). As avaliações da severidade das doenças possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977).

A desfolha foi avaliada no momento em que as plantas da parcela da testemunha atingiram 85% de desfolha, com o auxílio da escala diagramática para estimativa de desfolha de Hirano et al. (2010). No final do ciclo da cultura, as plantas da área útil de cada parcela (9,0 m²) foram colhidas, pesadas e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para kg ha⁻¹.

Foram avaliados em plantas de um metro de cada parcela os componentes de rendimento (plantas por metro, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de 1.000 grãos). Também foi realizada a contagem de vagens chochas (mal formadas, sem grãos desenvolvidos), em separado para não diminuir o componente grão por vagem normal, evitando um falso resultado.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software R, versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na semeadura em dezembro as AACPD's obtidas apresentaram as maiores médias (331,62 e 229,60) quando comparada a primeira época de semeadura (72,96 e 103,66) (Tabela 2.1) nas duas safras. Este resultado deve-se provavelmente a diferença em relação a maior pressão de inóculo que ocorre na segunda época de semeadura. As áreas da primeira época de semeadura são fonte de inóculo, para a segunda.

Em relação ao desempenho dos tratamentos na primeira época de semeadura, todos os tratamentos diferiram da testemunha (Tabela 2.1), provavelmente devido a menor pressão de inóculo que ocorre no campo. Já na segunda época, semeadura em dezembro, os tratamentos com *B. subtilis* e hipoclorito de sódio foram equivalentes à testemunha, diferindo dos tratamentos com quitosana e enxofre (Tabela 2.1). A quitosana é derivada da quitina, que por sua vez é encontrada em fungos, artrópodes e invertebrados. Comercialmente é mais utilizado o exoesqueleto de crustáceos para a produção de quitina (HONG et al., 2012). A aplicação com quitosana isolada reduziu a AACPD da doença na primeira safra em 54,13 e 29,49% e na segunda safra em 18,34 e 16,13%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. A quitosana apresentou bom potencial antimicrobiótico quando aplicada em frutos ou folhas, como demonstraram os trabalhos de Hong et al. (2012), com frutos de pós colheitas, e o trabalho de Camilli et al. (2007), que descreve a obtenção de resultados positivos quanto ao uso de quitosana na uva aplicada em pós-colheita contra *Botrytis cinerea*. Maia et al. (2010), também relataram efeitos positivos da quitosana contra a antracnose (*Elsinoe ampelina*) na videira *in vitro*. Estudo conduzido por Locateli (2017), demonstrou que a quitosana, na cultura da soja, possui a capacidade de ativar mecanismos de defesa vegetal, pela ativação da enzima fenilalanina amônia-liase como também a formação de compostos fenólicos.

O enxofre quando aplicado isolado, na primeira safra, reduziu a AACPD da doença em 56,78 e 42,21% e na segunda safra 34,09 e 47,54%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. O tratamento com enxofre apresentou maior redução da AACPD, nas duas épocas de semeadura e safras (Tabela 2.1).

O enxofre é um componente de proteínas e aminoácidos em plantas, exigido em boa quantidade por leguminosas, pelo alto acúmulo de proteínas nessas espécies (ALVAREZ et al., 2007). No presente experimento (Tabela 2.3), o enxofre apresentou controle sobre a ferrugem asiática, o que pode ter interferido na produtividade da cultura, e não sua atuação como adubo foliar. Segundo Vitti et al. (2007), a cultura da soja responde à aplicação de enxofre, em produtividade, mas esta resposta normalmente se limita a solos pobres neste nutriente.

Tabela 2.1- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.

Safra 2016/2017								
Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	132,16 a*	78,87 a	7,85 ns	72,96 a	535,52 a	310,16 a	149,18 a	331,62 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	77,30 b	46,81 b	8,22	44,11 b	503,91 a	273,51 a	142,487 a	306,63 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	38,80 d	25,03 c	6,63	23,49 c	76,78 d	48,02 c	17,36 c	47,39 d
4 Quitosana	58,17 c	36,18 b	6,07	33,47 c	348,46 b	257,52 a	95,51 b	233,83 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	27,00 d	19,16 c	6,06	17,41 d	52,22 d	37,68 c	13,32 c	34,41 d
6 Enxofre	55,83 c	33,04 b	5,72	31,53 c	260,38 c	207,28 b	107,25 b	191,64 c
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	26,62 d	19,32 c	3,87	16,60 d	68,31 d	30,46 c	11,82 c	36,86 d
8 Hipoclorito de sódio	77,73 b	53,06 b	9,25	46,68 b	477,41 a	301,48 a	142,55 a	307,15 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	42,58 c	27,04 c	2,82	24,15 c	81,52 d	49,83 c	30,47 c	53,94 d
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	43,96 c	29,38 c	4,48	25,94 c	94,01 d	46,33 c	19,48 c	53,28 d
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	33,03 d	18,10 c	1,66	17,55 d	54,15 d	33,61 c	16,11 c	34,62 d
C.V. (%)	21,69	29,75	90,86	22,97	16,92	22,47	34,88	16,34
Safra 2017/2018								
Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	184,32 a*	108,58 a	18,11 ns	103,66 a	391,61 a	234,98 a	62,22 a	229,60 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	138,56 b	95,83 a	18,48	84,29 b	315,15 a	208,63 a	50,87 a	191,55 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	88,07 d	49,10 c	13,47	50,21 d	118,63 c	80,93 b	12,16 c	70,58 c
4 Quitosana	142,09 b	93,75 a	18,12	84,65 b	331,05 a	193,30 a	53,32 a	192,56 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	65,02 e	47,78 c	14,54	42,45 d	138,56 c	106,68 b	22,93 c	89,39 c
6 Enxofre	114,12 c	74,47 b	16,38	68,32 c	233,34 b	100,35 b	27,67 c	120,45 b
7 Enxofre + azoxistrobina + benzovindiflupir	70,38 e	47,03 c	15,50	44,30 d	103,04 c	80,03 b	15,17 c	66,08 c
8 Hipoclorito de sódio	181,99 a	106,29 a	19,37	102,55 a	336,11 a	231,22 a	55,71 a	207,68 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	81,91 d	65,22 b	13,75	53,62 c	168,19 b	120,34 b	22,22 c	103,58 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	94,83 d	63,77 b	13,07	57,22 c	184,98 b	133,67 b	37,70 b	118,78 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	59,03 e	48,41 c	13,10	40,18 d	121,44 c	81,16 b	16,62 c	73,07 c
C.V. (%)	14,85	19,62	28,48	16,25	21,59	22,47	27,73	19,79

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Quando os tratamentos com enxofre e quitosana são associados ao fungicida, ocorre maior redução da AACPD. O tratamento com quitosana associada ao fungicida reduziu a AACPD na primeira safra em 76,14 e 89,62% e na segunda safra 59,05 e 61,07%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabela 2.1). Já o tratamento com enxofre associado ao fungicida reduziu a AACPD na primeira safra em 77,25 e 88,88% e na segunda safra em 57,26 e 71,22%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabelas 2.1 e 2.2).

O tratamento com *B. subtilis* isolado reduziu na primeira safra a AACPD da doença em 5,90 e 7,54% e na segunda safra em 18,69 e 16,57%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Porém quando a bactéria é associada ao fungicida, ocorreu a maior redução da AACPD em 67,80 e 85,71%, na primeira safra, e na segunda em 51,56 e 69,26%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. (Tabela 2.1).

Torres et al. (2016), utilizando *B. subtilis* subsp. *subtilis* PGPMori7 e *B. amyloliquefaciens* PGPBacCA1 em experimento *in vitro* com *Macrophomina phaseolina*, verificaram que os dois bacilos inibiram significativamente o crescimento do fungo fitopatogênico por pelo menos dois mecanismos distintos: síntese de lipopeptídeos e competição entre microrganismos. Liu et al. (2014), verificaram *in vitro*, que a interação entre esses lipopeptídeos e os patógenos produz alteração da estrutura e permeabilidade das membranas dos fungos *Alternaria solani*, *Fusarium sambucinum*, *Rhizopus stolonifer* e *Verticillium dahliae*.

A aplicação de hipoclorito de sódio isolado, reduziu na primeira época de semeadura a AACPD em 35,90 e 7,38%, e na segunda safra em 1,07 e 9,55%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Quando o produto foi associado ao fungicida obteve-se maior porcentagem de redução da AACPD, na primeira safra de 66,90 e 83,73% e na segunda safra em 48,27 e 54,89%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabela 2.1).

O hipoclorito de sódio é obtido pelo borbulhamento de cloro em solução de hidróxido de sódio. Possui propriedades desinfestantes, atuando sobre os microorganismos, matando-os por inibição de reações enzimáticas, desnaturação das proteínas e inativação dos ácidos nucleicos nas células (RESENDE et al., 2009).

A cultivar utilizada no experimento possui a Tecnologia Inox[®], com resistência à ferrugem asiática (TMG, 2018). Sacon (2018), afirma que está cultivar retarda o progresso da ferrugem asiática. A resistência tem como característica a redução da taxa da epidemia, por meio da redução do número e tamanho das lesões, da diminuição da produção de esporos e do

aumento do período latente (SILVA et al., 2007). Seis genes de resistência à ferrugem asiática já foram identificados na soja: Rpp1 (MCLEAN; BYTH, 1980), Rpp2 (BROMFIELD; HARTWIG, 1980), Rpp3 (HARTWIG; BROMFIELD, 1983), Rpp4 (HARTWIG, 1986), Rpp5 (GARCIA et al., 2008) e Rpp6 (PI-567102B) (LI et al., 2012). Foi constatado que o gene Rpp1 confere resposta imune da soja ao patógeno, pois, após a inoculação de certos isolados, as plantas não apresentaram sintomas visíveis (MILES; FREDERICK; HARTMAN, 2006).

A resistência conferida pelos genes Rpp2 a Rpp6 limita o crescimento e a esporulação do fungo, por meio de reação de hipersensibilidade que provoca lesão marrom-avermelhada visível, descrita como “reddish-brown” (RB), além da cor, esse tipo de lesão tem como característica não formar ou formar poucas urédias sobre o tecido doente, quase sem esporos (BONDE et al., 2006; GARCIA et al., 2008). Já a interação entre a ferrugem asiática e as plantas suscetíveis resulta em lesões de coloração bronzeada denominadas “Tan” (BROMFIELD; HARTWIG, 1980; BROMFIELD, 1984; MILES; FREDERICK; HARTMAN, 2006). A resistência da cultivar TMG 7062 está relacionada a reação de hipersensibilidade (TMG, 2018).

A reação de hipersensibilidade resulta na morte repentina de um número limitado de células do hospedeiro circundando os sítios de infecção. Como o patógeno necessita de células vivas para sobreviver e se multiplicar, com a morte dessas células, o crescimento do patógeno é limitado no local de infecção (GARCIA et al., 2008).

Já foi observado, em nível mundial e também no Brasil que a resistência não é duradoura, uma vez que o patógeno tem uma grande variabilidade, já foram identificadas 18 raças (KLOSOWSKI et al. 2015). Observa-se que a cultivar TMG 7062 apresenta genes de resistência, mas que apesar deles a doença ocorre, havendo redução da severidade da doença com a aplicação dos produtos alternativos isolados ou associados ao fungicida (Tabela 2.1).

Isso reforça a ideia de que o uso de cultivares com resistência ao patógeno deve ser encarado como uma ferramenta de controle, compondo um sistema integrado cujo propósito é a eficiência no controle desta doença, havendo necessidade que essa deva vir amparada pelo uso de produtos, além da época de semeadura. Mesmo em cultivares com resistência a ferrugem asiática, se faz necessário a utilização de fungicidas, pois em condições de alta pressão de inóculo, a doença poderá trazer redução da área fotossintetizante da planta, além dos métodos de controle (alternativos e com fungicida) auxiliarem na manutenção da tecnologia Inox (TMG, 2018).

Sacon (2018), em Erechim /RS, utilizando a mesma cultivar do presente trabalho, e quatro aplicações do fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir (V6; R1; R5.1 e R6)), porém

com semeadura em novembro, obteve na safra 2016/2017 a AACPD, na testemunha de 180,02 e no tratamento com o fungicida 30,09, e na safra 2017/2018, a AACPD obtida na testemunha foi de 235,30 e no tratamento com fungicida 62,10. No presente experimento foram efetuadas três aplicações do mesmo fungicida, obtendo na safra 2016/2017 a AACPD de 72,96 e 331,62 na testemunha e de 17,55 e 34,62 no tratamento com fungicida, na primeira e segunda época de semeadura respectivamente. Na safra 2017/2018, foi obtido 103,66 e 229,60 na testemunha e de 40,18 e 73,07 no tratamento com fungicida, na primeira e segunda época de semeadura respectivamente

Constatou-se, que o fungicida aplicado em duas ou três vezes não possui efeito erradicante sobre a doença, apesar da cultivar apresentar resistência ao patógeno (Tabela 2.1). Conforme constatado por Godoy e Canteri (2004), a aplicação de fungicida para controle de ferrugem asiática não possui este efeito (erradicante) devido a grande variabilidade do patógeno e quantidade de inóculo do patógeno que torna a erradicação quase que inatingível (TSCHURTSCHENTHALER et al., 2012).

O tratamento com duas aplicações do fungicida reduziu a AACPD na primeira safra em 64,45 e 83,93 e na segunda safra em 44,80 e 48,27%, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Ocorreu maior porcentagem de redução da AACPD no tratamento com três aplicações do fungicida, na primeira safra, houve uma redução de 75,96 e 89,56% na semeadura em outubro e dezembro, respectivamente. Já na segunda safra, houve redução de 61,24 e 68,17% na semeadura em outubro e dezembro, respectivamente (Tabela 2.1).

No presente trabalho, foi utilizado uma cultivar resistente e duas épocas de semeadura, para avaliar o desempenho dos produtos, pois entre as estratégias de manejo recomendadas para essa doença estão a utilização de cultivares com gene (s) de resistência quando disponíveis; e realizar semeadura no início da época recomendada (GODOY et al., 2016). A ferrugem asiática encontra-se dispersa por todas as regiões produtoras de soja do país, não cabendo para o caso em estudo, a aplicação do princípio da exclusão e erradicação (princípios de Whetzel) (KIMATI; BERGAMIN FILHO, 2018).

A utilização do controle genético associado ao controle químico, na cultura da soja é uma estratégia eficiente, pois segundo Sacon (2018), utilizando a cultivar TMG 7062 e diferentes fungicidas (azoxistrobina + benzovindiflupyr; difenoconazol + ciproconazol; trifloxistrobina + protioconazol; e epoxiconazol + fluxapiroxade + piraclostrobina), obteve maior controle da doença quando comparado com a cultivar suscetível, BMX Vanguarda.

O fungicida utilizado (azoxistrobina + benzovindiflupir) é de contato e sistêmico, recomendado para ser usado em pulverizações preventivas (ADAPAR, 2018). No presente experimento as aplicações foram realizadas em V6, com o intuito de serem preventivas, pois segundo Rupe e Sconyers (2008), em grandes cultivos e com pouca incidência da doença os fungicidas apresentam melhor controle quando aplicados previamente. Godoy e Canteri (2004) também defendem que aplicação de fungicida baseado no princípio da proteção apresenta um controle de ferrugem asiática muito superior a aplicação de fungicidas baseados nos princípios da erradicação e terapia. Para Calaça (2007), a decisão do momento correto de aplicação de fungicida é fundamental para um eficiente controle da ferrugem asiática. Atrasos no controle podem torná-lo ineficaz.

O início das aplicações é um dos fatores mais críticos para o sucesso do controle de doenças. Atrasos significativos na aplicação, após o estabelecimento da doença em níveis elevados, podem resultar em danos significativos (LEVY, 2005).

Para Godoy et al. (2009) e Mueller et al. (2009), aplicações realizadas com níveis elevados de severidade não apresentam retorno em produtividade, apresentando produtividade semelhantes à testemunha sem controle. Godoy et al. (2009), constataram que é possível controle da ferrugem asiática mesmo após introdução da doença, porém em baixos níveis de severidade. Os autores concluíram em experimento conduzido em Londrina/PR que o controle da doença realizado mesmo após o seu estabelecimento (em níveis de até 2% de severidade) resultou em produtividades elevadas.

O controle químico da doença tem sido feito utilizando-se fungicidas sítio-específicos, que atuam em um único ponto do metabolismo do fungo e multissítios, que atuam em mais de um ponto no metabolismo do fungo (GODOY; CANTERI, 2004). De acordo com o modo de ação, três tipos de fungicidas sítio-específicos têm sido utilizados: os inibidores da desmetilação (IDM, “triazóis”), os inibidores da quinona externa (IQe, “estrobilurinas”) e os inibidores da succinato desidrogenase (ISDH, “carboxamidas”) (GODOY et al., 2017).

Populações de *P. pachyrhizi* menos sensíveis a esses três tipos de modo de ação já foram detectadas: em 2007, aos fungicidas IDM (SCHMITZ et al., 2014); na safra 2013/2014, aos IQe (KLOSOWSKI et al., 2016) e, em março de 2017, o FRAC - Comitê de Ação de Resistência a Fungicidas informou a ocorrência de menor sensibilidade de *P. pachyrhizi* a fungicidas ISDH, em populações coletadas em 2015/16 e 2016/17 (FRAC, 2017). No experimento foi utilizado o fungicida ISDH, “carboxamidas”, que apresentou controle de 75,94% na semeadura em outubro, e na semeadura em dezembro 89,56% na safra 2016/2017.

Na safra 2017/2018, na semeadura em outubro o controle foi de 61,23% e na semeadura em dezembro 68,17%, indicando menor sensibilidade do patógeno ao fungicida. Uma forma de manter a vida útil do produto é a sua associação aos produtos alternativos, evitando a resistência.

Entre os produtos testados destaca-se o enxofre, que é protetor e tem ação erradicante, penetram no interior dos microrganismos, provocando reações químicas não específicas, com grupamentos sulfidrílicos (SH), amino (NH₂), hidroxílicos (OH), presentes nas proteínas, com ácido nucleicos e seus precursores em várias rotas metabólicas (GARCIA, 2008), essas características são valiosas para evitar possível seleção de resistência na espécie do fungo.

Os resultados do trabalho demonstram que a ferrugem asiática foi mais agressiva na segunda época de semeadura em todas as safras (Tabela 2.1), corroborando com Silva; Juliatti; Silva (2007). Os autores também observaram que a doença foi mais agressiva na segunda época de semeadura, com grande e acelerada desfolha, o que causou redução drástica na produtividade da primeira para a segunda época, estando diretamente relacionado à grande pressão de inóculo ocorrida na segunda época de semeadura. Este resultado está de acordo também com Yorinori et al. (2005), que alertam que o controle da ferrugem asiática envolve várias estratégias de manejo, principalmente a semeadura de cultivares precoces nas épocas mais recomendadas para as regiões.

Da mesma forma, é possível notar que os maiores níveis de doença foram observados nos terços inferior e médio das plantas (Tabela 2.1). Esse comportamento pode estar relacionado a esses estratos da planta apresentarem condições ótimas para o desenvolvimento da doença, ambiente com maior umidade, menor ventilação e pouco atingido por raios solares bem como em função da dificuldade dos produtos testados chegarem até esse local na planta (CUNHA et al., 2006). Aliado a ocorrência das folhas do terço inferior serem as primeiras a ficarem infectadas, pois permanecem mais tempo expostas ao patógeno e acumulando mais doença ao longo do ciclo (FIALLOS; FORCELINI, 2013). A maior severidade da ferrugem asiática nas folhas mais velhas (correspondente ao terço inferior) se deve aos maiores períodos de molhamento proporcionados pelo microclima e menor irradiação nas folhas baixas das plantas de soja.

Conforme relatado por Navarini et al. (2007), os sintomas da doença são particularmente evidentes nas folhas, evoluindo desde urédias isoladas às áreas com pronunciada coalescência provocando amarelecimento e prematura abscisão foliar (desfolha). A desfolha, na segunda época de semeadura apresentou maiores médias (Tabela 2.2), e em

relação aos tratamentos, a associação dos produtos alternativos a fungicida obteve menores porcentagens de desfolha.

Foram obtidos menores níveis de severidade e de desfolha pela ferrugem asiática quando os produtos alternativos foram aplicados de forma conjunta em relação a testemunha e ao emprego isolado do fungicida (Tabela 2.2). Isso indica que a mistura de dois ou mais ingredientes ativos com mecanismo de ação distintos proporciona um controle mais eficiente da ferrugem asiática da soja e consequentemente reduzindo a desfolha da cultura. Além disso, essas combinações em campo possibilitam o aumento do espectro de ação do produto, garantindo maior efeito residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida.

Entre os componentes de rendimento avaliados, apenas o número de vagens normais por planta e a massa de mil grãos (MMG) foram afetados pelos tratamentos (Tabela 2.2), comparando as épocas de semeadura, na primeira há maior número de vagens por planta e as maiores médias do MMG, provavelmente devido a menor AACPD da doença nesta época (Tabela 2.1).

A desfolha pode interferir na produtividade da cultura, pois plantas severamente infectadas apresentam desfolha precoce, que compromete a formação, enchimento de vagens e o peso final do grão, quanto mais severa for a desfolha maior o dano (GODOY et al., 2009).

Com relação aos valores obtidos para a produtividade (Tabela 2.3), observou-se que na segunda época de semeadura ocorre redução do valor obtido, como também maiores médias da AACPD (Tabela 2.1). Assim, presume-se que as maiores produtividades constatadas nos blocos semeados antecipadamente é resultado da semeadura em época mais adequada e menos exposta ao patógeno causador da ferrugem asiática e outras doenças.

O maior valor de produtividade obtido foi para o tratamento de enxofre associado ao fungicida nas duas épocas de semeadura. Resende et al. (2009) trabalharam com enxofre na cultivar de soja Vencedora, adicionando uma pulverização do nutriente no estágio fenológico R3, utilizando como tratamento padrão para a ferrugem asiática (fungicida do grupo químico das estrobilurina + triazol (Ópera® 0,5 L. ha⁻¹), verificaram em relação à produtividade, variação de 2.000 (controle) a 2.641kg ha⁻¹ para o tratamento com enxofre na dose de 2 L.pc ha⁻¹, o que representa aumento de 32,05% (641 kg ha⁻¹). No presente experimento o tratamento com enxofre isolado e enxofre associado ao fungicida apresentaram em média ganho de 400 e 652 kg ha⁻¹ respectivamente.

Sacon (2018), utilizando a mesma cultivar e quatro aplicações do fungicida, com semeadura em novembro, obteve na safra 2016/2017 a produtividade na testemunha de 4.778,10 kg ha⁻¹ e no tratamento com fungicida 4.813,70 kg ha⁻¹, e na safra 2017/2018, na testemunha 2.655,90 kg ha⁻¹ e no tratamento com fungicida 3.216,00 kg ha⁻¹, corroborando com os resultados do presente experimento. As produtividades alcançadas na presença de fungicida (Tabela 2.3) estão próximas da produtividade média obtida no Estado do Paraná de 3.731,00 kg ha⁻¹ na safra 2016/2017 e 3.508,00 kg ha⁻¹ para a safra 2017/2018 (CONAB, 2018).

Segundo Komori et al. (2004), a semeadura tardia de cultivares precoces causou uma redução na produtividade, isto porque há uma redução do ciclo da cultura, principalmente do ciclo reprodutivo, redução do porte de plantas, redução de vagens e grãos, redução do número de nós, dentre outros fatores. Além disso, a semeadura tardia de cultivares precoces promoveu uma redução de nós e redução do número total de vagens e grãos por planta (PEIXOTO et al., 2000). Em quase sua totalidade, o Brasil apresenta semeadura adequada entre outubro e dezembro, mas há que se considerar as restrições impostas pelo local e cultivar (OLIVEIRA JUNIOR, 2010).

Com relação a época de aplicação, no presente experimento as aplicações foram baseadas na fenologia da planta. De acordo com Souza (2015), utilizando a cultivar M 6952 IPRO (Intacta) e aplicações do fungicida trifloxistrobina (60 g i.a ha⁻¹) + protioconazol (70 g i.a ha⁻¹) na região do Distrito Federal. A maior produtividade observada foi para o momento de aplicação do fungicida (aplicação baseada na fenologia da planta, V6, R1 e R5.1). O autor comparou as aplicações baseadas na fenologia da planta, com produtividade de 4.052,20 kg ha⁻¹.

Segundo Godoy et al. (2009), as aplicações sequenciais com base na fenologia da planta apresentam redução na severidade da ferrugem asiática e maior produtividade da planta. Navarini et al. (2007) também observaram tendência de maior ganho de rendimentos estarem relacionados a aplicações baseadas na fenologia da planta.

As aplicações do experimento foram baseadas na fenologia da planta, iniciando-se as aplicações em V4 para os produtos alternativos, visando tratamentos preventivos. As aplicações preventivas são as que demonstram melhores resultados no controle, o uso de aplicações curativas, quando a doença já está instalada na cultura não demonstram resultados satisfatórios (GODOY et al., 2009).

Tabela 2.2- Desfolha (%) e componentes de rendimento em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura outubro e dezembro, cultivar TMG7062. Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Desfolha			
	2016/2017 (Outubro)	2016/2017 (Dezembro)	2017/2018 (Outubro)	2017/2018 (Dezembro)
1 Testemunha	77,00 a*	94,25 a	87,00 ns	89,25 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	69,75 a	92,75 a	87,14	89,50 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	58,75 b	81,00 b	85,63	45,00 c
4 Quitosana	70,00 a	88,75 a	85,00	78,00 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	54,50 b	74,75 c	85,00	44,50 c
6 Enxofre	59,50 b	89,50 a	83,75	61,00 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	50,00 b	74,25 c	83,25	44,00 c
8 Hipoclorito de sódio	77,25 a	92,00 a	85,00	85,50 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	57,50 b	81,75 b	85,25	55,00 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	59,00 b	82,00 b	84,50	50,00 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	60,50 b	79,25 b	84,00	47,00 c
C.V. (%)	14,50	5,53	8,99	11,26

Tratamento	2016/2017 (Outubro)		2016/2017 (Dezembro)		2017/2018 (Outubro)		2017/2018 (Dezembro)	
	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG	vagens/pl.	MMG
1 Testemunha	95,28 ns	195,06 ns	65,63 ns	160,43 b*	93,18 ns	187,94 ns	76,36ns	163,40 b
2 <i>Bacillus subtilis</i>	118,83	189,86	64,50	158,79 b	88,22	190,51	74,28	172,16 b
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	114,08	204,60	74,38	184,60 a	87,10	188,77	84,85	188,25 a
4 Quitosana	94,69	190,44	65,63	170,29 b	89,36	188,66	76,07	166,19 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	106,97	200,80	67,52	187,84 a	98,48	198,68	85,20	188,54 a
6 Enxofre	98,00	194,26	74,50	173,85 b	87,60	187,31	74,81	167,20 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	96,74	202,26	70,24	186,71 a	92,53	186,57	82,31	191,92 a
8 Hipoclorito de sódio	114,61	184,71	77,67	166,24 b	85,10	178,03	78,63	171,98 b
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	122,78	192,15	65,95	183,59 a	90,87	194,25	81,74	182,79 a
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	120,70	192,84	70,99	181,88 a	89,88	189,17	82,28	187,33 a
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	121,01	199,84	69,16	182,06 a	95,07	187,28	85,99	188,49 a
C.V. (%)	19,99	4,77	15,79	4,92	18,24	6,47	9,95	4,42

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação. MMG=massa de mil grãos.

Tabela 2.3- Produtividade (kg ha⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura em outubro e dezembro, cultivar TMG 7062. Safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Produtividade			
	2016/2017		2017/2018	
	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
1 Testemunha	4.517,33 ns	3.552,30 a*	3.735,64 ns	2.953,45 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	4.692,60	3.506,98 a	3.878,70	3.243,11 b
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.588,01	4.295,69 b	3.996,76	3.685,70 c
4 Quitosana	4.429,71	4.186,90 b	3.717,59	3.329,96 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.461,15	4.785,75 b	4.096,29	3.811,17 c
6 Enxofre	4.634,65	4.504,84 b	3.826,85	3.432,40 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.848,08	4.850,90 b	4.075,92	3.855,59 c
8 Hipoclorito de sódio	4.313,80	3.651,43 a	3.784,72	2.903,96 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.972,46	4.502,66 b	3.781,48	3.629,94 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	4.559,74	4.312,59 b	3.759,72	3.757,91 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	4.797,19	4.635,53 b	3.881,02	3.831,94 c
C.V. (%)	8,96	8,84	7,08	7,02

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns=não significativo; C.V.= coeficiente de variação

O uso de aplicações curativas ou calendarizadas deve-se pela dificuldade de diagnósticos no início da doença e plantas severamente atacadas não demonstram diferença significativa na produtividade (NAVARRO JÚNIOR; COSTA, 2004) onde aplicações feitas com alta incidência da doença não obtiveram diferença de produção em relação a plantas sem controle.

As diferenças regionais no Brasil não permitem a adoção de um modelo único nacional para o manejo da doença (GODOY et al., 2009). O planejamento de uso de fungicidas deve levar em consideração as regionalidades e os fatores de risco monitorados ao longo da safra. Porém, as razões para os produtores no Brasil, e de outros lugares do mundo, adotarem programas de aplicações calendarizadas têm base na dificuldade de identificar a doença no seu início e o potencial de dano sob situações de falha no manejo (GODOY et al., 2009; DALLA LANA et al., 2018).

Devido a expressividade das áreas cultivadas com soja na região dos Campos Gerais, objetiva-se que as estratégias de manejo estudadas neste trabalho possam ser adotadas pelos agricultores da região contribuindo para a eficiência e sustentabilidade no controle dessa doença.

2.4 CONCLUSÃO

A severidade da doença foi menor na semeadura em outubro.

Os produtos alternativos associados ao fungicida diminuíram a severidade da doença nas duas épocas de semeadura.

Em relação aos produtos alternativos isolados, o enxofre e a quitosana destacaram-se na redução da severidade e da desfolha.

O componente de rendimento massa de mil grãos foi afetado pelos tratamentos apenas na segunda época de semeadura, nas duas safras.

A produtividade foi afetada pelos produtos e épocas de semeadura, os melhores resultados, foram obtidos nos tratamentos alternativos associados com o fungicida, destacando-se o enxofre associado ao fungicida.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPAR, Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Fungicidas/ELATUS180118.pdf>> Acesso em: 30 out. 2018.

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS R. F.; BARROS N. F.; CANTARUTTI R. B.; LOPES A. S. **Enxofre**. In: NOVAIS, R. F. (Ed) Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 595-644. 2007.

BROMFIELD, K. R.; HARTWIG, E. E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, New York, v.20, n.2, p.254-255, 1980.

BONDE, M. R.; NESTER, S. E.; AUSTIN, C. N.; STONE, C. L.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L.; MILES, M. R. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomiae* isolates. **Plant Disease**, Saint. Paul, v. 90, n. 6, p. 708-716, jun. 2006.

BROMFIELD, K. R. Soybean Rust-Monograph No. 11, The American **Phytopathological Society**, Cambridge, MN, USA, 1984.

CALAÇA, H. A. **Ferrugem asiática da soja: relações entre o atraso do controle químico, rendimento, severidade e área foliar sadia de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. 2007. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CAMILLI, E. C.; BENATO, E. A.; PASCHOLATI, S. F.; CIA, P. Avaliação de quitosana, aplicada em pós colheita, na proteção de uva Itália contra *Botrytis cinerea*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 215 - 221, 2007.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira de grãos Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 7 ago. 2018.

CUNHA, J. P.; ARANTES R.; ELTON FIALHO D. R., OLIVEIRA S. O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 123-145, 2006.

DALLA LANA, F., PAUL, P. A., GODOY, C. V., UTIAMADA, C. M., DA SILVA, L. H. C., SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C. Meta-analytic modeling of the decline in performance of fungicides for managing soybean rust after a decade of use in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 102, n. 4, p. 807-817, 2018.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELAM, R. Use of Acibenzolar-S-Methyl to control foliar diseases of soybean. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

FIALLOS F. R.; FORCELINI C. A. Controle comparativo da ferrugem asiática da soja com fungicida triazol ou mistura de triazol+ estrobilurina. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n. 4, p. 805-15. 2013.

FRAC. Fungicide Resistance Action Committee - Brasil. Informação sobre carboxamidas em ferrugem da soja. 2017. 3 p. (Informativo 01/2017). Disponível em: http://media.wix.com/ugd/85b1d3_060a6876562140b693f03708057acff2.pdf. Acesso em: 28 ago. 2017.

GARCIA, A.; CALVO, E. S.; KIIHL, R. A. de S.; HARADA, A.; HIROMOTO, D. M.; VIEIRA, L. G. E. Molecular mapping of soybean (*Phakopsora pachyrhizi*) resistance genes: discovery of novel locus and alleles. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v.117, p. 545-553, 2008.

HARTWIG, E. E. Identification of a fourth major gene conferring resistance to soybean rust. **Crop Science**, Madison, v. 26, n. 6, p. 1135-1136, 1986.

HARTWIG, E. E.; BROMFIELD, K. R. Relationships among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 237-239, 1983.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicantes de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília v. 29, n. 1, p. 097-101, 2004.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L. C. M.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 56-61, 2009.

GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M. G. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, p. 63-68, 2006.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V.; Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Org.). **Manual de Fitopatologia**. v. 2. Doenças das Plantas Cultivadas. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2016. p. 657-675.

GODOY, C. V.; UTIAMADA, C. M.; MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; LOPES, I. de O. N.; FORCELINI, C. A.; PIMENTA, C. B.; JACCOUD FILHO, D. S.; MOREIRA, E. N.; BORGES, E. P.; ANDRADE JUNIOR, E. R. de; SIQUERI, F. V.; JULIATTI, F. C.; FAVERO, F.; FEKSA, H. R.; ARAUJO JUNIOR, I. P.; GRIGOLLI, J. F. J.; NUNES JUNIOR, J.; BELUFI, L. M. de R.; CARNEIRO, L. C.; SILVA, L. H. C. P. da; SATO, L. N.; CANTERI, M. G.; VOLF, M. R.; GOUSSAIN, M.; DEBORTOLI, M. P.; MARTINS, M. C.; BALARDIN, R. S.; FURLAN, S. H.; MADALOSSO, T.; CARLIN, V. J.; VENANCIO, W. S. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (**Embrapa Soja. Circular Técnica, 129**).

KIMATI, H.; BERGAMIN FILHO. Princípios gerais de controle. In: BERGAMIN FILHO, K.; H. AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**, Principios e Conceitos. 4. Ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2028. p. 692-709.

HIKISHIMA, M; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V.; KOGA, L. J.; SILVA, A. J. D. Quantificação de danos e relações entre severidade, medidas de refletância e produtividade no patossistema ferrugem asiática da soja. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, p. 96-103, 2010.

HIRANO, M.; HIKISHIMA, M.; SILVA, A. J.; XAVIER, S. A.; CANTERI, M. G. Validação de escala diagramática para estimativa de desfolha provocada pela ferrugem asiática em soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 248-250, 2010.

HONG, K.; XIE, J.; ZHANG, L.; SUN, D.; GONG, D. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 144, p. 172-178, Set. 2012.

JULIATTI, F. C.; POLIZEI, A. C.; JULIATTI, F.C. **Manejo integrado de doenças de soja**. Uberlândia: Composer, 2005. 327p.

KLOSOWSKI, A. C.; MAY DE MIO, L. L.; MIESSNER, S.; RODRIGUES, R.; STAMMLER, G. Detection of the F129L mutation in the cytochrome b gene in *Phakopsora pachyrhizi*. **Pest Management Science**. West Sussex. v. 72, p. 1211–1215, 2015.

KOMORI, E.; HAMAWAKI, O. T.; SOUZA, M. P.; SHIGIHARA, D.; BATISTA, A. M. Influência da época de semeadura e população de plantas sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Bioscience Journal**, Uberlandia, v. 20, n. 3, p. 13-19, 2004.

LI, S. Identification of a new soybean rust resistance gene in PI 567102B. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 125, p. 133-142, 2012.

LIU, J.; HAGBERG, I.; NOVITSKY, L.; HADJ-MOUSSA, H.; AVIS, T. J. Interaction of antimicrobial cyclic lipopeptides from *Bacillus subtilis* influences their effect on spore germination and membrane permeability in fungal plant pathogens. **Fungal biology**, London v. 118, n. 11, p. 855-861, 2014.

LEVY, C. Epidemiology and chemical control of soybean rust in southern Africa. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, p. 669-674, 2005.

LOCATELI, B. T. Indução de resistência por agentes abióticos em soja à mosca branca. 2017, 65 f. Dissertação (Mestrado em Agrossistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2017.

MAIA, A. J.; BOTELHO, R. V.; FARIA, C. M. D. R.; LEITE, C. D. Ação de quitosana sobre o desenvolvimento de *Plasmopora viticola* e *Elsione ampelina*, *in vitro* e em videiras cv. 'Isabel'. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 3, p. 203-209, 2010.

MCLEAN, R. J.; BYTH, D. E. Inheritance of resistance to rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in soybeans. **Australian Journal of Agricultural Research**, Canberra, v. 31, p. 951-956, 1980.

MELO, C. L. P. DE; ROESE, A. D.; GOULART, A. C. P. Tolerância de genótipos de soja à 447 ferrugem-asiática. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 8, p. 1353-1360, 2015.

MILES, M. R.; FREDERICK, R. D.; HARTMAN, G. L. Evaluation of soybean germplasm for resistance to *Phakopsora pachyrhizi*. **Plant Health Progress**, Florida, v. 5, n. 2, p. 32-58, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Agrotóxicos. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>>. Acessado: em:7 ago. 2018.

MUELLER, T. A. MILES, M. R.; MOREL, W.; MAROIS, J. J.; WRIGHT, D. L.; KEMERAIT, R. C.; LEVY, C.; HARTMAN, G. L. Effect of fungicides and timing of application on soybean rust severity and yield. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 93, n. 2, p. 243-248, 2009.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; OLIVEIRA, J. L.; LABORDE, M. C.; PONTIM, B. C. A.; MENDES, M. P. Manejo da ferrugem asiática da soja com aplicações de fungicidas iniciadas na detecção do patógeno ou posteriores. **Agrarian**, Guarapuava, v. 11, n. 39, p. 42-49, 2018.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, J. A. Expressão do potencial de rendimento de cultivares de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, p. 275-279, 2004.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. de; CASTRO, C. de; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F. A. de. Soja. PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. Piracicaba: **International Plant Nutrition**, Ames, v. 3, p. 1-38, 2010.

PEIXOTO, C. P. P.; CÂMARA, G. M. S.; MARTINS, M. C.; MARCHIORI, L.F.S.; GUERZONI, R.A.; MATTIAZZI, P. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I – Componentes de produção e rendimentos de grãos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 89-96, 2000.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

RESENDE, A.; SOUZA, P. I. M. D. E.; SOUZA, J. R. D. E.; BLUM, L. E. B. Influência do hipoclorito de sódio como fungicida na absorção de cálcio e silício pela soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Londrina, v. 8, n. 1-2, p. 25-38, 2009.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology: 1997. 20p. (Special Report, 53).

RUPE, J.; SCONYERS, L. Ferrugem asiática da soja. The Plant Health Instructor. 2008. Portuguese translation by Rubens Cherubini Alves and Emerson M. Del Ponte, 2008.

SACON, D. **Integração entre controle genético e químico sobre o progresso da ferrugem asiática e a produtividade da soja**. 2018, 45p. (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim-RS, 2018.

SCHMITZ, H. K.; MEDEIROS, C. A.; CRAIG, I. R.; STAMMLER, G. Sensitivity of *Phakopsora pachyrhizi* towards quinone-oxidoreductase-inhibitors and demethylation-inhibitors, and corresponding resistance mechanisms. **Pest Management Science**, West Sussex v. 70, p. 378-388, 2014.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, V. A. S.; JULIATTI, F. C.; SILVA, L. A. S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1261-1268, set. 2007.

SILVA, V. A. S.; JULIATTI, F. C.; SILVA, L. A. S. Interação entre resistência genética parcial e fungicidas no controle da ferrugem asiática da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1261-1268, 2007.

SOUZA, L. L. P. Efeito do **momento de aplicação de fungicida e da época de semeadura no controle da ferrugem asiática da soja**. 2015, 55 f. Dissertação em Agronomia. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

TMG, Tropical Melhoria Genética. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/pt/cultivar/tmg-7062-ipro>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

TORRES, M. J.; BRANDAN, C.P.; PETROSELLI, G.; ERRA-BALSELLS, R.; AUDISIO, M.C. Antagonistic effects of *Bacillus subtilis* subsp. *subtilis* and *B. amyloliquefaciens* against *Macrophomina phaseolina*: study of fungal changes and UV-MALDI-TOF MS analysis of their bioactive compounds. **Microbiological research**, German, n. 182, p. 31-39, 2016.

TSCHURTSCHENTHALER, N. N.; VIEIRA, E. S. N.; DALLA NORA, T.; SCHUSTER, I. Variabilidade genética de *Phakopsora pachyrhizi* avaliada por meio de marcadores microsatélites. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 2, p. 181-186, 2012.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; DE STEFANO PIEDADE, S. M.; DE FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229, 2007.

WHETZEL, H. H.; HESLER, L.R.; GREGORY, C.T.; RANKIN, W.H. Laboratory outlines in plant pathology. Philadelphia: W.B. Saunders, 1925.

WHETZEL, H. H. The terminology of phytopathology. Proceedings of the International Congress of Plant Sciences, Ithaca, New York, v. 2, p. 16-23, 1929.

YORINORI, J. T.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R. D.; COSTAMILAN, L. M.; BERTAGNOLLI, P. F.; HARTMAN, G. E.; GODOY, C. V.; NUNES Jr., J. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 4, p. 675-677. 2005.

CAPÍTULO III – ÉPOCA DE SEMEADURA E PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DO OÍDIO NA SOJA

RESUMO

A ocorrência do oídio (*Microsphaera diffusa*) da soja (*Glycine max*) tem aumentado nas últimas safras, havendo necessidade de novas medidas de controle. O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito de épocas de semeadura e de produtos alternativos isolados e associados a fungicidas, no controle da doença. O experimento foi realizado na Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR (safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018), utilizando a cultivar de soja NA 5909. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com 11 tratamentos e 4 repetições, constituídos da aplicação foliar dos produtos: 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1), 5- quitosana 1% (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 6- enxofre (V4, V6, R1 e R5.1), 7- enxofre (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 8- hipoclorito de sódio (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1). Em todos os tratamentos com fungicida foi adicionado o adjuvante óleo mineral Nimbus®. Com base nas avaliações semanais da severidade de oídio, foi calculada a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e avaliada a produtividade da cultura. Nas três safras, a primeira época de semeadura apresentou as menores médias de AACPD. Os produtos alternativos associados ao fungicida diminuíram a AACPD da doença. Em relação aos tratamentos alternativos isolados, o enxofre destacou-se. A produtividade foi afetada pela época de semeadura e pelos tratamentos, os melhores resultados, foram obtidos nos produtos alternativos associados com o fungicida, destacando-se o enxofre associado ao fungicida, em relação aos produtos alternativos isolados, a quitosana e o enxofre diferiram da testemunha.

Palavras chave: Doenças, *Microsphaera diffusa*, manejo, *Glycine max*.

ABSTRACT

The occurrence of powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) of soybean (*Glycine max*) has increased in the last harvest, and new control measures are necessary. The objective of the present study was to evaluate the effect of sowing times and of alternative products isolated and associated to fungicides, in the control of the disease. The experiment was carried out at the State University of Ponta Grossa, PR (harvests 2015/2016, 2016/2017 and 2017/2018), using soybean cultivar NA 5909. The experimental design was randomized blocks with 11 treatments and 4 replicates, (V4, V6, R1 and R5.1), 2-*Bacillus subtilis* strain QST (V4, V6, R1 and R5.1), 3-*Bacillus subtilis* strain QST (V4 and V6) associated with azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 4-chitosan 1% (V4, V6, R1 and R5.1), 5-chitosan 1% (V4 and V6) (V 4, V 6, R 1 and R 5), 7-sulfur (V 4 and V 6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 8- sodium hypochlorite (V4, V6, R1 and R5.1), sodium hypochlorite (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 10-azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5). 1), 11-azoxystrobin + benzovindiflupir (V6, R1 and R5.1). Nimbus® mineral oil adjuvant was added to all fungicide treatments. Based on the weekly evaluations of the mildew severity, the area under the disease progress curve (AACPD) was calculated and the crop productivity evaluated. In the three harvests, the first sowing season presented the lowest mean AACPD values. Alternative products associated with the fungicide decreased the AACPD of the disease. Regarding the alternative treatments, the sulfur was highlighted. The productivity was affected by the sowing season and by the treatments, the best results were obtained in the alternative products associated with the fungicide, highlighting the sulfur associated with the fungicide, in relation to the isolated alternative products, chitosan and sulfur differed from the control.

Key words: Diseases, *Microsphaera diffusa*, handling, *Glycine max*.

3.1 INTRODUÇÃO

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, é o grão mais importante economicamente no mundo, devido ao seu potencial produtivo, sua composição química e ao seu valor nutritivo (MAUAD et al., 2011). Entretanto a ocorrência de doenças é um fator limitante para altos rendimentos da cultura (HENNING et al., 2014). Dentre as doenças, destaca-se o oídio, causado pelo fungo *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. que, embora considerado de pouco interesse há alguns anos, ultimamente vem aumentando sua importância, ocasionando danos estimados entre 30 e 40% (BLUM et al., 2016).

Existem cultivares resistentes ao oídio (FORCELINI, 2004), porém, em função da grande variabilidade na reação de genótipos entre locais para suscetibilidade ao fungo, e da possibilidade de existir diferentes raças fisiológicas entre as populações que ocorrem no Brasil, o controle químico é o mais utilizado para o controle desta doença (PEREIRA et al., 2012).

O uso de agrotóxicos pode ocasionar danos ao ambiente, levando ao desequilíbrio e a seleção de populações de fungo resistentes aos fungicidas, além de elevar o custo de produção da cultura (TUPICH et al., 2017). Nesse contexto, os processos produtivos adotados na agricultura vêm sofrendo pressão da sociedade para a produção de alimentos de forma sustentável e sem resíduos (STADINIK; FREITAS, 2014), o que têm levado os pesquisadores a buscar medidas alternativas para o controle de doenças, havendo necessidade de pesquisas em relação a eficácia destes produtos e o seu comportamento em diferentes épocas de semeadura.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da época de semeadura e da aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida sobre a severidade do oídio em campo e sua influência na produtividade da cultura da soja em sistema de semeadura direta na palha com a cultivar NA 5909 nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos experimentos nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, no município de Ponta Grossa - PR, localizado a 25° 13' de latitude e 50° 03' de longitude, e 900 m de altitude. O solo no local é classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A adubação e a calagem foram realizadas conforme a necessidade da cultura (teor adequado de enxofre no solo 11 mg dm⁻³). O sistema de cultivo adotado na área é a semeadura direta na palha. As temperaturas médias mensais, precipitação total mensal e a umidade média na área dos experimentos no período, foram coletadas por estação agrometeorológica localizada próxima ao campo experimental (Anexos 1, 2 e 3).

A instalação dos experimentos ocorreu em duas épocas de semeadura, uma em outubro e outra em dezembro, nas três safras, utilizando a cultivar NA 5909 (suscetível ao oídio e a ferrugem asiática, hábito de crescimento indeterminado (NIDERA, 2018)) com espaçamento entre linhas de 0,45 m com 15 sementes por metro para obter densidade de 12 plantas m⁻¹ e população final de 250.000 plantas ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado no campo foi em blocos ao acaso com 11 tratamentos e 4 repetições para cada época de semeadura e safra.

Os tratamentos constituíram da aplicação foliar dos produtos 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1) (3 L p.c. ha⁻¹), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) (3 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 5- quitosana 1% (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 6- enxofre (S 26%) (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 7- enxofre (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 8- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 10- azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹). Em todos os tratamentos com fungicidas foi acrescentado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral, 0,5 v/v).

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

As parcelas a campo apresentavam dimensões de 4,5 x 4,0 m, totalizando 18 m² de área total. Os tratamentos utilizados foram aplicados via foliar com o uso de cilindro de dióxido de carbono com pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas (XR 11002) espaçados em 0,50 m e volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ para todos os tratamentos. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme a exigência da cultura.

As avaliações da severidade do oídio foram realizadas semanalmente durante o ciclo da cultura a partir dos primeiros sintomas. Estimou-se a porcentagem de tecido foliar atacado nas folhas de 7 plantas escolhidas ao acaso, nas duas linhas centrais de cada parcela. Cada planta foi avaliada nos seus terços (inferior, médio e superior) e a média dos terços utilizada para a estimativa da severidade da planta inteira. A severidade do oídio foi estimada com o auxílio da escala de Mattiazzi (2003). Estes dados possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977).

No final do ciclo da cultura, as plantas da área útil de cada parcela (9,0 m²) foram colhidas, debulhadas, os grãos foram pesados e sua umidade foi aferida. Os valores obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico SASM-Agri (CANTERI et al., 2001).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A infecção pelo patógeno *M. diffusa* pode ocorrer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, porém, é mais visível por ocasião do início da floração (HENNING et al., 2014). Foi observado os primeiros sintomas da doença em V6 (quinto trifólio desenvolvido). Os menores valores de AACPD foram constatados na semeadura em outubro nas três safras (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3). Este resultado repetiu-se nas três safras avaliadas, provavelmente devido a menor pressão do inóculo, que resultou em menores valores da severidade da doença e consequentemente em menor AACPD.

Em relação aos tratamentos, o enxofre foi o mais eficiente na redução da AACPD tanto isolado quanto associado ao fungicida, equivalentes ao tratamento com três aplicações de fungicida. Este resultado ocorreu nas duas épocas de semeadura e nas três safras (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3), havendo viabilidade da inserção do enxofre no manejo do oídio pelos produtores de soja da região.

O enxofre é um macronutriente essencial para as plantas e desempenha funções como a formação de aminoácidos, estando presente em todas as proteínas vegetais (VIEIRA, 2016). É um nutriente fundamental para altos rendimentos em soja, principalmente por estar presente em todas as proteínas e nas coenzimas, na formação de óleos e compostos voláteis e na formação de nódulos nas leguminosas que auxiliam na fixação de nitrogênio e na redução de nitrato. O enxofre é um dos componentes das proteínas e aminoácidos em plantas, exigido por leguminosas, pelo alto acúmulo de proteínas nessas espécies (EMBRAPA, 2017).

Além das funções nutricionais, pode estar presente como fungicida, acaricida e inseticida. O enxofre elementar foi um dos primeiros fungicidas utilizados pelo homem. As vantagens são a baixa toxicidade ao homem e animais e também o baixo custo, podendo ser aplicado por polvilhamento ou pulverização (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015).

O resultado superior do tratamento com enxofre e fungicida, indica que a mistura de dois ou mais ingredientes ativos com mecanismo de ação distintos proporciona um controle mais eficiente da doença. Além disso, essas combinações em campo possibilitam o aumento do espectro de ação do produto, garantindo maior efeito residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida (GODOY et al., 2009).

Tabela 3.1- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microsphaera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, safra 2015/2016, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	843,04 a*	315,17 a	28,41 a	395,54 a	2.120,78 a	1.041,00 a	367,48 a	1.176,43 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	798,96 a	242,14 a	26,70 a	355,93 a	2.049,56 a	878,61 a	327,33 a	1.085,17 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	561,15 b	156,60 b	5,33 c	241,03 b	1.340,37 b	411,23 b	54,06 b	601,89 b
4 Quitosana	472,19 b	154,18 b	2,05 c	209,48 b	1.917,92 a	861,45 a	319,19 a	1.032,86 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	405,41 b	108,40 b	1,08 c	171,63 c	1.155,96 b	332,41 b	15,72 b	501,36 b
6 Enxofre	44,61 c	42,24 c	1,81 c	29,55 d	406,31 d	123,51 b	34,22 b	188,01 c
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	91,52 c	39,12 c	3,78 c	44,81 d	819,17 c	283,38 b	25,37 b	375,97 c
8 Hipoclorito de sódio	824,67 a	283,51 a	14,03 b	374,06 a	1.920,94 a	978,69 a	280,17 a	1.059,93 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	653,97 b	144,42 b	3,52 c	267,30 b	1.421,01 b	514,99 b	28,56 b	654,86 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	571,24 b	180,98 b	2,98 c	251,74 b	1.266,76 b	378,37 b	31,80 b	558,98 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	184,28 c	51,78 c	0,49 c	78,85 d	820,31 c	262,40 b	16,28 b	366,32 c
CV (%)	25,16	27,07	35,00	22,99	20,11	28,09	37,54	20,30

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Tabela 3.2- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microsphaera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA5909, safra 2016/2017, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	2.305,85 a*	1.487,12 a	252,72 a	1.348,57 a	2.693,63 a	1.374,83 a	355,77 a	1.474,75 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	2.060,07 a	1.297,99 a	257,11 a	1.205,06 a	2.495,55 a	1.347,13 a	340,06 a	1.394,25 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.258,93 b	609,56 b	32,95 c	633,81 b	1.090,89 c	345,48 c	8,10 c	481,49 c
4 Quitosana	1.449,04 b	776,59 b	160,12 b	795,25 b	2.120,65 b	1.137,88 b	1.68,62 b	1.142,39 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	629,77 c	242,85 c	16,44 c	296,35 c	936,78 c	279,73 c	9,22 c	408,58 c
6 Enxofre	206,18 d	99,09 c	17,31 c	107,53 c	105,33 e	41,90 d	7,13 c	51,46 e
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	395,74 d	163,93 c	5,20 c	188,29 c	239,53 e	80,17 d	7,45 c	109,05 e
8 Hipoclorito de sódio	1.990,25 a	1.300,97 a	257,15 a	1.182,79 a	2.445,08 a	1.275,23 a	347,16 a	1.355,82 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.328,68 b	631,23 b	60,06 c	673,32 b	1.196,83 c	451,68 c	29,27 c	559,26 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	1.134,01 b	554,41 b	29,66 c	572,69 b	1.204,68 c	401,38 c	27,56 c	544,54 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	622,37 c	263,02 c	7,61 c	297,67 c	591,63 d	225,33 c	16,83 c	277,94 d
CV (%)	18,82	20,41	33,01	18,26	13,84	17,36	32,35	12,78

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Em relação ao tratamento com *B. subtilis*, não houve diferença em relação a testemunha, só quando o produto foi associado ao fungicida o desempenho foi superior (Tabela 3.1). Santos (2009), utilizando *B. subtilis* QST 713 nas concentrações de 1, 2, 4% em pulverizações foliares para o controle do oídio em abobrinha (*Sphaerotheca fugilinea*), obteve redução significativa da AACPD nas concentrações de 2 e 4%. No presente experimento foi utilizado a concentração de 2%, eficiente apenas na primeira época de semeadura, possivelmente não houve diferença na segunda época de semeadura devido a maior pressão de inóculo, conforme citado anteriormente (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3).

Outro produto alternativo testado foi a quitosana, um biopolímero β -(1-4)-N-acetil-D-glucosamina, mais abundante encontrado na natureza, depois da celulose. Sua denominação usual é quitina, que deriva da palavra grega chiton, significando um revestimento protetor para invertebrados. A quitina é encontrada no exoesqueleto de crustáceos, na parede celular de fungos e em outros materiais biológicos (MÁRMOL et al., 2013). É um indutor de resistência abiótico orgânico, obtido a partir da reação de desacetilação parcial da quitina, ativando enzimas como a fenilalanina amônia-liase (FAL), quitinases e β -1,3-glucanases. (BARROS et al., 2010).

A quitosana foi estudada com sucesso no uso humano e na utilização agrícola além de fonte de nutrientes, favoreceu o crescimento de plantas e destacou-se no controle de patógenos (BERGER; STAMFORD; STAMFORD, 2011). Segundo Oh; Cho; Yu (1998), a quitosana tem duplo efeito na interação patógeno-hospedeiro, efeito antifúngico e ativação das respostas de defesa da planta com a produção de enzimas. Freddo et al. (2014), analisaram o efeito fungistático de quitosana nas concentrações de 0,25%, 0,5%, 1% e 2%, em teste *in vitro* no controle do patógeno *Rhizoctonia solani*. Os autores verificaram que as concentrações acima de 0,5% reduziram o crescimento micelial do fungo. No presente experimento foi utilizada a concentração de 1%, que reduziu a AACPD apenas na primeira época de semeadura, já na segunda época sua eficiência diminuiu, houve diferença na segunda época apenas na safra 2016/2017 (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3). No presente experimento quando a quitosana foi associada à azoxistrobina + benzovindiflupir diminuiu significativamente a severidade do oídio.

A quitosana apresenta propriedades antifúngicas contra *Colletotrichum lindemuthianum* (Saccardo & Magnus), bem como capacidade para induzir resistência ao fitopatógeno na cultura do feijão. Em experimento realizado em casa de vegetação, com dose de 9 mg de quitosana por planta, Di Piero e Garda (2008) observaram redução em mais de 50% na severidade da antracnose sem a ocorrência de fitotoxicidade. A quitosana pode ser usada como medida alternativa aos fungicidas, para o controle da doença em feijão.

Mazaro et al. (2008), utilizaram a quitosana (1%) como indutor de resistência em cotilédones de soja, e observaram que o produto mostrou capacidade de induzir a produção de fitoalexinas, podendo ser usado em estudos de indução de resistência. Já em trabalho realizado por Freddo et al. (2014), a quitosana proporcionou efeitos diretos *in vitro* sobre os patógenos causadores das podridões, *Colletotrichum* sp., *Botrytis cinerea* e *Monilinia fructicola*, apresentando grande potencial fungistático.

A bactéria *B. subtilis* (Cohn), aplicada isoladamente não apresentou efeito contra a doença. Recentemente Agostini et al. (2017), em experimento *in vitro*, testando a compatibilidade do glifosato com produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) na cultura de soja, concluíram que não há compatibilidade entre o glifosato e os produtos à base de *B. thuringiensis*, uma vez que não houve crescimento das colônias em nenhuma das placas, exceto nas testemunhas. O glifosato pode estar interferindo negativamente em *B. subtilis*, justificando a menor eficácia do produto, havendo necessidade de estudos sobre a possível interferência

O tratamento com o hipoclorito de sódio isolado no controle do oídio, não proporcionou controle efetivo da doença (nas duas épocas de semeadura e nas três safras), não diferindo da testemunha na maioria das avaliações. Porém quando associado com (azoxistrobina + benzovindiflupir) a severidade da doença diminuiu em relação à testemunha.

Foi verificada por Resende (2009), ação do hipoclorito de sódio no combate ao oídio na soja, com oito aplicações isoladas do produto nas concentrações de 0,2%, 0,4% e 0,6%, e parcelas que receberam essas mesmas aplicações do produto e duas aplicações de fungicida (tebuconazole). O autor relata que não foram observadas diferenças estatísticas significativas no controle do fungo quando o produto é aplicado isoladamente em qualquer concentração. Apenas os tratamentos do sanitizante associado ao fungicida reduziram a severidade da doença. O autor recomenda mais estudos para a verificação da utilização do hipoclorito como alternativa aos tratamentos convencionais.

O enxofre foi o tratamento que proporcionou o melhor controle da doença, tanto isolado quanto associado ao fungicida, pois estes dois tratamentos diminuíram significativamente a AACPD. Houve redução da AACPD de 88,67 e 68,04% na primeira safra, de 86,04 e 90,06% na segunda safra e 99,00 e 94,56% na terceira safra, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente no tratamento com enxofre associado ao fungicida. Já em relação ao emprego do enxofre isolado, houve uma redução da AACPD de 92,53 e 84,02% na primeira safra, de 92,02 e 64,45% na segunda safra e de 99,30 e 98,00% na terceira safra, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3).

Tabela 3.3 - Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microspheera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar NA 5909, safra 2017/2018, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR. Safra 2017/2018.

Tratamento	Semeadura em outubro				Semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	1.367,88 a	662,92 a	24,60 a	685,14 a	2.533,16 a	1.716,63 a	129,87 a	1.445,14 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	993,15 b	417,13 b	14,31 b	474,86 b	2.488,92 a	1.578,23 a	130,15 a	1.413,84 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	183,30 c	99,59 c	9,51 b	97,47 c	1.049,02 b	499,59 b	7,03 b	518,55 b
4 Quitosana	1.045,44 b	469,66 b	19,16 a	511,42 b	2.380,87 a	1.514,77 a	99,28 a	1.331,64 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	124,84 c	78,52 c	7,48 b	70,28 c	984,11 b	436,09 b	3,37 b	474,52 b
6 Enxofre	120,90 c	56,81 c	6,96 b	61,56 c	47,57 d	15,44 c	0,56 b	21,19 d
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	74,58 c	45,25 c	10,20 b	43,34 c	147,87 d	86,62 c	1,05 b	78,51 d
8 Hipoclorito de sódio	1.303,51 a	590,35 a	24,53 a	639,46 a	2.476,45 a	1.710,37 a	126,70 a	1.437,84 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	165,01 c	110,74 c	11,73 b	95,83 c	893,88 b	429,32 b	11,68 b	444,96 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	201,33 c	120,06 c	11,41 b	110,93 c	1.162,95 b	545,42 b	7,43 b	571,93 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	76,75 c	52,67 c	9,61 b	46,34 c	413,29 c	217,32 c	4,50 b	211,70 c
CV (%)	20,07	33,58	37,75	22,25	20,53	26,18	47,57	20,47

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Tabela 3.4 – Produtividade (kg. ha⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura em outubro, e em dezembro, cultivar NA 5909. Safras 2015/16, 2016/17 e 2017/18. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Produtividade					
	2015/2016		2016/2017		2017/2018	
	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
1 Testemunha	2.080,07 a*	838,59 a	3.523,01 a	2.550,11 a	3.206,94 a	2.944,13 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	2.153,22 a	886,43 a	3.656,19 a	2.586,61 a	3.384,16 a	3.042,13 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.803,19 c	2.667,18 b	4.269,51 c	3.646,53 b	4.390,74 b	3.781,48 c
4 Quitosana	2.551,35 b	1.111,11 a	3.893,94 b	2.764,55 a	3.373,14 a	3.320,66 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.979,32 c	2.672,89 b	4.314,91 c	3.701,95 b	4.170,83 b	4.053,70 c
6 Enxofre	2.771,49 b	1.269,96 a	4.029,46 b	2.816,28 a	3.638,89 a	3.392,15 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.935,91 c	2.671,57 b	4.631,07 d	3.623,55 b	4.670,37 c	4.081,48 c
8 Hipoclorito de sódio	2.349,55 a	984,65 a	3.723,57 a	2.636,23 a	3.233,79 a	2.940,27 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	3.741,30 c	2.659,79 b	4.229,55 c	3.374,59 b	3.927,77 b	3.768,51 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	3.670,04 c	2.571,95 b	4.323,69 c	3.451,89 b	4.105,09 b	3.781,48 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	3.988,19 c	2.744,41 b	4.622,29 d	3.504,21 b	4.796,48 c	3.916,20 c
CV (%)	9,83	11,68	9,59	6,46	9,01	7,64

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; C.V.= coeficiente de variação.

Silva (2016), observou os mesmos resultados no controle do oídio em soja, com a aplicação do enxofre isolado nos estádios fenológicos V4, V6, R1, R5.1 na dose de 2 L p.c ha⁻¹, obteve 86,06% de redução da AACPD aplicando enxofre isoladamente. Apesar da redução da AACPD ser maior no tratamento com enxofre isoladamente, é importante ressaltar que além do oídio, ocorrem outras doenças na cultura, como por exemplo a ferrugem asiática, não descartando a utilização do fungicida no manejo da cultura.

Comparando a AACPD nos terços das plantas, nas três safras e em todas as épocas de semeadura (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3), observou-se que a severidade do oídio foi maior no terço inferior para todos os tratamentos. Segundo Assis et al. (2014), a condição mais favorável para aumento da severidade de doenças ocorre principalmente no terço inferior da planta, devido a dificuldade para a penetração e cobertura das folhas com os produtos aplicados, já que o ingrediente ativo não consegue atingir a alvo de maneira eficiente, reduzindo então, o residual de controle.

Com relação aos resultados do presente experimento, as aplicações foram baseadas nos estádios fenológicos da cultura. Segundo Godoy et al. (2009), as aplicações sequenciais baseadas na fenologia da planta, apresentam melhores resultados na redução na severidade das doenças, além de maior produtividade. Navarini et al. (2007) e Souza (2016) também observaram tendência de maior ganho de rendimentos estarem relacionados a aplicações baseadas na fenologia da planta.

Para Cunha; Reis; Santos (2006), a uniformidade de cobertura do alvo, bem como a quantidade de material depositado sobre a vegetação são importantes para a eficácia do tratamento, pois a deposição é menor nas partes mais baixas e internas do dossel e pouco atingido por raios solares bem como em função da dificuldade dos produtos testados chegarem até esse local na planta. Esses fatores podem explicar os resultados obtidos.

Segundo Blum et al. (2016), a ocorrência de infecção da doença na soja é favorecida por temperaturas em torno de 20°C e umidade relativa na faixa de 50 a 90%. A ocorrência de veranicos favorece a doença, pois o esporo não germina na presença de filme d'água na superfície foliar (BEDENDO, 2018).

Comparando as três safras, na primeira (2015/2016), a AACPD (media da planta) obtida na testemunha foram de 395,54 e 1.176,43, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente, valores inferiores as outras duas safras. Pois na safra 2016/2017 foi obtido 1.348,57 e 1.474,75, e na safra 2017/2018 os valores 685,14 e 1.445,14, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3). Na primeira safra avaliada, ocorreram chuvas bem distribuídas ao longo do ciclo da cultura, o que justifica a menor

severidade da doença nesta safra, já nas outras duas safras as chuvas foram concentradas em um número menor de dias, favorecendo a doença (Anexos 1, 2 e 3).

Em relação as produtividades obtidas (Tabela 3.4), foi possível observar que houve redução nos valores quando a cultura foi semeada em dezembro. Comparando a influência da época de semeadura nas safras na testemunha, ocorreu redução na produtividade de 1.241,48 kg ha⁻¹, 972,90 kg ha⁻¹ e 262,81 kg ha⁻¹, nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018 respectivamente.

Foi possível observar que semeaduras tardias reduziram progressiva e drasticamente a produtividade da cultura. Estas expõem o hospedeiro a uma quantidade maior de inóculo do patógeno, resultando em maiores níveis de doença e redução da produtividade.

Assim, presume-se que as maiores produtividades constatadas nos blocos semeados antecipadamente são o resultado da semeadura em época mais adequada e menos exposta a patógenos. Os resultados confirmam que não somente o oídio pode ter influenciado os resultados de produtividade estimada, mas também as diferentes épocas de semeadura. De acordo com Toigo et al. (2008), a severidade foliar de oídio e danos podem estar relacionadas, pois o controle do oídio resultou em incremento significativo na produtividade de grãos de soja. Na ausência de controle da doença, foram registrados redução de produtividade variando de 10 a 40% (GODOY et al., 2015).

De acordo com Igarashi et al. (2014), os resultados de rendimento (kg ha⁻¹) na cultura da soja, indicam que a doença pode causar danos de 53%, quando não controlada adequadamente em cultivar suscetível a oídio. No presente trabalho a cultivar é suscetível a doença, e comparando com a testemunha, o tratamento com enxofre isolado em média, evitou danos a produtividade de 20,36 e 25,69% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Já em relação ao tratamento com enxofre associado ao fungicida, evitou danos em média de 55,43 e 90,85% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente.

Broch et al. (2011), verificaram a influência de diferentes fontes de enxofre aplicados via solo sobre a produtividade de grãos na cultura da soja na Fundação MS, em Maracajú, MS, em três anos consecutivos. O solo no local do experimento é Latossolo Vermelho, que apresentava média a baixa fertilidade, com teor de enxofre 6 mg dm⁻³). Os autores concluíram que a soja responde à aplicação de enxofre em solos das regiões do cerrado brasileiro, sendo responsivos à aplicação de S necessitando, na maioria das vezes, a fertilização com este nutriente para obtenção de altas produtividades.

Caires et al. (2003), avaliando as alterações químicas do solo e a resposta da cultura da soja ao calcário e gesso (fonte de enxofre) aplicados na implantação do sistema de semeadura

direta em solo argiloso da região de Ponta Grossa, PR, concluíram que não houve resposta da soja, em três cultivos consecutivos. Os autores verificaram que a aplicação de gesso agrícola, associada ou não à calagem, na superfície ou com incorporação, não foi uma estratégia interessante para o estabelecimento da soja no sistema semeadura direta na palha, por não ocasionar melhoria na disponibilização de nutrientes e na distribuição radicular no perfil do solo, não afetando a produção de grãos, em estudos relacionando à aplicação de S via solo e via foliar.

Comparando os trabalhos acima citados e os resultados do presente experimento, conclui-se que o enxofre aplicado via foliar reduziu a AACPD da doença (Tabelas 3.1, 3.2 e 3.3) evitando danos à produtividade (Tabela 3.4), e que esta resposta não foi devido à sua atuação como adubo.

No que se refere à bactéria, Carvalho Filho (2016), observou que a pulverização do *B. subtilis* incrementou a produtividade da soja quando associado ou não ao fungicida (azoxistrobina + ciproconazol), independentemente da dose de 1,0 ou 2,0 L ha⁻¹. A porcentagem média de incremento da soja tratada com *B. subtilis* variou entre 16,65% (*B. subtilis* 1,0 L ha⁻¹) a 38,66% (*B. subtilis* 2,0 L ha⁻¹ + fungicida) em relação à testemunha. Para este trabalho, os tratamentos com *B. subtilis* 2,0 L ha⁻¹ isolado obtiveram em média ganho de 4,28 e 3,49% na primeira e segunda época de semeadura. O tratamento com *B. subtilis* 2,0 L ha⁻¹ associado ao fungicida proporcionou ganho médio de 46,97 e 96,47% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente.

Em trabalho semelhante realizado por Silva (2016), a quitosana isolada apresentou potencial produtivo, superior à testemunha. Corroborando com os resultados deste experimento. Da Silva et al. (2007), utilizando 5 doses de hipoclorito de sódio (0,0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 L ha⁻¹), na cultura da soja, observaram que não houve incremento de produtividade significativa em função das doses de hipoclorito. Corroborando com os resultados do presente experimento que utilizou 2,0 L ha⁻¹, não houve diferença estatística em produtividade nas duas épocas de semeadura e nas três safras.

Gabardo (2015), testando o uso de indutores de resistência em soja confirmou que não houve aumento na produtividade para os produtos aplicados isolados no controle do oídio, onde relata que poderia encontrar um resultado satisfatório se houvesse associação de indutores com fungicidas. Já Silva (2016), constatou em seu trabalho que os tratamentos associados ao fungicida tiveram resultados superiores aos produtos alternativos utilizados isoladamente, mostrando a importância de associar produtos alternativos com aplicação de fungicida. Corroborando com os resultados do presente trabalho, onde a associação dos produtos

alternativos ao fungicida melhorou o desempenho comparando com a aplicação isolada destes produtos (Tabela 3.4).

Comparando a produtividade obtida, em relação aos tratamentos alternativos isolados, a quitosana e o enxofre destacaram-se, contudo, a associação destes produtos ao fungicida apresentaram resultados superiores, na maioria das vezes equivalente ao tratamento com três aplicações do agrotóxico. Nas três safras o tratamento alternativo que apresentou as maiores médias foi o enxofre nas duas épocas de semeadura e em todas as safras, havendo aplicabilidade pelos produtores de soja da região. Espera-se, devido a expressividade das áreas cultivadas com a cultura da soja, que a economia no número de aplicações de fungicida, contribua para a utilização racional de agrotóxicos além de prolongar a vida útil dos produtos.

3.4 CONCLUSÃO

Nas três safras, na primeira época de semeadura houve menor severidade da doença.

O oídio foi controlado pelos tratamentos com enxofre e quitosana isolados.

Os produtos alternativos associados ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir), foram eficazes na diminuição da severidade da doença. O enxofre associado ao fungicida foi o melhor tratamento.

O oídio foi controlado pelo fungicida tanto em duas quanto em três aplicações.

A produtividade foi afetada pela época de semeadura e pelos produtos testados. A maior produtividade com uso de enxofre associado ao fungicida e com fungicida aplicado em três vezes.

As aplicações de enxofre influenciaram sobre a sanidade das plantas, produzindo um incremento de mais de 450 kg ha⁻¹.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOSTINI, L.; OTUKA, A. K.; SILVA, E. A.; BAGGIO, M. V.; DE LAURENTIS, V. L.; DUARTE, R. T.; POLANCZYK, R. A. Compatibilidade de produtos à base de *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) com glifosato em diferentes dosagens, utilizado em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência et Praxis**, Belo Horizonte, v. 6, n. 11, p. 37-40. 2017.
- ASSIS, R. T.; ZINELLI, V. P.; SILVA, R. E.; COSTA, W. C. A.; OLIVATO, I. Arranjo espacial de plantas na cultura da soja. **Circular técnica**. Instituto de ciências da saúde, agrárias e humanas (ISAH). Araxá – MG, maio, 2014.
- BARROS, F. C.; SAGATA, É.; DE CASTRO FERREIRA, L. C.; JULIATTI, F. C. Indução de resistência em plantas à fitopatógenos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, n. 2, p. 26, 2010.
- BEDENDO, I. P. Oídios. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. Á. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2018. p. 289-311.
- BERGER, L. R. R.; STAMFORD, T. C. M.; STAMFORD, N. P. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, Vasco, v. 12, n. 4, p.195-215, 2011.
- BLUM, L. E.; REIS, E. F.; PRADE, A. G.; TAVELA, V. J. Carbendazim, procloraz, propiconazol e tebuconazol para o controle do oídio da soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 1, p. 1-6. 2016.
- BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S.; POSSENTTI, J. C.; MARTIN, T. N.; DEL QUIQUI, E. M. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 3, p. 791-796, 2011.
- CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 02, p. 275-286, 2003.
- CANTERI, M. G.; ALTHAUS, R. A.; VIRGENS FILHO, J. S.; GIGLIOTI, E. A.; GODOY, C. V. SASM Agri: Sistema para Análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scot – Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.
- CARVALHO FILHO, R. C. M. Incremento da produtividade do algodão e soja por *Bacillus subtilis*. **Boletim Divulgação dos Resultados de Pesquisas Safra 2014/2015**. Luiz Eduardo Magalhaes, Ano III, n. 3, ago. 2016.

CUNHA, R. A. P. J.; REIS, F. E.; SANTOS, O. R. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1360-1366, set-out, 2006.

DA SILVA, J. I. C.; FERNANDES, D. M.; PEREIRA, M. R. R.; LÉLES, É. P. Interferência do hipoclorito de sódio na absorção de macro e micronutrientes nas culturas da soja e do feijão. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 47-60, 2007.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMBRAPA, **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil, 2003**. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/doenca.htm>> Acesso em: 17 fev. 2017.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

FREDDO, R. A.; MAZARO, M. S.; BRUN, J. E.; JUNIOR, W. A. A quitosana como fungistático no crescimento micelial de *Rhizoctonia sonali* Kuhn. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 1, jan. 2014.

FORCELINI, A. C. Danos e critérios para o controle químico do oídio. In: REIS, E. M. **Doenças na cultura da soja**. Passo Fundo, Aldeia Norte Editora, p. 17-123, 2004.

GABARDO, G. **Controle de doenças na cultura da soja com produtos alternativos**. 2015, 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015.

GODOY, C. V.; BUENO, A. F.; GAZZIERO, D. L. P. Brazilian Soybean Pest Management and Threats to its Sustainability. **Outlooks on Pest Management**, Buckinghamshire, v. 26, n. 3, p. 113-117, 2015.

GODOY, C. V.; FLAUSINO, A. M.; SANTOS, L.; DEL PONTE, E. M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, Brasília. v. 34, n. 1, p. 56-61, jan./fev., 2009.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L.P.; MEYER, M. C.; SOARES R. M.; DIAS. W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 73p.

IGARASHI, W. T.; AGUIAR E SILVA, M. A.; IGARASHI, S.; ABI SAAB, O. J. G.; FRANÇA, J. A. Duração e porcentagem de molhamento foliar determinados pelo espaçamento entrelinhas, e influência sobre a ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 2, p. 123-127, jun. 2014.

MÁRMOL, Z.; PÁEZ, G.; RINCÓN, M.; ARAUJO, K.; AIELLO, C.; CHANDLER, C.; GUTIÉRREZ, E. Quitina y Quitosano polímeros amigables. Una revisión de sus aplicaciones/Chitin and Chitosan friendly polymer. A review of their applications. **Revista Tecnocientífica** Montevideo, v. 1, n. 6, p. 53-58, 2013.

MATTIAZZI, P. Escala diagramática do oídio da soja. **Efeito do oídio na produção e duração da área foliar sadia da soja**, 2003. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2003.

MAUAD, M; SILVA, T. L. B; ALMEIDA NETO, A. I; ABREU, V. G. Influência da densidade de semeadura sobre características agronômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, Dourado, v.3, n. 9, p. 175-181, maio, 2011.

MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; GOUVEA, 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, p. 1824-1829, out, 2008.

NAVARINI, L.; DALLAGNO, L. L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R.C.; MADOLLOSO, M.G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

NIDERA, sementes. Disponível em: <<http://www.niderasementes.com.br/produto/na-5909-rg-centro.aspx>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

OH, S. K.; CHO, D.; YU, S. H. Development of integrated pest management techniques using biomass for organic farming, suppression of late blight and fusarium wilt of tomato by chitosan involving both antifungal and plant activating activities. **Korean Society of Plant Pathology**, Suwon, v. 14, p. 278-285, 1998.

PEREIRA, D. G; SEDIYAMA, T; REIS, M. S; CRUZ, C. D; GOMES, J. L. L; TEIXEIRA, R. C. Avaliação da severidade do oídio [*Erysiphe diffusa* (U. Braun & S. Takam)] em genótipos de soja, em condições de campo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 25-30, jul-set., 2012

PIERO, R. M. D.; GARDA, M. V. Quitosana reduz a severidade da antracnose e aumenta a atividade de glucanase em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 9, p. 1121-1128, 2008.

RESENDE, A; SOUZA, P. I. M; SOUZA, J. R; BLUM, L. E. B. Influência do hipoclorito de sódio como fungicida na absorção de cálcio e silício pela soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 8, n. 1-2, p. 25-38, 2009.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology: 1997. 20p. (Special Report, 53).

SANTOS, A. E. **Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtos biocompatíveis**. 2009, 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SILVA, L. G. M. P. **Controle do oídio com indutores de resistência isolados e associados a fungicida na cultura da soja**, Trabalho de conclusão de curso (Agronomia), Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2016.

SOUZA, L. L. P. **Efeito do momento de aplicação de fungicida e da época de semeadura no controle da ferrugem asiática da soja**. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

STADNIK, M. J; FREITAS, M. B. Algal polysaccharides as source of plant resistance inducers. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 111-118, 2014.

TUPICH, F. L. B.; FANTIN, L. H.; SILVA, A. L.; CANTERI, M. G. Impacto do controle do mofo-branco com fluazinam na produtividade da soja no Sul do Paraná: metanálise. **Summa Phytopathologica**, Botucatu v. 43, n. 2, p. 145-150, 2017.

TOIGO, S.; SANTOS, I.; CARNIELETTO, C. E.; MAZARO, S. M.; Controle químico do oídio na cultura da soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 491-496, 2008.

VIEIRA, J. G. Z; **Adubação foliar de enxofre: uma aliada para o agricultor**. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=29522&secao=Artigos%20Especiais>> Acesso em: 03 jul. 2016.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. Manejo do Enxofre na Agricultura. Informações Agronômicas. **International Plant Nutrition Institute** – Brasil, Piracicaba, n. 152 p. 32, Dezembro, 2015.

CAPÍTULO IV – COMPORTAMENTO DA CULTIVAR TMG 7062 MANEJADA COM PRODUTOS ALTERNATIVOS ISOLADOS E ASSOCIADOS A FUNGICIDA NO CONTROLE DO OÍDIO EM DIFERENTES ÉPOCAS DE SEMEADURA

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é a mais importante leguminosa cultivada atualmente no mundo. Com o objetivo de estudar o comportamento da cultivar TMG 7062 em duas épocas de semeadura e a eficiência do controle do oídio (*Microsphaera diffusa*) em função da utilização de produtos alternativos isolados e associados a fungicida, foram conduzidos experimentos a campo em Ponta Grossa, PR, Brasil, durante as safras 2016/2017 e 2017/2018. Os tratamentos para os experimentos foram: 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1), 5- quitosana 1% (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 6- enxofre (V4, V6, R1 e R5.1), 7- enxofre (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 8- hipoclorito de sódio (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1). Em todos os tratamentos com fungicida foi adicionado o adjuvante óleo mineral Nimbus®. As variáveis avaliadas foram: severidade do oídio e a produtividade. Os dados de severidade possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD). Os valores da AACPD foram maiores na segunda época de semeadura. O enxofre, a quitosana e *B. subtilis*, isolados reduziram a AACPD, porém quando associados ao fungicida obtiveram resultados superiores. O fungicida aplicado três vezes, apresentou controle superior a duas aplicações sobre o oídio. Obteve-se as maiores médias de produtividade na primeira época de semeadura. Não houve diferença entre os tratamentos na semeadura em outubro para a produtividade, esta foi afetada pelos tratamentos, apenas na segunda época de semeadura, destacando-se o enxofre associado ao fungicida.

Palavras chave: *Glycine max*, *Microsphaera diffusa*, enxofre, quitosana, hipoclorito de sódio.

ABSTRACT

Soybean (*Glycine max*) is the most important legume grown in the world today. In order to study the behavior of the cultivar TMG 7062 in two sowing times and the efficiency of the control of the powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) due to the use of alternative products isolated and associated with fungicide, field experiments were conducted in Ponta Grossa, PR, Brazil, during the 2016/2017 and 2017/2018 harvests. The treatments for the experiments were: 1-control (V4, V6, R1 and R5.1), 2-*Bacillus subtilis* strain QST (V4, V6, R1 and R5.1), 3-*Bacillus subtilis* strain QST V4 and V6) associated with azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 4-chitosan 1% (V4, V6, R1 and R5.1), 5-chitosan 1% (V4 and V6) associated with azoxystrobin (V4, V6, R1 and R5.1), 7-sulfur (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), - sodium hypochlorite (V4, V6, R1 and R5.1), sodium hypochlorite (V4 and V6) associated with (azoxystrobin + benzovindiflupir) (R1 and R5.1), 10-azoxystrobin + benzovindiflupir (R1 and R5.1), 11- azoxystrobin + benzovindiflupir (V6, R1 and R5.1). In all treatments with fungicide the Nimbus® mineral oil adjuvant was added. The variables evaluated were: mildew severity and productivity. The severity data made it possible to calculate the area below the disease progress curve (AACPD). AACPD values were higher in the second sowing season. The sulfur, chitosan and *B. subtilis*, isolated, reduced the AACPD, but when associated to the fungicide obtained superior results. The fungicide applied three times showed superior control to two applications on powdery mildew. The highest productivity means were obtained in the first sowing season. There was no difference between treatments at sowing in October for yield, this was affected by the treatments, only in the second sowing season, being the sulfur associated to the fungicide.

Key words: *Glycine max*, *Microsphaera diffusa*, sulfur, chitosan, sodium hypochlorite.

4.1 INTRODUÇÃO

A soja *Glycine max* (L.) Merrill, é uma cultura de grande importância para o Brasil. A produção brasileira coloca o país como o segundo maior produtor mundial deste grão, estando atrás apenas dos Estados Unidos (USDA, 2018). É a oleaginosa mais cultivada no mundo, entretanto a ocorrência de doenças é um fator limitante para altos rendimentos da cultura (HENNING et al., 2014).

O oídio, causado pelo fungo *Microsphaera diffusa* Cke. & Pk. era considerado uma doença esporádica e de pouca importância na cultura da soja, porém, na safra de 1996/1997 atingiu proporções epidêmicas na maioria das regiões produtoras do país (YORINORI, 1997), estando entre as principais doenças da cultura, ocasionando danos estimados entre 30 e 40% (BLUM et al., 2016). Existem cultivares moderadamente resistentes, porém, existe grande variação na reação de genótipos entre locais para suscetibilidade ao fungo *M. diffusa* (PEREIRA et al., 2015).

O oídio dificilmente é controlado por técnicas convencionais visto que o fungo produz esporos que são facilmente dispersos pelo vento. O controle convencional é realizado por meio de aplicações preventivas com fungicidas, porém, a aplicação indiscriminada de produtos químicos, pode causar danos ao meio ambiente e a redução da biodiversidade (GHINI; KIMATI, 2000). Nesse contexto, há necessidade de estudos sobre a eficácia de métodos alternativos no controle desta doença.

Outro fator que pode influenciar a resposta destes produtos alternativos é a época de semeadura e fase de desenvolvimento da planta, devido a maior ou menor pressão de inóculo (GRIGOLLI, 2014), o que pode resultar em recomendações diferenciadas, ou a associação dos produtos alternativos a fungicidas, reduzindo o número de aplicações de fungicidas, desta forma contribuindo para o uso racional de agrotóxicos e a inserção dos produtos alternativos no manejo da cultura, visto a expressividade das áreas cultivadas com a oleaginosa.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento da cultivar TMG 7062, quanto ao efeito da aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida sobre a severidade do oídio em campo, bem como a produtividade da soja em duas épocas de semeadura, nas safras 2016/2017 e 2017/2018 em sistema semeadura direta na palha.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados em Ponta Grossa/PR (25°50'58" S e 50°09'30" W e altitude de 975 m), onde predomina o clima subtropical úmido, classificado como Cfb, segundo Köppen. A precipitação média anual é de aproximadamente 1550 mm. O solo no local é classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006) (pH em água 5,9 (acidez média), P (Mehlich 1): 2,2 mg.dm⁻³ (baixo), K: 70 mg.dm⁻³ (médio), S (fosfato monocalcico em ácido acético): 9,8 mg.dm⁻³ (bom), Ca: 1,8 cmolc.dm⁻³ (médio), Mg: 1,3 cmolc.dm⁻³ (bom), CTC efetiva (t): 4,3 cmolc.dm⁻³ (médio), M.O.: 3,6 dag.kg⁻¹ (médio)).

A adubação e a calagem foram realizadas conforme a necessidade da cultura e o resultado da análise química do solo. As temperaturas máxima e mínima e a precipitação diária na área do experimento no período, foram coletadas por estação agrometeorológica localizada próxima ao campo experimental (Anexos 1, 2 e 3).

A instalação dos experimentos ocorreu em duas épocas de semeadura (semeadura no cedo em outubro e outra no tarde, dezembro) nas safras 2016/2017 e 2017/2018, com a cultivar TMG 7062, moderadamente resistente ao oídio, resistente a ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), tipo de crescimento semideterminado (TMG, 2018).

Foi utilizado o espaçamento entre linhas de 0,45 m com 12 sementes por metro para obter a densidade de 9 plantas m⁻¹ e população final de 200.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos constituíram da aplicação foliar dos produtos 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1) (3 L p.c. ha⁻¹), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) (3 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 5- quitosana 1% (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 6- enxofre (S 26%) (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 7- enxofre (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 8- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹). Em todos os tratamentos com fungicidas foi acrescentado o adjuvante Nimbus® (óleo mineral, 0,5 v/v).

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

As parcelas a campo apresentavam dimensões de 4,5 x 4,0 m, totalizando 18 m² de área total. Os tratamentos utilizados foram aplicados via foliar com o uso de cilindro de dióxido de carbono com pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas (XR 11002) espaçados em 0,50 m e volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ para todos os tratamentos. Os demais tratos culturais foram efetuados conforme a exigência da cultura.

As avaliações de severidade do oídio foram realizadas semanalmente durante o ciclo da cultura a partir dos primeiros sintomas. Estimou-se a porcentagem de tecido foliar atacado nas folhas de sete plantas escolhidas ao acaso, nas duas linhas centrais de cada parcela. Cada planta foi avaliada nos seus terços (inferior, médio e superior) e a média dos terços utilizada para estimativa da severidade da planta inteira. Cada terço da planta recebeu três estimativas de severidade com o auxílio da escala de Mattiazzi (2003). Estes dados possibilitaram o cálculo da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) (SHANER; FINNEY, 1977).

No final do ciclo da cultura, as plantas da área útil de cada parcela (9,0 m²) foram colhidas, pesadas, trilhadas e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para kg ha⁻¹.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F, as médias quando significativas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas com auxílio do software R, versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os primeiros sintomas do oídio surgiram 35 dias após a emergência. Com base nas avaliações de severidade foram calculadas as AACPD's (Tabela 4.1), o tratamento com menor AACPD na primeira safra e época de semeadura foi o enxofre isolado, que apresenta, comparado a testemunha redução de 83,71 % da AACPD. Quando a cultura foi semeada em dezembro ocorreu redução de 99,32%. Na segunda safra ocorreu redução de 99,38 e 96,09% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente.

A aplicação foliar de todos os produtos alternativos associados ao fungicida diminuiu drasticamente a severidade do fungo nas plantas de soja e consequentemente reduziu a AACPD (Tabela 4.1). A associação do enxofre ao fungicida, que proporcionou redução da AACPD na primeira safra de 78,38 e 98,21% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Na segunda safra, houve redução de 99,33 e 95,92% da AACPD na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. O enxofre, associado ou não ao fungicida proporcionou menor severidade da doença e consequentemente os menores valores das AACPD's.

O efeito do elemento enxofre sobre fungos foi descoberto por William Forsyth no ano de 1802, muito utilizado em árvores frutíferas e amplamente na agricultura da época, atuando no controle de ferrugens. Passados alguns anos Robertson em 1824 confirmou a eficiência do enxofre no controle de oídio do pessegueiro (*Sphaeroteca pannosa* ((Wallr.) Lév.)), aumentando ainda mais sua utilização. Devido suas características lipofílicas, o enxofre consegue penetrar pela parede dos fungos e desestabilizar as reações do metabolismo dos patógenos, além de induzir a resistência, pois é considerado como um reforço natural para as plantas contra os patógenos fúngicos (ZAMBOLIM; VENTURA; ZANÃO JUNIOR, 2012).

O enxofre desempenha funções essenciais para o desenvolvimento das plantas, participando ativamente na formação de aminoácidos, proteínas, na fotossíntese até como um mecanismo de defesa contra patógenos na planta (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015). A primeira rota é a da formação de proteínas, ou seja, o enxofre participa da composição de quatro aminoácidos importantes como cistina, metionina, cisteína e taurina, estes relacionados ao crescimento e produção de proteínas, mas se há deficiência ou falta de enxofre tem-se como consequência o comprometimento da formação das mesmas. Na segunda rota ocorre a fixação biológica de N₂ do ar atmosférico e incorporação do nitrogênio mineral em aminoácidos. O hidrogênio H₂ é originado pela ação da enzima ferredoxina que contem enxofre na sua estrutura, mas a falta do enxofre pode não gerar o H₂ necessário para fixação biológica de nitrogênio para

a planta de soja e também faz com que a enzima redutase do nitrito não aconteça (TAIZ; ZEIGER, 2010)

Na planta o enxofre está presente em todas as proteínas, enzimáticas ou não, e, nas coenzimas auxiliando na respiração, no metabolismo nas assimilações de CO₂, juntamente nas descarboxilações e oxidações. Faz parte dos componentes da glutamina e de hormônios, na formação de óleos glicosídeos e componentes voláteis auxiliando na formação de nódulos das leguminosas para fixação de N₂ (MALAVOLTA, 2008).

Outro produto alternativo que reduziu a AACPD foi a quitosana (Tabela 4.1), na primeira safra e época de semeadura a quitosana isolada, que apresentou, comparado a testemunha redução de 28,42 % da AACPD. Já quando a cultura é semeada em dezembro, ocorreu redução de 45,40%. Na segunda safra ocorreu redução de 52,38 e 15,51% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. A quitosana apresenta propriedades como biodegradabilidade, baixa toxicidade, alta bioatividade e atividade antimicrobianas (BERGER et al., 2011). Este produto apresenta resultados promissores em pós colheita de frutos, em *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Alternaria solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus niger* e *Colletotrichum gloeosporioides* (DAFERERA et al., 2003).

Com relação ao tratamento com a bactéria (Tabela 4.1), houve redução da AACPD em todos os experimentos. Segundo Santos (2009), pulverizações com *B. subtilis* QST 713, 2 e 4% foram eficientes no controle do oídio em abobrinha (*Sphaerotheca fugilinea*), corroborando com os resultados do presente trabalho que utilizou a concentração de 2%.

O método mais eficiente de controle do oídio consiste no uso de cultivares resistentes, no entanto, mesmo algumas cultivares consideradas resistentes, quando semeadas nas épocas mais favoráveis a ocorrência do oídio se tornam suscetíveis (PÉREZ-VEGA, 2013; BRASIL et al., 2018), tornando necessária a aplicação de fungicidas. Corroborando com os dados do presente trabalho, que utilizando uma cultivar moderadamente resistente, necessitou da utilização de outros métodos de controle.

A semeadura tardia da cultivar resultou em maiores médias da AACPD (Tabela 4.1). A realização de semeaduras tardias ou safrinha e cultivo no inverno são épocas mais favoráveis à ocorrência do oídio, isso porque o fungo necessita de temperaturas em torno de 18-24°C e baixa umidade relativa do ar para seu desenvolvimento (PEREIRA, 2012), não se desenvolvendo em temperaturas maiores que 30°C, não germinando na presença de filme d'água na superfície foliar (BEDENDO, 2011).

Tabela 4.1- Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) do oídio (*Microsphaera diffusa*) nos terços superior, médio e inferior e média na planta inteira em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*), cultivar TMG 7062, safras 2016/2017 e 2017/2018, semeadura em outubro e em dezembro. Ponta Grossa/PR.

SAFRA 2016/2017								
Tratamento	AACPD semeadura em outubro				AACPD semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	2.237,61 a*	1.223,39 a	36,48 ns	1.165,83 a	2.364,90 a	1.166,47 a	265,45 a	1.265,61 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	1.744,32 c	809,08 c	28,05	860,49 c	2.343,14 a	1.039,57 a	198,40 b	1.193,70 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.273,68 d	551,11 d	26,67	617,15 d	671,56 c	191,99 c	0,30 d	287,95 c
4 Quitosana	1.714,45 c	745,40 c	33,65	834,50 c	1.490,70 b	490,36 b	91,75 c	690,93 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	997,63 e	351,14 e	26,47	458,41 e	368,20 d	79,97 c	0,30 d	149,49 d
6 Enxofre	392,47 g	156,62 f	20,33	189,81 f	11,57 e	10,97 c	3,00 d	8,52 d
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	579,71 f	162,69 f	13,65	252,02 f	48,28 e	17,57 c	2,00 d	22,62 d
8 Hipoclorito de sódio	1.959,87 b	960,58 b	35,24	988,56 b	2.149,52 a	1.246,09 a	265,38 a	1.220,33 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1.357,48 d	526,83 d	24,82	636,38 d	806,68 c	202,36 c	1,31 d	336,78 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	1.275,61 d	431,12 e	24,32	577,02 d	731,20 c	243,02 c	1,68 d	325,30 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	695,64 f	267,41 f	9,47	324,17 f	334,23 d	92,10 c	1,10 d	142,47 d
C.V. (%)	11,99	27,62	68,65	11,66	20,23	35,89	42,30	21,00
SAFRA 2017/2018								
Tratamento	AACPD semeadura em outubro				AACPD semeadura em dezembro			
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior	Média Planta inteira
1 Testemunha	1.001,07 a*	578,99 a	11,07 a	530,37 a	2.172,56 a	882,52 a	45,21 a	1.033,43 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	825,32 a	414,12 b	8,76 a	416,07 b	1.936,89 a	727,66 a	41,95 a	902,17 a
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	59,55 c	27,70 d	0,56 c	29,27 d	696,82 b	148,20 b	8,31 c	284,44 b
4 Quitosana	480,48 b	272,28 c	4,90 b	252,55 c	1.909,64 a	685,42 a	24,30 b	873,12 a
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	9,52 c	2,07 d	0,11 c	3,90 d	754,22 b	159,13 b	4,06 c	305,80 b
6 Enxofre	5,57 c	4,05 d	0,10 c	3,24 d	68,14 c	46,30 b	6,68 c	40,37 c
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	6,34 c	3,94 d	0,36 c	3,55 d	90,15 c	33,55 b	2,58 c	42,10 c
8 Hipoclorito de sódio	920,28 a	515,22 a	9,90 a	481,80 a	1.957,93 a	738,44 a	44,26 a	913,54 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	105,41 c	47,52 d	0,20 c	51,01 d	858,56 b	248,41 b	8,12 c	371,70 b
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	127,96 c	57,99 d	0,15 c	62,02 d	875,83 b	232,81 b	7,56 c	372,06 b
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	10,23 c	10,86 d	0,15 c	7,08 d	219,49 c	85,97 b	4,53 c	103,33 c
C.V. (%)	30,83	32,23	77,39	30,06	19,48	33,41	34,64	21,81

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Na safra 2016/2017 foi observado os maiores valores para a AACPD da doença, nas duas épocas de semeadura, quando comparada a safra 2017/2018 (Tabela 4.1). Isto se deve as diferentes condições meteorológicas que ocorreram em cada safra, justificando a maior ou menor severidade da doença. Na safra 2017/2018 ocorreu os maiores volumes de precipitação, estas bem distribuídas o que desfavoreceu a doença, refletindo em menor severidade da mesma (Anexo 3).

Com relação aos terços da planta avaliados, nas duas safras e épocas de semeadura, ocorreu maior severidade da doença no terço inferior, refletindo numa maior AACPD da doença (Tabela 4.1). Segundo Nascimento et al. (2018), na parte inferior do dossel da cultura, além de haver maior umidade relativa e menor temperatura, que favorecem o desenvolvimento do fungo, durante a aplicação de fungicida há uma menor porcentagem de cobertura de fungicida sobre as folhas, pelo efeito guarda-chuva do dossel.

Constatou-se, que o fungicida aplicado em duas ou três vezes não possui efeito erradicante sobre a doença, apesar do cultivar ser moderadamente resistente ao patógeno (Tabela 4.1). Comparando a redução da AACPD no tratamento com duas aplicações do fungicida na primeira safra houve redução de 50,51 e 74,30%, na semeadura em outubro e dezembro respectivamente e na segunda safra a redução foi de 88,30 e 64,00% na semeadura em outubro e dezembro, respectivamente. Quando o fungicida foi aplicado três vezes, na primeira safra houve uma redução de 72,19 e 88,74% na semeadura em outubro e dezembro, respectivamente. Já na segunda safra, houve redução de 98,66 e 90,00% na semeadura em outubro e dezembro, respectivamente (Tabela 4.1). Três aplicações do produto foram mais eficientes do que duas na redução da AACPD da doença.

A ocorrência de doenças na cultura da soja é um dos fatores mais limitantes para obtenção de maiores produtividades (BARBOSA et al., 2014). O oídio desenvolve-se na superfície foliar, formando uma fina camada de micélio (XAVIER et al., 2015), reduzindo a área fotossinteticamente ativa da planta em até 50%, levando ao secamento e queda prematura das folhas em casos severos, ocasionando danos que variam de 10 a 40% (PEREIRA, 2015).

No que se refere a produtividade obtida, entre os tratamentos alternativos, destacou-se a quitosana e o enxofre isolados (Tabela 4.2). A quitosana isolada apresentou incremento na primeira safra de 17,86% e na segunda safra de 12,75% na segunda época de semeadura. A associação ao fungicida na primeira safra incrementou em 34,72% na semeadura em dezembro e na segunda safra 9,00 e 29,04%% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. Apesar da quitosana isolada reduzir a AACPD da doença (Tabela 4.1), não

houve diferença em relação a testemunha para a produtividade obtida, fato que ocorreu apenas quando a mesma foi associada ao fungicida.

A produtividade apresentou médias superiores a testemunha em função da aplicação do enxofre isolado, enxofre associado ao fungicida e o fungicida isolado (Tabela 4.2). Estes tratamentos proporcionaram os menores valores da AACPD (Tabela 4.1). Resende et al. (2009), em experimento semelhante, utilizando a cultivar Vencedora, testando diferentes doses de enxofre (1,0; 2,0; e 3,0 L. ha⁻¹), com uma aplicação em R3, obteve variação de 2.000 (controle) a 2.641 kg ha⁻¹ para o enxofre (2 L. ha⁻¹), o que representa aumento de 32,05% (641 kg ha⁻¹). Resultados significativos foram também observados para os tratamentos com enxofre na dose de 3 L. ha⁻¹, obtendo 2.636 kg. ha⁻¹, o que representa aumento de 31,80 % (636 kg ha⁻¹). A dose de 2 ou 3 L. ha⁻¹, foram equivalentes. No presente experimento os ganhos médios em produtividade foram de 335,52 e 1.096 kg ha⁻¹, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente para o tratamento de enxofre (2 L. ha⁻¹) associado ao fungicida.

Já Broch et al. (2011), testaram diferentes fontes de adubação via solo com enxofre no cerrado (solos pobres em matéria orgânica e pobres em nutrientes), obtendo produtividade média na testemunha de 2.877,00 kg. ha⁻¹ e no melhor tratamento (MAP Sulfurado + Sulfurgran) 3.383,50 kg. ha⁻¹. Solos do cerrado respondem à aplicação de S, porém no presente experimento o teor de S do solo é adequado para a cultura. A produtividade superior dos tratamentos com enxofre foi atribuída a redução da AACPD do oídio (Tabela 4.1).

Machado (2015) trabalhando com diversos adubos foliares, afirma que apesar de ter ocorrido incremento nos teores foliares de alguns nutrientes devido à aplicação dos produtos, não foram observados resultados positivos no aumento da produtividade, possivelmente, porque os teores dos nutrientes no solo e a adubação de plantio foram suficientes para atender as exigências da cultura. Ressaltando que no presente trabalho, a aplicação foliar de enxofre evitou danos a produtividade devido a sua atuação na redução da severidade das doenças e não como adubo.

Com relação ao fungicida (Tabela 4.2), o tratamento com duas aplicações evitou danos comparados a testemunha, na primeira safra de 0,90 e 21,40% e na segunda safra de 0,7 e 27,23% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente. No tratamento com três aplicações do fungicida, na primeira safra, obteve-se 6,20 e 30,49%, e na segunda safra 3,90 e 29,74% na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente.

Tabela 4.2- Produtividade (kg ha⁻¹) em função dos produtos aplicados em soja (*Glycine max*) e da época de semeadura em outubro, e em dezembro, cultivar TMG 7062. Safras 2016/17 e 2017/18. Ponta Grossa/PR.

Tratamento	Produtividade			
	2016/2017		2017/2018	
	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
1 Testemunha	4.517,33 ns	3.552,30 a*	3.735,64 ns	2.953,45 a
2 <i>Bacillus subtilis</i>	4.692,60	3.506,98 a	3.878,70	3.243,11 b
3 <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.588,01	4.295,69 b	3.996,76	3.685,70 c
4 Quitosana	4.429,71	4.186,90 b	3.717,59	3.329,96 b
5 Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.461,15	4.785,75 b	4.096,29	3.811,17 c
6 Enxofre	4.634,65	4.504,84 b	3.826,85	3.432,40 b
7 Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.848,08	4.850,90 b	4.075,92	3.855,59 c
8 Hipoclorito de sódio	4.313,80	3.651,43 a	3.784,72	2.903,96 a
9 Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	4.972,46	4.502,66 b	3.781,48	3.629,94 c
10 Azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1)	4.559,74	4.312,59 b	3.759,72	3.757,91 c
11 Azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1)	4.797,19	4.635,53 b	3.881,02	3.831,94 c
C.V. (%)	8,96	8,84	7,08	7,02

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns=não significativo; C.V.= coeficiente de variação

Na safra 2017/2018, foi obtido a produtividade com três aplicações do fungicida de 3.881,02 e 3.831,94 kg ha⁻¹, e na testemunha de 3.735,64 e 2.953,45 kg ha⁻¹, na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabela 4.2). Valores próximos aos obtidos no presente trabalho foram obtidos por Bárbaro-Tornieli et al. (2018), em Araçatuba, São Paulo, utilizando a mesma cultivar, porém com semeadura em novembro na safra 2017/2018 a produtividade com fungicida foi 3.581,48 kg ha⁻¹ e 3.180,72 kg ha⁻¹ na testemunha.

As médias de produtividades alcançadas com duas e três aplicações do fungicida na safra 2016/2017 foram de 4.678,47 e 4.474,06 kg ha⁻¹ e na safra 2017/2018 de 3.820,37 e 3.794,93 kg ha⁻¹ na primeira e segunda época de semeadura, respectivamente (Tabela 4.2), estas médias são superiores a produtividade média obtida no Estado do Paraná de 3.731,00 kg ha⁻¹ na safra 2016/2017 e 3.508,00 kg ha⁻¹ para a safra 2017/2018 (CONAB, 2018).

Comparando, as produtividades obtidas na segunda época de semeadura foram inferiores à primeira época, provavelmente devido aos fatores, como época de semeadura e a maior pressão de inóculo da doença (GRIGOLLI, 2014). Na primeira época de semeadura, não houve diferença significativa entre os tratamentos para a produtividade, apenas na segunda época (Tabela 4.2). Para esta cultivar, quando semeada em outubro, não há necessidade da aplicação de produtos. Segundo Twizeyimana, Hartman, Culturing (2011), a eficácia da aplicação e do produto aplicado depende do momento em que a doença é detectada pela primeira vez e da intensidade de seu desenvolvimento.

O controle da doença é realizado com aplicação de fungicidas, principalmente dos grupos químicos estrobilurina e carboxamida que atuam sobre a respiração mitocondrial do fungo. As estrobilurinas agem inibindo o transporte de elétrons no complexo 3 mitocondrial, portanto, inibindo a respiração dos fungos e, conseqüentemente, a formação de ATP. Enquanto as carboxamidas atuam no complexo 2 da cadeia de transporte de elétrons, chamado de complexo succinato desidrogenase, resultando no bloqueio da produção de ATP e na formação de moléculas intermediárias prejudiciais à célula (ATTANAYAKE et al., 2010).

Além disso, essas moléculas são conhecidas por exercerem efeito fisiológico positivo sobre metabolismo antioxidante das plantas, contribuindo tanto contra o estresse biótico quanto ao abiótico sofrido (JACOBELIS JUNIOR, 2015). Recomenda-se a utilização de misturas com pelo menos dois ingredientes ativos de ação distinta afim de evitar a seleção de genótipos do fungo aos produtos químicos (BRASIL et al., 2018). De acordo com o presente trabalho, confirmou-se que a aplicação de mais de um grupo de fungicida (estrobilurina e carboxamida) aliado ao enxofre (considerado de contato, eliminando e/ou erradicando as estruturas dos fungos na superfície das plantas), melhorou o controle da doença (Tabela 4.1), além de apresentarem

as maiores médias de produtividade (Tabela 4.2). Além desta estratégia de manejo contribuir para prolongar a vida útil do fungicida no mercado.

A expansão da produtividade da cultura está intimamente ligada ao desenvolvimento de tecnologias aplicáveis que viabilizam a eficiência competitiva da soja. Desta maneira, o presente trabalho contribui, para a inserção de produtos alternativos ao manejo da soja pelos produtores da região, além de confirmar que na semeadura em outubro não há diferença em produtividade, qualquer que seja o método de controle de doenças utilizado na cultivar TMG 7062.

4.4 CONCLUSÃO

O enxofre, a quitosana e o *B. subtilis* isolados reduziram a severidade da doença.

Os produtos alternativos quando associados ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir), mostraram desempenho superior do que aplicados isoladamente.

Na primeira época de semeadura (outubro) a severidade foi menor que na segunda (dezembro).

A produtividade foi afetada pelos produtos testados apenas na segunda época de semeadura. O enxofre aplicado isolado e os demais produtos associados ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) evitaram danos a cultura.

O enxofre associado ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) foi o mais eficiente no controle do oídio.

4.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTANAYAKE, R. N.; GLAWE, D. A.; MCPHEE, K. E.; DUGAN, F. M.; CHEN, W. *Erysiphe trifolii* – a newly recognized powdery mildew pathogen of pea. **Plant Pathology**, Oxford, v. 59, n. 4, p. 712-720, 2010.

BÁRBARO-TORNELI, I. M.; FINOTO, E. L.; BORGES, W. L. B.; TOKUDA, F. S.; SANTOS, G. X. L.; MARTINS, M. H.; CORDEIRO-JÚNIOR, P. S.; PASQUETTO, J. V. G.; GASPARINO, A. C.; DE FREITAS, R. S.; MATEUS, G.P. Avaliação de cultivares de soja no estado de São Paulo em resposta à aplicação de inoculantes no sulco de semeadura. **Nucleus**, Ituverava, v. 7, p. 55-62, 2018.

BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. C.; FERRAUDO, A. S. Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (Conquista). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 76-89, 2014.

BEDENDO, I. P. Oídios. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. Á. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011. cap. 34, p. 289-311.

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

BLUM, L. E.; REIS, E. F.; PRADE, A. G.; TAVELA, V. Carbendazim, procloraz, propiconazol e tebuconazol para o controle do oídio da soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 1, p. 1-6, 2016.

BRASIL, S. D. O. S.; MARQUES, L. D. L.; DA SILVA, R. F. B.; FREITAS, D. C. L.; SOARDI, K. Importância da resistência de plantas no controle de oídio: um levantamento de cultivares de soja no BRASIL. **Revista Científica Rural**, Bagé, n. 20, v. 2, p. 188-202, 2018.

BROCH, D. L.; PAVINATO, P. S.; POSSENTTI, J. C.; MARTIN, T. N.; DEL QUIQUI, E. M. Produtividade da soja no cerrado influenciada pelas fontes de enxofre. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza. v. 42, n. 3, p. 791-796, 2011.

CONAB. Companhia nacional de abastecimento, Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em 7 ago. 2018.

DAFERERA D. J; ZIOGAS B. N.; POLISSIOU M. G. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. **Crop Protection**, Oxford, v. 22, n. 1, p. 39-44, 2003.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. p. 306.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

GHINI, R.; KIMATI, H. **Resistência de fungos a fungicidas**. 1a ed. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 78 p.

GRIGOLLI, J. F. J. **Manejo de doenças na cultura da soja**. In: LOURENÇÃO, A. L. F.; GRIGOLLI, J. F. J.; MELOTTO, A. M.; PITOL, C.; GITTI, D. DE C.; ROSCOE, R. (Ed.). Tecnologia e produção: soja 2013/2014. Maracaju: Fundação MS, 2014. p. 205-231.

HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5.ed. Londrina: Embrapa Soja, 2014.

JACOBELIS JUNIOR, W. **Ação de fungicidas no desenvolvimento de plantas de tomate, em condições de ambiente protegido**. 2015. 54 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

MACHADO, F. R. **Componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja relacionado a aplicação de fertilizantes foliares**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2015.

MALAVOLTA, E. Futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais. **International Plant Nutrition Institute**. Informações Agronômicas. n. 121, Março, 2008.

MATTIAZZI, P. Escala diagramática do oídio da soja. **Efeito do oídio na produção e duração da área foliar sadia da soja**, 2003. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2003.

NASCIMENTO, J. M.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; OLIVEIRA, J. L.; LABORDE, M. C.; PONTIM, B. C. A.; MENDES, M. P. Manejo da ferrugem asiática da soja com aplicações de fungicidas iniciadas na detecção do patógeno ou posteriores. **Agrarian**, Guarapuava, v. 11, n. 39, p. 42-49, 2018.

PEREIRA, A. A. **Caracterização molecular do loco Red associado a resistência ao oídio da soja**. 2015. 71 f. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PEREIRA, D. G. Avaliação da severidade do oídio [*Erysiphe diffusa* (U. Braun & S. Takam)] em genótipos de soja, em condições de campo. **Revista Caatinga**, Fortaleza, v. 25, n. 3, p. 25-30, 2012.

PÉREZ-VEGA, E.; TRABANCO, N.; CAMPA, A.; FERREIRA, J. J. Genetic mapping of two genes conferring resistance to powdery mildew in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, Heidelberg, v. 6, n. 6, p. 1503-1512, 2013.

REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, J. P.; DE ANDRADE, M. J. B.; PERES DEALCANTARA, H. Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1255-1259, set./out., 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology: 1997. 20p. (Special Report, 53).

SANTOS, A. E. **Controle do oídio da abobrinha com antagonistas e produtos biocompatíveis**. 2009, 50 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, Oxford, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2010.

TMG, Tropical Melhoramento Genético. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/pt/cultivares/soja>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

TWIZEYIMANA, M.; HARTMAN, G. L. CULTURING *Phakopsora pachyrhizi* on detached leaves and urediniospore survival at different temperatures and relative humidities. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, n. 12, p. 1453-1460, 2011.

USDA -United States Department of Agriculture. Disponível em: <<http://www.usdabrazil.org.br/en/reports/biofuels-annual-2018.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2018.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. Manejo do Enxofre na Agricultura. Informações Agronômicas. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, n. 152 p. 32, Dezembro, 2015.

XAVIER, S. A.; MELLO, F. E. D.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Photosynthesis of soybean leaves infected by *Corynespora cassiicola* and *Erysiphe diffusa*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 156-159, 2015.

YORINORI, J. T. **Oídio da Soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1997. 5p. (EMBRAPA-CNPSO. Comunicado Técnico, 59).

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; ZANÃO JUNIOR, L. A. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Fitopatologia, Viçosa, MG, 327. p, 2012.

CAPÍTULO V – RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DAS CULTIVARES DE SOJA NA 5909 E TMG 7062 SUBMETIDAS A DIFERENTES PRODUTOS NO CONTROLE DE DOENÇAS

RESUMO

A adoção de métodos de controle de doenças na cultura da soja (*Glycine max*), afeta suas respostas fisiológicas e, como consequência, sua produtividade. Deste modo, o trabalho teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas e a produtividade de duas cultivares de soja, submetidas a diferentes produtos para controle de doenças fúngicas, ferrugem asiática e (*Phakopsora pachyrhizi*) e oídio (*Microsphaera diffusa*) em dois anos agrícolas. O experimento foi realizado no município de Ponta Grossa-PR nas safras 2016/2017 e 2017/2018. Utilizou-se duas cultivares de soja (NA 5909 e TMG 7062) e 4 produtos, T1- testemunha (água); T2- Quitosana; T3- enxofre e T4- fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir), com 4 repetições. Foram avaliados a assimilação líquida de CO₂, a condutância estomática, a transpiração, eficiência intrínseca do uso da água (EUA_{int}), as clorofilas α , β e total, bem como a produtividade. Constatou-se que o fungicida elevou os teores de clorofila α , β e total na cultivar TMG 7062. Nas duas safras a cultivar TMG 7062 apresentou maior condutância estomática, assimilação de CO₂ e transpiração, em relação à NA 5909. A aplicação do fungicida, elevou o rendimento da soja em 33,79 e 30,19% e do enxofre em 19,97 e 18,76% em comparação com a testemunha, nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Na safra 2016/2017, a cultivar TMG 7062 apresentou incremento na produtividade de 17,12%, em relação a cultivar NA 5909 e na safra 2017/2018 o incremento foi de 13,65%.

Palavras chaves: *Glycine max*, trocas gasosas, clorofila, quitosana, fungicida.

ABSTRACT

The adoption of methods of disease control in soybean (*Glycine max*), affects its physiological responses and, as a consequence, its productivity. The objective of this work was to study the physiological responses and productivity of two soybean cultivars submitted to different products to control fungal diseases, Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) and powdery mildew (*Microsphaera diffusa*) in two years. The experiment was carried out in the municipality of Ponta Grossa-PR in the 2016/2017 and 2017/2018 harvests. Two soybean cultivars (NA 5909 and TMG 7062) and 4 products, T1- control (water) were used; T2- Chitosan; T3- sulfur and T4- fungicide (azoxystrobin + benzovindiflupir), with 4 replicates. The net assimilation of CO₂, stomatal conductance, transpiration, intrinsic water use efficiency (EUA_{int}), chlorophylls α , β and total, as well as productivity, were evaluated. It was verified that the fungicide increased the contents of chlorophyll α , β and total in the cultivar TMG 7062. In the two cultivars the cultivar TMG 7062 presented greater stomatal conductance, assimilation of CO₂ and transpiration, in relation to the NA 5909. The application of the fungicide, increased soybean yield by 33.79 and 30.19% and sulfur by 19.97 and 18.76% compared to the control in the 2016/2017 and 2017/2018 crops, respectively. In the 2016/2017 crop, TMG 7062 presented an increase in yield of 17.12%, compared to cultivar NA 5909 and in the 2017/2018 crop, the increase was 13.65%.

Key words: *Glycine max*, gas exchange, chlorophyll, chitosan, fungicide.

5.1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é a principal oleaginosa produzida e consumida à nível mundial. No Brasil, a cultura é responsável por 49% da área plantada de grãos com importante participação no agronegócio nacional e do Estado do Paraná (CONAB, 2018). Diversos fatores interferem negativamente no desenvolvimento da cultura, dentre eles, destacam-se os fatores genéticos, edafoclimáticos, competição com plantas daninhas e ataque de pragas e doenças. Esses fatores são responsáveis por reduções na produtividade de grãos, o que afeta diretamente o rendimento do produtor (GAI, 2015).

A cultura da soja é suscetível a mais de 40 doenças causadas por fungos, bactérias, nematoides e vírus (HENNING et al., 2014). Dentre as estratégias de manejo da doença, destacam-se o controle químico, o uso de cultivares resistentes e diferentes épocas de semeadura. O método de controle mais utilizado na soja é o químico (NAVARINI et al., 2007). Este método promove diversos problemas relacionados com a seleção de linhagens resistentes ao patógeno (SNOW; BERGGREN, 1992; TUPICH et al., 2017), além da contaminação ambiental, do alimento e do aplicador.

A seleção de produtos alternativos aos fungicidas tradicionais para o controle de pragas, plantas daninhas e doenças na cultura, são importantes para as estratégias de controle fitossanitários (MESQUINI et al., 2011), dentre esses produtos pode-se citar o enxofre (VITTI et al., 2007; DE OLIVEIRA et al., 2018) e a quitosana (BERGER et al., 2011; MALERBA et al., 2016).

As repostas fisiológicas de diferentes cultivares de soja submetidas a aplicação de produtos alternativos são fundamentais para o melhor entendimento da relação planta-controle. Dessa forma, o entendimento de como as práticas de manejo de doenças da cultura influenciam nas trocas gasosas torna-se muito importante, uma vez que a otimização desses fatores pode resultar em aumento na taxa de assimilação líquida de CO₂, contribuindo de forma direta para o crescimento e desenvolvimento das plantas e, consequentemente, para a produtividade (PAIVA et al., 2005; MARQUES, 2017).

Dentro desse contexto o objetivo do trabalho foi estudar o comportamento fisiológico, bem como a produtividade de duas cultivares de soja (NA 5909 resistente ao glifosato e TMG 7062 resistente ao glifosato e com tecnologia Inox) submetidas a diferentes produtos para o controle de doenças em dois anos agrícolas (2016/17 e 2017/18), sob sistema de semeadura direta na palha na região dos Campos Gerais do Paraná.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido nas safras 2016/2017 e 2017/2018 na Fazenda Escola Capão da Onça, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa-PR, localizada a 25° 5'30.07" de latitude sul, 50° 3'45.00" de longitude oeste e altitude de 988 metros. Segundo Köppen o clima de Ponta Grossa PR é classificado como Cfb, ou seja, clima temperado, com temperatura média no mês mais frio abaixo de 18°C, e no mês mais quente abaixo de 22°C. A precipitação média anual fica em torno de 1.550 mm. A semeadura da soja foi realizada em um CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

As cultivares de soja utilizadas no experimento foram NA 5909 RG e TMG 7062. A cultivar NA 5909 apresenta ciclo precoce, com hábito de crescimento indeterminado, suscetível a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow) e moderadamente suscetível ao oídio (NIDERA, 2018) e a cultivar TMG 7062 possui ciclo precoce com hábito de crescimento semi-determinado, resistente a ferrugem asiática (Inox) e moderadamente resistente ao oídio (TMG, 2018).

A semeadura das cultivares, na primeira safra foi realizada no dia 14 de dezembro de 2016 e na segunda em 10 de dezembro de 2017 com o auxílio de semeadora mecanizada. Para a cultivar NA 5909 foi utilizado espaçamento entre linhas de 0,45 m com total de 15 plantas por metro e população final de 250.000 plantas ha⁻¹, e para a cultivar TMG 7062, foi utilizado espaçamento entre linhas de 0,45 m, com total de 10 plantas por metro e população final de 200.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de base consistiu em uma dosagem de 300 kg ha⁻¹ na fórmula comercial de 02:08:12 de NPK. O tratamento de sementes realizado consistiu no uso de fipronil + piraclostrobina + metil tiofanato (Standak Top 200 mL p.c. para 100 kg de sementes) e também foi utilizado *Bradyrhizobium japonicum* (Nitragin 300 mL p.c. para 100 kg de sementes). O monitoramento e controle de plantas daninhas e pragas (percevejos e lagartas) foi realizado conforme a necessidade da cultura.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, e quatro tratamentos. Os tratamentos consistiram da aplicação foliar dos produtos: T1 - testemunha (água) (aplicações nos estádios fenológicos: V4, V6, R1 e R5.1); T2 - quitosana 1% (2 L p.c. ha⁻¹) (aplicações nos estádios fenológicos: V4, V6, R1 e R5.1); T3 - macronutriente: enxofre (S 26%) (2 L p.c. ha⁻¹) (aplicações nos estádios fenológicos: V4, V6, R1 e R5.1), e T4 – fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) (200 g p.c. ha⁻¹) com adição do adjuvante óleo mineral Nimbus® (0,5% v/v) nos estádios fenológicos V6, R1 e R5.1.

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

As parcelas possuíam dimensões de 4,5 x 4,0 m, totalizando 18,0 m² de área total. Os tratamentos utilizados foram aplicados via foliar com o uso de cilindro de dióxido de carbono com pressão constante (CO₂), dotado de uma barra com disposição simultânea de quatro pontas (XR 11002) espaçados em 0,50 m. Utilizou-se um volume de aplicação de 250 L ha⁻¹ para todos os tratamentos.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas no florescimento pleno da cultura, analisou-se a assimilação líquida de CO₂ (A , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração foliar (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e condutância estomática (G_s , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), mensuradas por um analisador de gases portátil (IRGA (Infra Red Gás Analyzer), com área de câmara de 0.0006 m², densidade de fótons fotossinteticamente ativos fixados em 1200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e taxa de fluxo de 500 $\mu\text{mol s}^{-1}$ e CO₂ local. Antes do início das avaliações realizou-se a devida calibração do aparelho no local. A EUA (eficiência do uso da água), foi obtida pela razão da assimilação líquida de CO₂ pela transpiração.

Logo após as avaliações utilizando o IRGA, foram realizadas avaliações do índice de clorofila α e β com auxílio de um Clorofilômetro Digital (ClorofiLOG CFL1030- Falker®). As avaliações foram realizadas no dia 10 de março de 2018, com uma amostragem não destrutiva. Assim como as medições com o IRGA, foram utilizados folíolos que estivessem totalmente expostos a radiação solar, entre 10:00 e 12:00 horas da manhã, afim de se obter os dados em horário sem presença de nuvens que pudessem superestimar os resultados.

No final do ciclo da cultura, as plantas da área útil de cada parcela (9,0 m²) foram colhidas, pesadas e sua umidade aferida. Os valores de produção obtidos foram convertidos a 13% de umidade e a produtividade estimada para kg ha⁻¹.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância com aplicação do teste F. Nos casos de valor de F significativo ($p < 0,05$), foi aplicado o teste de comparação de médias de Tukey (0,05) para comparar o desempenho de ambas as cultivares de soja com os produtos utilizados no experimento. As análises foram realizadas com auxílio do software R, versão 3.0.2 (R CORE TEAM, 2013).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safra 2016/2017 a assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, transpiração foliar e a eficiência fisiológica do uso da água (EUA), na cultivar NA 5909 não diferiram em relação a aplicação foliar dos produtos. Nesta mesma safra, em relação a cultivar TMG 7062, houve diferença estatística apenas para o parâmetro condutância estomática (Tabela 5.1), o tratamento com quitosana apresentou 21,62% a mais para este parâmetro em relação à testemunha.

Tabela 5.1 – Assimilação líquida de CO₂ (A , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração foliar (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a eficiência fisiológica do uso da água (EUA), nas cultivares NA5909 e TMG 7062 de soja (*Glycine max*) e produtos para o controle de doenças fúngicas, safra 2016/2017, Ponta Grossa-PR.

Cultivar NA 5909				
Tratamentos	A	G_s	E	EUA
Testemunha	16,83 ^{ns}	0,30 ^{ns}	3,69 ^{ns}	4,58 ^{ns}
Quitosana	16,02	0,29	3,94	4,12
Enxofre	16,13	0,29	4,04	4,04
Fungicida	15,92	0,19	4,26	3,77
C.V. (%)	4,74	21,55	8,89	10,33
Cultivar TMG 7062				
Tratamentos	A	G_s	E	EUA
Testemunha	17,90 ^{ns}	0,37 ^{ab}	4,36 ^{ns}	4,13 ^{ns}
Quitosana	17,30	0,45 ^a	4,48	3,86
Enxofre	17,47	0,26 ^b	4,48	3,91
Fungicida	18,18	0,28 ^b	4,93	3,70
C.V. (%)	6,18	17,94	6,01	8,88

*Médias seguidas pela mesma letra não apresenta diferença significativa pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. ns = não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Daley et al. (1989), relatam que a redução da condutância estomática pode limitar a taxa de retenção de CO₂ e, consequentemente, a concentração CO₂ diminui nos espaços intercelulares devido ao consumo de CO₂ pela atividade fotossintética. De modo geral, as plantas quando estão sob algum tipo de estresse reduzem a condutância estomática e a transpiração e aumentam a eficiência do uso da água. Nessas condições, a taxa de fotossíntese também acaba sendo reduzida (FERRAZ et al., 2012), fato observado na cultivar NA 5909, que obteve menor condutância estomática, e reduzindo a taxa de assimilação líquida de CO₂. Este resultado pode ter ocorrido em decorrência do metabolismo dessa planta, que no mesmo ambiente da outra cultivar, teve reduzida a fotossíntese, com uma menor abertura estomática e com menos CO₂ nos espaços intercelulares comprometendo a eficiência no uso da água.

A cultivar NA 5909 apresentou as menores médias de condutância estomática (G_s), ocorrendo o menor valor no tratamento com fungicida (0,19) e a cultivar TMG 7062 apresentou o menor valor no tratamento com enxofre (0,26) (Tabela 5.1). Também foi observado na cultivar NA5909 redução nas taxas de transpiração foliar, na assimilação líquida de CO_2 , provavelmente em função do fechamento estomático (Tabela 5.1).

Na segunda safra 2017/2018 (Tabela 5.2) para a cultivar NA 5909, houve diferença para os parâmetros fisiológicos A , G_s , E e EUA. A testemunha apresentou as menores médias para todos os parâmetros. O tratamento com fungicida obteve as maiores médias para a A e EUA, diferindo da testemunha, o tratamento com quitosana apresentou a maior média para a E e para G_s . No que se refere a cultivar TMG 7062, não houve diferença para os parâmetros avaliados.

Tabela 5.2 – Assimilação líquida de CO_2 (A , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (G_s , $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), transpiração foliar (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a eficiência fisiológica do uso da água (EUA), nas cultivares TMG 7062 e NA 5909 de soja (*Glycine max*) e produtos para o controle de doenças fúngicas, safra 2017/2018, Ponta Grossa-PR.

Cultivar NA 5909				
Tratamentos	A	G_s	E	EUA
Testemunha	14,45 b*	0,16 b	3,26 b	4,48 b
Quitosana	19,97 a	0,22 a	4,24 a	4,71 ab
Enxofre	19,86 a	0,20 ab	4,03 ab	4,98 ab
Fungicida	21,12 a	0,20 ab	3,96 ab	5,37 a
C.V. (%)	12,42	12,90	9,83	7,81
Cultivar TMG 7062				
Tratamentos	A	G_s	E	EUA
Testemunha	24,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	4,60 ^{ns}	5,28 ^{ns}
Quitosana	23,97	0,25	4,57	5,25
Enxofre	27,48	0,26	4,63	5,99
Fungicida	27,03	0,26	4,69	5,77
C.V. (%)	6,94	6,47	5,05	8,40

*Médias seguidas por letras minúsculas apresentam diferenças significativa pelo teste de Tukey a $p < 0,05$. ns = não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Os resultados da aplicação dos produtos na safra 2017/2018 apresentaram respostas próximas ao do ano anterior, safra 2016/2017, a cultivar TMG 7062 apresentou maiores valores para fotossíntese, condutância estomática, transpiração e EUA do que a cultivar NA5909 (Tabelas 5.1 e 5.2).

Em comparação com os valores da safra 2016/2017, na safra 2017/2018 tivemos para as duas cultivares um incremento na fotossíntese, na transpiração e na eficiência do uso da água, porém na safra 2016/2017, as plantas tiveram menor restrição às trocas gasosas em comparação a safra 2017/2018. Estes resultados sugerem que os efeitos dos métodos de controle sobre as

trocas gasosas das cultivares avaliadas são influenciadas pelas condições meteorológicas predominantes durante o ciclo de cultivo da soja, pois na primeira safra houve menor precipitação, já na segunda observou-se volumes superiores, no entanto as médias de temperatura foram semelhantes (Anexos 2 e 3).

Comparando a assimilação líquida de CO₂ (A), entre as cultivares, a TMG 7062 teve assimilação líquida de CO₂ (A) superior em 6,36% e 68,03% em comparação com a cultivar NA 5909, safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente (Tabelas 5.1 e 5.2), com relação a condutância estomática (Gs) a cultivar TMG 7062 apresentou novamente médias superiores a NA5909 nas duas safras, ou seja, a cultivar TMG 7062 apresenta menor restrição dos estômatos ao fluxo de gases.

A cultivar NA5909 apresenta as menores médias de transpiração nas duas safras, ocorrendo maior severidade de doenças e consequentemente maiores médias da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (820,10 e 878,28 para ferrugem asiática e para oídio 1.474,75 e 1.445,14, na primeira e segunda safra respectivamente) (dados não apresentados), visto que a mesma é suscetível a ferrugem asiática. Já a cultivar TMG 7062 possui tecnologia Inox e apresentou menor severidade da doença (TMG, 2018), e menores valores da AACPD, 331,62 e 229,60 para ferrugem asiática e para o oídio 1.265,61 e 1.033,43 na primeira e segunda safra, respectivamente (dados não apresentados).

No presente experimento foram avaliadas a severidade das doenças, míldio (*Peronospora manshurica*), oídio (*Microsphaera diffusa*) e ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*). Segundo Mignucci e Boyer (1979), estudando a relação das alterações fisiológicas no hospedeiro causadas por doenças, constataram menor fotossíntese e transpiração com o aumento da infecção por *M. diffusa*. Os autores constataram que com 82% da área foliar infectada, mais da metade da atividade fotossintética da folha havia sido perdida e a transpiração baixou para 36% em relação à testemunha, como resultado da alteração direta na atividade metabólica induzida pelo patógeno.

De acordo com Inoue e Ribeiro (1988), a transpiração é um fenômeno influenciado principalmente pela temperatura e a saturação de vapor d'água. Sob as mesmas condições, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economia de água pela planta.

Taiz e Zeiger (2010), afirmam que a eficiência no uso da água muda quando as condições para a difusão do CO₂ ou da água são alteradas. Quando os estômatos estão totalmente abertos, a absorção de CO₂ é mais limitada pela resistência de transferência do que a perda de água por transpiração. A melhor relação entre absorção de CO₂ e perda de água é

alcançada quando os estômatos estão parcialmente fechados. Esta situação pode ser demonstrada no início da deficiência hídrica, quando os dois processos de difusão são prontamente reduzidos e a relação fotossíntese/transpiração atinge os maiores valores.

O fungicida utilizado no presente experimento possui azoxistrobina, que pertence ao grupo químico das estrobirulinas, que atua inibindo o transporte de elétrons nas mitocôndrias entre o citocromo b e citocromo c1 (Complexo III), interferindo desta forma na síntese de ATP e bloqueando o abastecimento de energia das células do fungo (SYNGENTA, 2018). Do mesmo modo, interferem transitoriamente no transporte de elétrons da mitocôndria da célula vegetal e reduzem a taxa de respiração, como consequência promovem melhor utilização do CO₂ e redução de gasto de energia, resultando em maior acúmulo de carboidratos pelo aumento da fotossíntese líquida (OLIVEIRA, 2010)

Até recentemente, o uso de fungicidas no manejo de doenças tinha como único foco, o controle de doenças, passando a ter uma perspectiva ampliada devido aos benefícios fisiológicos apresentados no presente experimento, sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos na assimilação líquida de CO₂ e aumento na eficiência do uso da água (Tabela 5.1).

Um dos fatores ligados à eficiência fotossintética de plantas e, conseqüentemente, ao crescimento e à adaptabilidade a diversos ambientes é o conteúdo de clorofila. Segundo Kramer e Kozlowski (1979), a clorofila é constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz, mas sob intensidades luminosas muito altas a velocidade de decomposição é maior, sendo o equilíbrio estabelecido a uma concentração mais baixa.

Para a cultivar NA 5909 o teor de clorofila α (CL-A) e clorofila total (CL-Total) (Tabela 5.3) foi superior na testemunha, diferindo do fungicida, com relação ao teor de clorofila β (CL-B) não houve diferença entre os produtos testados. A cultivar TMG 7062 apresentou maiores valores de CL-A, CL-B e CL-total, em comparação com a cultivar NA 5909, sendo superior em 7,95%, 15,60% e 9,90%, respectivamente (Tabela 5.3).

Para a cultivar TMG 7062, não houve diferença para os teores de CL-A, CL-B e CL-total em função da aplicação dos tratamentos. A aplicação de azoxistrobina + benzovindiflupir elevou em 9,37% o teor de clorofila α (CL-A), em relação à aplicação do enxofre. Para o teor de clorofila β o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, elevou em 18,85% em relação a testemunha.

Tabela 5.3 – Teor de clorofila α (CL-A), clorofila β (CL-B) e clorofila total (CL-Total), para a safra 2017/2018, em diferentes cultivares de soja e produtos para o controle de doenças fúngicas. Ponta Grossa-PR.

Cultivar NA 5909			
Tratamento	CL-A	CL-B	CL-Total
Testemunha	35,10 a*	12,33 ^{ns}	47,43 a*
Quitosana	34,58 ab	12,63	47,20 a
Enxofre	34,65 ab	11,83	46,48 ab
Fungicida	32,88 b	10,68	43,55 b
C.V. (%)	2,71	8,63	3,58
Cultivar TMG 7062			
Tratamento	CL-A	CL-B	CL-Total
Testemunha	36,00 ns	13,15 ^{ns}	49,15 ^{ns}
Quitosana	36,10	13,18	49,28
Enxofre	36,30	12,88	49,18
Fungicida	39,70	15,63	55,33
C.V. (%)	7,32	11,57	8,11

* Médias seguidas pela mesma letra não apresenta diferença significativa pelo teste de Tukey a $p < 0,05$, ns = não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

No que se refere ao teor de clorofila total, não houve diferença significativa na cultivar TMG 7062, contudo o fungicida azoxistrobina + benzovindiflupir, elevou 12,56%. O teor desta clorodila perante a testemunha. Em estudo com a cultivar de soja Conquista e com a aplicação de fungicida (estrobirulina), Oliveira et al. (2010) relataram que a aplicação de fungicida elevou em 7% o teor de clorofila em comparação á testemunha (sem aplicação de fungicida). Comparando os resultados do trabalho anteriormente citado, com o presente experimento, pode-se confirmar o comportamento diferenciado de cada cultivar quanto a aplicação de estrobirulina, pois a cultivar TMG 7062 apresentou maiores valores de clorofila, do que cultivar NA 5909 (Tabela 5.3).

Segundo De Freitas Filho (2014), o maior teor de clorofila resulta na redução do amarelecimento e senescência das plantas, prolongando o período de atividade fotossintética. Assim, pode-se supor que plantas com uma maior concentração de clorofila ao longo do tempo acumulem a maior quantidade de massa ao final do ciclo da cultura.

Em relação à produtividade (Tabela 5.4), observou-se que na safra de 2016/2017 houve uma grande diferença de produção entre as cultivares. A cultivar TMG 7062 produziu 17,12% a mais, em relação a cultivar NA5909, isto pode estar relacionado com o fato desta cultivar apresentar resistência a ferrugem asiática, enquanto a NA 5909 é suscetível. Na safra 2017/2018 as produtividades obtidas foram inferiores as da safra anterior (2016/2017), porém manteve-se a diferença entre as cultivares, com superioridade da cultivar TMG 7062 de 13,65%, em relação a NA 5909.

Em relação aos tratamentos, o fungicida foi eficiente em evitar danos à produtividade (Tabela 5.4). Resultado também constatado por Godoy et al. (2017), em estudos utilizando o mesmo fungicida, tiveram um controle de 73% de doenças obtendo produtividade média de 3.143,00 kg ha⁻¹ na safra 2016/2017 em cultivar suscetível a ferrugem asiática, corroborando com os dados do presente trabalho. A aplicação do fungicida, evitou danos ao rendimento da soja em 33,79 e 30,19%. Entre os produtos alternativos, destacou-se o enxofre, que evitou danos ao rendimento de 19,97 e 18,76% em comparação com a testemunha, nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

Tabela 5.4 – Produtividade (kg ha⁻¹), nas cultivares de soja NA 5909 e TMG 7062 devido a aplicação de produtos, safras 2016/2017 e 2017/2018. Ponta Grossa-PR.

Safr 2016/2017		
Tratamento	NA 5909	TMG 7062
Testemunha	2.944,14 b*	3.552,38 b
Quitosana	3.391,66 ab	4.186,90 b
Enxofre	3.553,05 ab	4.504,85 b
Fungicida	3.916,20 a	4.660,53 a
C. V. (%)	13,53	6,44
Safr 2017/2018		
Tratamento	NA 5909	TMG 7062
Testemunha	2.550,11 b	2.953,46 c
Quitosana	2.764,55 b	3.329,96 bc
Enxofre	2.816,28 b	3.392,15 b
Fungicida	3.504,21 a	3.831,95 a
C. V. (%)	6,32	5,39

* Médias seguidas pela mesma letra não apresenta diferença significativa pelo teste de Tukey a p<0,05, C.V.= coeficiente de variação.

A literatura apresenta duas hipóteses para o ganho em produtividade proporcionado pela aplicação de estrobilurinas. Na primeira hipótese, esses ganhos são decorrentes das alterações nos processos fisiológicos, incluindo o ponto de compensação de CO₂, a senescência foliar, a concentração de clorofila, a atividade fotossintética, a condutância estomática, o consumo de água, a atividade de enzimas antioxidantes, os níveis de ácido abscísico e outros hormônios vegetais e ainda, a atividade da nitrato redutase (KÖEHLE et al., 2002). Na segunda hipótese, a estrobilurina previne a germinação de esporos de fungos patogênicos, não patogênicos e saprófitos, interrompendo assim, os elicitores que demandam perdas de energia em respostas à defesa do hospedeiro (VENÂNCIO et al., 2004).

Segundo a CONAB (2018), a produtividade média da cultura da soja na safra 2016/2017 foi de 3.867 kg ha⁻¹ e na safra 2017/2018 foi de 3.225 kg ha⁻¹ no Estado do Paraná.

Estes valores são próximos às médias obtidas no presente experimento, 3.567,48 e 3.456,61 kg ha⁻¹, para as safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

Observou-se que a cultivar TMG 7062 teve as maiores médias para a capacidade fotossintética, maior capacidade de uso da água (EUA) (Tabelas 5.1 e 5.2), fator esse, que explica a maior taxa de transpiração, processo pelo qual a planta expelle água para a atmosfera. Este processo é muito importante para o transporte de íons e outras substâncias para a parte aérea, fazendo com que a planta fique com um grande aporte, tenha uma maior taxa fotossintética, possua grande capacidade de produção de esqueletos carbônicos e, conseqüentemente, tenha maior capacidade de produção, o que pode explicar a maior produtividade desta cultivar na primeira safra.

A relação entre a fotossíntese e a respiração é fundamental para caracterização da produtividade da planta, entretanto são afetados por diversos fatores como temperatura, fluxo de irradiação, estresses, limitações metabólicas, bem como a sanidade das plantas. A redução da fotossíntese e/ou aumento da respiração reduz a assimilação do CO₂ e, conseqüentemente, interfere no acúmulo de biomassa pela planta (CATUCHI et al., 2012).

O tratamento com enxofre destacou-se entre os produtos testados para a cultivar TMG 7062 na segunda safra (Tabela 5.4). De acordo com Prado (2008), o enxofre desempenha algumas funções essenciais para as plantas, como a formação dos aminoácidos (cisteína, cistina, metionina, taurina), estando, desta forma, presente em todas as proteínas vegetais e a participação nos processos metabólicos da fotossíntese, por estar em coenzimas como a ferredoxina e na fixação biológica do nitrogênio.

Pereira et al. (2016), utilizando a cultivar TMG 1179, aplicando enxofre elementar (50 kg ha⁻¹), verificaram que este evitou danos em torno dos 1.000 kg ha⁻¹. No presente experimento o tratamento com enxofre evitou danos de 609,37 e 543,94 kg ha⁻¹, nas safras 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente.

A utilização da quitosana, evitou danos em média de 450,00 kg ha⁻¹ (Tabela 5.4). Já Sathiyabama et al. (2014), na cultura do tomate utilizando quitosana em aplicações foliares na concentração de 1,5%, obtiveram maior peso dos frutos e conseqüentemente maior produtividade. A quitosana é um biopolímero natural, seguro e barato, produzido a partir da quitina, principal constituinte do exoesqueleto de artrópodes e da parede celular de fungos (BERGER et al., 2011; MALERBA et al., 2016).

Segundo Berger et al. (2011), a quitosana influencia na transpiração das plantas. Bittelli et al. (2001), observaram que a quitosana (na concentração de 1%) aplicada nas folhas de *Capsicum* sp. (pimenta) cultivadas em casa de vegetação e no campo consumiram 26 e 43%

menos água que a testemunha, respectivamente. No presente experimento não houve diferença estatística para estes parâmetros.

Berger et al. (2011), relatam que a quitosana aplicada nas folhas induziu o fechamento dos estômatos pela diminuição do K nas células guarda. Este elemento é o principal regulador do potencial osmótico das células guarda, e deste modo baixas concentrações de K resultam em fechamento dos estômatos. Entretanto, a diminuição no consumo de água dos tratamentos com quitosana não afetou a produção de biomassa, quando comparado ao controle. A relação biomassa água foi maior nas plantas tratadas com quitosana. Esses resultados são interessantes economicamente, porque pode ajudar a diminuir o consumo de água, principalmente quando é utilizado sistema de irrigação.

Os compostos à base de quitosana também podem ser usados para revestir ou mergulhar frutas pós-colheita, prolongando a vida útil de prateleira e retardando a deterioração de pepino, cenoura, maçã, frutas cítricas, kiwi, pêssego, pêra, morango e cereja. Esse efeito deve-se a formação de uma barreira protetora formada pela quitosana que reduz a perda de água, inibe a troca gasosa, diminui a perda de nutrientes e previne o crescimento de microrganismos na superfície da fruta (MALERBA et al., 2016). No presente experimento o tratamento com quitosana reduziu a assimilação líquida de CO₂ (comparando com os outros tratamentos), porém não houve diferença estatística.

A quitosana demonstrou ser uma molécula natural que induz numerosas respostas biológicas nas plantas, melhorando as respostas de defesa a estresses abióticos e bióticos. Um estresse oxidativo inicial com acúmulo de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) foi observado nas plantas, bem como em culturas de células vegetais. Acredita-se que isso possa levar à indução de enzimas de defesa de plantas e à síntese de metabólitos secundários, como polifenóis, lignina, flavonóides e fitoalexinas, observados na cultura da soja (KHAN et al., 2002).

Entre os produtos alternativos, o enxofre apresentou potencial para ser inserido no manejo da cultura isoladamente, como no presente experimento, ou até associado a fungicidas, contribuindo para a utilização racional de agrotóxicos, pois o Brasil é o maior consumidor destes produtos no mundo (MMA, 2018) e há demanda por sistemas de cultivo mais sustentáveis e menos dependentes do uso de agrotóxicos sejam desenvolvidos.

5.4 CONCLUSÕES

A cultivar NA 5909 na primeira safra (2016/2017), não apresentou diferença para os parâmetros fisiológicos avaliados, na safra 2017/2018, ocorreu diferença para todos os parâmetros, com superioridade para condutância estomática e eficiência do uso da água para o tratamento com fungicida, e para condutância estomática e transpiração para o tratamento com quitosana.

A cultivar TMG 7062, na primeira safra, houve diferença entre os tratamentos para a condutância estomática, com superioridade para o tratamento com quitosana, na safra 2017/2018 não houve diferença para todos os parâmetros.

Apenas a cultivar NA 5909 apresentou diferença para o teor de clorofila α e Total.

Nas duas safras a aplicação de fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) evitaram danos ao rendimento da soja.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BITTELLI, M.; FLURY, M.; CAMPBELL, G. S.; NICHOLS, E. J. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee **Agricultural and Forest Meteorology**, Winstral, p.107-167, 2001.

CATUCHI, T. A.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GUIDORIZI, K. A.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, G.M. Respostas fisiológicas de cultivares de soja à adubação potássica sob diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 519-527, 2012

CONAB. Companhia nacional de abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info...da.../16780_e7a4a52ee1db76ad1a8cfda9b2343c48>. Acesso em: 10 jul. 2018.

DALEY, P. F.; RASCHKE, K.; BALL, J. T.; BERRY, J. A. Topography of photosyn the activity of leaves obtained from video images of chlorophyll fluorescence. **Plant Physiology**, United States, v. 90, p. 1233-1238, 1989.

DE FREITAS FILHO, A. M. Fungicidas de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de pimentão enxertadas e não enxertadas sob cultivo protegido. 2014. 54f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2014.

De OLIVEIRA, C. A.; REZENDE, R. M.; LEITE, J. M. Fontes de Enxofre e Aplicação em Soja. **Revista de Iniciação Científica da Universidade Vale do Rio Verde**, Rio Verde, v. 7, n. 2, p. 40-54, 2018.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. p. 306.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extention Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

FERRAZ, R. L.; SOARES DE MELO, A.; FERNANDES SUASSUNA, J.; BARBOSA DE BRITO, M. E.; DANTAS FERNANDES, P.; DA SILVA NUNES JÚNIOR, E. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Revista Pesquisa Tropical**, Uberlândia, v. 42, p. 181-188, 2012.

GAI, R. P. **Resposta de cultivares de soja a programas de controle de doenças**. 2013, 74 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

GODOY, C. V.; MEYER, M. C. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2016/17: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. Londrina: Embrapa Soja, 2017. 12 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 129).

HENNING, A. A.; ALMEIDA, Á. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T.; COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C.; SOARES, R. M.; DIAS, W. P. 2014. **Manual de identificação de doenças de soja**. 5.ed. Londrina: Embrapa Soja v.4, p.13-23.

INOUE, M.T.; RIBEIRO, F.A. Fotossíntese e transpiração de clones de *Eucalyptu* ssp. e *E. saligna*. **Revista do IPEF**, Piracicaba, v. 40, p. 15-20, 1988.

KHAN, W. M.; PRITHIVIRA, J. B.; SMITH, D. L. Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. **Photosynthetica**, Praha, v. 40, p. 621–624, 2002.

KÖHLE, H.; GOLD, R.E.; AMMERMAN, E.; SAUTER, H.; ROEHL, F. Species dependence of mitochondrial respiration inhibition by strobilurin analogues. **Biochemical Society Transaction**, London, v. 22, p. 65-75, 2002.

KRAMER, T.; KOZLOWSKI, T. Physiology of woody plants. **New York, Academic Press**, New York p. 811, 1979.

MALERBA, M. Chitosan effects on plant systems. **International Journal of Molecular Sciences**, Oxford, v. 17, n. 7, p. 996, 2016.

MARQUES, L. N. Mancozebe associado ao patossistema *Phakopsora pachyrhizi* × *Glycine max*: respostas fisiológicas das plantas 2017, 89 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Agrotóxicos*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acesso em: 17 abr. 2018.

MESQUINI, R. M.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; VIEIRA, R. A.; NASCIMENTO, J. F. Controle e progresso temporal da ferrugem asiática da soja sob controle alternativo em campo. **Summa phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 1, p. 24-29, 2011.

MIGNUCCI, J. S.; BOYER, S. J. Inhibition of photosynthesis and transpiration in soybean infected by *Microsphaera diffusa*, **Phytopathology**, Oxford, v. 69, p. 227-230. 1979.

NAVARINI, L.; DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; MOREIRA, M. T.; MENEGHETTI, R. C.; MADALOSSO, M. G. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.

NIDERA. Cultivares de soja licenciadas. Disponível em: <<http://www.niderasementes.com.br/produto/na-5909-rg--sul.aspx>>. Acesso em: 9 mai. 2018.

OLIVEIRA, L. H. Efeito fisiológico sobre o teor de clorofila em resposta à aplicação de estrobilurina na cultura de soja. 2010, 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), ESALQ, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido a diferentes regimes de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, p. 161- 169, 2005.

PEREIRA, C. S.; DE FREITAS, A. A.; CHAPLA, M. V.; LANGE, A. Doses de potássio com a presença de enxofre na cultura da soja. **Global science and technology**, Frankfurt, v. 9, n. 1, p. 78-96, 2016.

PRADO, R. M. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Nutrição de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 83- 90, 2008.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

RITCHIE, S.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology: 1997. 20p. (Special Report, 53).

SATHIYABAMA, M.; AKILA, G.; EINSTEIN CHARLES, R. Chitosan-induced defence responses in tomato plants against early blight disease caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Sorauer. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, Frankfurt, v. 47, p. 1777–1787. 2014.

SNOW J. P.; BERGGREN G. T. Disease Management in Soybean: Use of Chemical Control and Application Technology. Pp. 224-231. In: Copping L.G., Green M.B., Rees R.T. (eds) **Pest Management in Soybean**. Springer, Dordrecht, p. 1992.

SYNGENTA. Disponível em: <<https://www.syngenta.com.br/file/1931/download?token=duF4P9gO>>. Acesso em: 10 jul. 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p.174-219.

TMG. Tropical Melhoramento e Genética. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/cultivar/tmg-7062-ipro>>. Acesso em: 9 jul. 2018.

TUPICH, F. L. B.; FANTIN, L. H.; SILVA, A. L.; CANTERI, M. G. Impacto do controle do mofo-branco com fluazinam na produtividade da soja no Sul do Paraná: metanálise. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 43, n. 2, p. 145-150, 2017.

VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2004.

VITTI, G. C.; FAVARIN, J. L.; GALLO, L. A.; DE STEFANO PIEDADE, S. M.; DE FARIA, M. R. M.; CICARONE, F. Assimilação foliar de enxofre elementar pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 225-229, 2007.

CAPÍTULO VI – QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA PROVENIENTES DE PLANTAS TRATADAS COM PRODUTOS ALTERNATIVOS E FUNGICIDA

RESUMO

Com o objetivo de estudar a germinação e sanidade de sementes em função da aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida na cultura da soja (*Glycine max*), foram utilizadas amostras de sementes coletadas nas safras 2016/2017 e 2017/2018, de duas cultivares (NA 5909 e TMG 7062) semeadas em duas épocas de semeadura (outubro e dezembro). Os tratamentos foram constituídos da aplicação foliar dos produtos à campo com *Bacillus subtilis* linhagem QST, quitosana 1%, enxofre e hipoclorito de sódio, isolados ou associados ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) e o fungicida isolado aplicado duas e três vezes. O método empregado para a avaliação da germinação das sementes foi o rolo de papel e para a sanidade o método do “Blotter test”. Com relação à germinação, a cultivar NA 5909 não apresentou diferença estatística entre os tratamentos, nas duas épocas de semeadura nas duas safras. Para a cultivar TMG 7062, os tratamentos com *B. subtilis*, quitosana, e enxofre, isolados e associados ao fungicida, e o fungicida isolado diferiram da testemunha apenas na primeira época de semeadura. A cultivar NA 5909 apresentou maiores valores de germinação que a TMG 7062. Os produtos alternativos testados não apresentaram efeitos fitotóxicos à germinação das sementes das duas cultivares. Na segunda época de semeadura houve menor incidência de patógenos nas sementes fato que pode justificar a maior germinação nesta época para as duas cultivares. Os tratamentos que reduziram a incidência de patógenos nas sementes foram o fungicida isolado, *B. subtilis* e o enxofre, isolados e associados ao fungicida nas duas cultivares. Não houve diferença para a germinação e sanidade das sementes submetidas a duas ou três aplicações foliares do fungicida.

Palavras chave: *Glycine max*, tratamentos foliares, germinação, sanidade.

ABSTRACT

In order to study the germination and sanity of seeds as a function of foliar application of alternative products isolated and associated with fungicide in the soybean crop (*Glycine max*), seed samples collected in the 2016/2017 and 2017/2018 harvests were used. two cultivars (NA 5909 and TMG 7062) sown in two sowing seasons (October and December). The treatments were composed of the foliar application of the products to the field with *Bacillus subtilis* strain QST, chitosan 1%, sulfur and sodium hypochlorite, isolated or associated to the fungicide (azoxystrobin + benzovindiflupir) and the isolated fungicide applied two and three times. The method used for the evaluation of seed germination was the paper roll and for sanity the Blotter test method. Regarding the germination, the cultivar NA 5909 did not present statistical difference between the treatments, in the two sowing seasons in the two harvests. For cultivar TMG 7062, treatments with *B. subtilis*, chitosan, and sulfur, isolated and associated to the fungicide, and the fungicide isolated differed from the control only in the first sowing season. The cultivar NA 5909 showed higher germination values than the TMG 7062. The alternative products tested did not present phytotoxic effects to the germination of the seeds of the two cultivars. In the second sowing season there was a lower incidence of pathogens in the seeds, which may justify the higher germination at this time for both cultivars. The treatments that reduced the incidence of pathogens in the seeds were the isolated fungicide, *B. subtilis* and the sulfur, isolated and associated to the fungicide in the two cultivars analyzed. There was no difference for the germination and sanity of the seeds submitted to two or three foliar applications of the fungicide.

Key words: *Glycine max*, leaf treatments, germination, sanity.

6.1 INTRODUÇÃO

A soja [*Glycine max* (L.) Merrill] ocupa importante papel socioeconômico no cenário mundial, sendo necessário constantes avanços tecnológicos para obtenção de rendimentos elevados (YORINORI, 2002; DALLAGNOL et al., 2006; WEBER et al., 2017). Devido a ocorrência de doenças foliares que comprometem o rendimento da cultura, o controle químico é o mais utilizado (GODOY et al., 2016). Entretanto o uso contínuo de agrotóxicos pode ocasionar danos ao ambiente, seleção de populações de fungos resistentes aos fungicidas, além de elevar o custo de produção da cultura (PIGNONI; CARNEIRO, 2005), outro fator agravante, é o Brasil ser o maior consumidor de produtos agrotóxicos no mundo (MMA, 2018).

Em função disso, medidas alternativas de controle têm sido buscadas como a utilização de quitosana (KATİYAR; HEMANTARANJAN; SINGH, 2015), *Bacillus subtilis* (LANNA FILHO; ROMEIRO; ALVES, 2010), enxofre (DE SOUZA et al., 2017) e hipoclorito de sódio (WALTER; NASCIMENTO; KUAYE, 2009). No entanto, existem poucas informações sobre a interferência na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja, cujas plantas foram submetidas a tratamentos alternativos para o controle de doenças foliares.

A semente é a base fundamental do sucesso para uma lavoura tecnicamente bem instalada, influencia diretamente no estabelecimento da população de plantas no campo requerida pela cultivar, além de evitar a introdução de novos patógenos na área (DANELLI, 2011). Kolchinski; Schuch e Peske (2005), observaram que o uso de sementes de alta qualidade proporciona acréscimos de 20 a 35% no rendimento de grãos, em relação ao uso de sementes de baixa qualidade. Lavouras de soja originadas com sementes de elevada qualidade propiciam produtividades superiores.

De forma geral, há um crescimento da percepção da importância do uso de sementes de qualidade pelos produtores, e possíveis práticas que podem causar danos às sementes começaram a ser estudadas. Varanda et al. (2018) e Oliveira et al. (2017), destacam que a aplicação de produtos químicos foliares podem interferir na qualidade das sementes colhidas de soja e feijão, respectivamente.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação foliar de produtos alternativos isolados e associados a fungicida para o controle de doenças fúngicas sobre a germinação e sanidade das sementes de soja produzidas, nas cultivares NA 5909 e TMG 7062, durante as safras 2016/2017 e 2017/2018, em duas épocas de semeadura, cultivadas em sistema de semeadura direta na palha.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Foram coletadas amostras de sementes de duas cultivares de soja NA 5909 e TMG 7062 (cultivar NA5909 suscetível a ferrugem asiática (NIDERA, 2018) e a cultivar TMG 7062 resistente a doença (TMG, 2018)) provenientes de áreas submetidas a aplicação de diferentes produtos foliares durante as safras 2016/2017 e 2017/2018, em duas épocas de semeadura (outubro e dezembro).

O delineamento experimental utilizado foi fatorial, com duas cultivares (NA 5909 e TMG 7062), duas épocas de semeadura (outubro e dezembro) e 11 tratamentos. Os tratamentos foliares foram: 1- testemunha (água) (V4, V6, R1 e R5.1), 2- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4, V6, R1 e R5.1) (3 L p.c. ha⁻¹), 3- *Bacillus subtilis* linhagem QST (V4 e V6) (3 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 4- quitosana 1% (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 5- quitosana 1% (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 6- enxofre (S 26%) (V4, V6, R1 e R5.1) (2 L p.c. ha⁻¹), 7- enxofre (V4 e V6) (2 L p.c. ha⁻¹) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 8- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4, V6, R1 e R5.1), 9- hipoclorito de sódio (2,5%) (V4 e V6) associado a (azoxistrobina + benzovindiflupir) (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 10-azoxistrobina + benzovindiflupir (R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹), 11- azoxistrobina + benzovindiflupir (V6, R1 e R5.1) (200 g p.c. ha⁻¹). Em todos os tratamentos com fungicidas foi acrescentado o adjuvante Nimbus[®] (óleo mineral, 0,5 v/v).

Os estádios fenológicos V4, V6, R1 e R5.1 correspondem respectivamente a: terceiro trifólio desenvolvido, quinto trifólio desenvolvido, início da floração até 50% das plantas com uma flor e grãos perceptíveis ao tato (10% de enchimento da vagem), segundo escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

No final do ciclo da cultura, quando as sementes apresentaram teor de umidade em torno de 14% determinada com auxílio de medidor universal, as plantas da área útil da parcela foram colhidas através de arranque manual das plantas e posteriormente trilhadas em equipamento estacionário. As sementes colhidas foram armazenadas em sacos de papel na geladeira do laboratório, até o momento de realização dos testes.

O teste de germinação foi conduzido em delineamento inteiramente ao acaso com oito repetições de 50 sementes distribuídas em papel previamente umedecido com quantidade de água destilada esterilizada equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. Os rolos de papel foram mantidos em germinador regulado para manter a temperatura constante de 25 ± 1°C. As

avaliações foram realizadas no quinto e oitavo dia após a instalação do teste, determinando-se, na contagem final, o percentual de plântulas normais (BRASIL, 2009).

O teste de sanidade foi realizado pelo método do “Blotter Test” com 20 repetições de 20 sementes por tratamento. As sementes foram colocadas em caixas plásticas transparentes (11,0 x 11,0 x 3,5 cm) sobre quatro folhas de papel filtro umedecidas com água esterilizada e mantidas em câmara de incubação por sete dias a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Após o período de incubação de sete dias, a identificação dos fungos foi realizada através de observações, em microscópio estereoscópico, com base nas características morfológicas das estruturas detectadas nas sementes ou, em caso de dúvida, pela confecção de lâminas e observação em microscópio ótico. Os dados de incidência de fungos nas sementes avaliadas foram expressos em porcentagem (BRASIL, 2009).

Os resultados dos testes de sanidade foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{(x + 0,5)/100}$. Os dados de germinação obtidos não foram transformados (atenderam aos critérios de independência, homocedasticidade e normalidade). Posteriormente, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e, quando significativos, a comparação entre as médias foi realizada pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de significância. As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico Agro-estat (BARBOSA et al., 2015).

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se que houve efeito de interação entre as cultivares utilizadas, épocas de semeadura e para os produtos utilizados para o controle de doenças foliares nas safras avaliadas (2016/2017 e 2017/2018) para a germinação das sementes obtidas (Tabelas 6.1).

A cultivar NA 5909 apresentou resultados de germinação superiores, 6,77 e 5,64% quando comparada a cultivar TMG 7062, nas safras 2016/2017 e 2017/2018 respectivamente. Com relação à época de semeadura, quando a cultura é semeada em dezembro há maior porcentagem de germinação das sementes colhidas, com superioridade de 2,25 e 4,12% nas safras 2016/2017 e 2017/2018 respectivamente (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 – Análise de variância para a germinação (%) de sementes de soja (*Glycine max*) das cultivares NA 5909 e TMG 7062 semeadas em outubro e dezembro, oriundas de plantas submetidas a diferentes produtos para o controle de doenças. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação		2016/2017	2017/2018
Cultivares (A)	NA 5909	98,51 a	98,36 a
	TMG 7062	91,84 b	92,81 b
Teste de F (A)		147,44**	118,44**
Época semeadura (B)	Outubro	94,09 b	93,38 b
	Dezembro	96,26 a	97,39 a
Teste de F (B)		15,61**	74,87**
Tratamentos (C)	1- Testemunha (água)	91,81 b	92,62 b
	2- <i>Bacillus subtilis</i>	94,50 b	95,00 b
	3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	96,75 a	96,00 a
	4- Quitosana	95,00 b	94,62 b
	5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	97,50 a	96,00 a
	6- Enxofre	92,75 b	97,25 a
	7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	97,37 a	97,12 a
	8- Hipoclorito de sódio	93,87 b	95,37 b
	9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	94,50 b	96,87 a
	10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	96,00 a	95,12 b
	11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	96,87 a	95,50 b
Teste de F (C)		4,35**	2,44*
Teste de F (AXB)		1,59 ^{ns}	37,89**
Teste de F (AxC)		2,02*	2,52**
Teste de F (BxC)		2,41*	1,13 ^{ns}
Teste de F (AXBXC)		1,62 ^{ns}	1,52 ^{ns}
C.V.(%)		3,82	3,53

*Significativo ao nível de 5%, pelo teste de F; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação. Dados originais.

A cultivar NA 5909 apresentou porcentagem de germinação estatisticamente superior a TMG 7062 nas duas épocas de semeadura (Tabela 6.2). Analisando a cultivar NA 5909 nas épocas de semeadura, não há diferença na germinação das sementes obtidas, tanto para

outubro ou dezembro. Já para a cultivar TMG 7062, a diferença, foi 8,46% maior que a germinação obtida para a semeadura em dezembro.

Tabela 6.2 – Análise de desdobramento da interação entre cultivares de soja e épocas de semeadura outubro e dezembro, para a germinação (%) de sementes. Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.

FV	Outubro	Dezembro
NA 5909	97,73 aA	99,00 aA
TMG 7202	89,05 bB	96,59 bA

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. Dados originais.

Na análise de desdobramento entre as cultivares e os produtos utilizados (Tabela 6.3), a cultivar NA 5909, não apresentou diferença significativa entre os tratamentos foliares para a germinação das sementes obtidas, nas duas safras avaliadas (Tabela 6.3). Já em relação a cultivar TMG 7062, houve diferença significativa para a germinação nas duas safras avaliadas (Tabela 6.3). Para esta cultivar, na primeira safra os tratamentos com *B. subtilis*, quitosana e o enxofre associados ao fungicida e o fungicida aplicado duas e três vezes apresentaram resultados superiores de germinação. O hipoclorito de sódio isolado e associado ao fungicida e os demais tratamentos alternativos isolados foram equivalentes à testemunha. Na segunda safra todos os tratamentos diferiram da testemunha, com as maiores médias apresentadas pelos tratamentos com *B. subtilis* e hipoclorito de sódio associados ao fungicida, quitosana e enxofre isolados e associados ao fungicida e o fungicida aplicado duas e três vezes.

Comparando as cultivares, a NA 5909 apresenta resultados superiores na primeira safra, exceto para os tratamentos com *B. subtilis*, quitosana e enxofre associados ao fungicida, que foram equivalentes para as duas cultivares. Na segunda safra (2017/2018) as duas cultivares se equivalem para os tratamentos com hipoclorito de sódio associado ao fungicida e o fungicida aplicado em três vezes (Tabela 6.3).

Observou-se que as aplicações dos produtos alternativos, *B. subtilis*, quitosana e o enxofre, tanto isolados quanto associados ao fungicida, resultaram em maiores percentuais de germinação em relação à testemunha, nas duas cultivares nas duas safras, entretanto apenas o tratamento foliar com hipoclorito de sódio isolado apresentou as menores médias entre os produtos testados para a cultivar TMG 7062. Entre os produtos alternativos associados ao fungicida, destaca-se o enxofre (Tabela 6.3).

Tabela 6.3 – Análise de desdobramento da interação entre as cultivares de soja (NA 5909 e TMG 7062) e produtos para o controle de doenças fúngicas para a germinação (%) de sementes de soja (*Glycine max*). Ponta Grossa/PR, safras 2016/2017 e 2017/2018.

Fonte de Variação	2016/2017		2017/2018	
	NA 5909	TMG 7062	NA 5909	TMG 7062
1- Testemunha (água)	95,37 ns A	88,25 bB	97,75 ns A	87,50 cB
2- <i>Bacillus subtilis</i>	98,00 A	91,00 bB	99,25 A	90,75 bB
3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	98,50 A	95,00 aA	98,25A	93,75 aB
4- Quitosana	98,75 A	91,25 bB	95,75 A	93,50 aB
5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	99,25 A	95,75 aA	98,25 A	93,75 aB
6- Enxofre	98,00 A	90,50 bB	99,25 A	95,25 aB
7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	99,00 A	95,75 aA	99,25 A	95,00 aB
8- Hipoclorito de sódio	99,00 A	88,75 bB	99,75 A	91,00 bB
9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	99,00 A	90,00 bB	98,00 A	95,75 aA
10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	99,00 A	93,00 aB	97,50 A	92,75 aB
11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	99,75 A	94,00 aB	99,00 B	92,00 aB

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. Dados originais.

Corrêa et al. (2017), verificaram que o enxofre em cobertura (0, 58, 115, 173 e 230 kg ha⁻¹) não influenciou a qualidade (germinação) das sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck). Os autores obtiveram médias superiores a testemunha, porém sem diferença estatística, corroborando com os resultados do presente experimento. Entretanto, no presente experimento o enxofre foi aplicado via foliar, pois nas plantas, a absorção do S pode ocorrer via foliar, porém, a maior parte da absorção ocorre via radicular por fluxo de massa, considerado pouco móvel no interior da planta (SILVA et al., 2002).

O enxofre é um nutriente que, apesar de ser extraído pelas plantas em menor quantidade em relação a maioria dos outros macronutrientes, é de extrema importância por estar envolvido na formação de proteínas, composição de hormônios vegetais, presente em grande quantidade nos aminoácidos como a cisteína e a metionina, de grande relevância para as plantas e para a formação das sementes, envolvendo a formação do embrião e tecido de reserva (MALAVOLTA et al., 2007; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

A deficiência de enxofre faz com que ocorra diminuição no ritmo de produção de proteínas, devido a produção de aminoácidos que contém enxofre ser afetada e o acúmulo de outros aminoácidos, afetando assim a formação de vários outros (MARCOS FILHO, 2015). Segundo Tiecher et al. (2015), o enxofre está diretamente ligado a ação da nitrato-redutase, fazendo com que a carência deste nutriente afete o aproveitamento de nitrogênio, acarretando a diminuição de proteínas na planta.

O valor mínimo de germinação obtido para a cultivar TMG 7062 foi de 87,50% na testemunha (safra 2017/2018) e o máximo de 95,75% nos tratamentos com quitosana e enxofre

+ (azoxistrobina + benzovindiflupir) (safra 2016/2017). Para a cultivar NA 5909, o valor mínimo de 95,37% foi obtido na testemunha (na primeira safra) e o máximo foi de 99,75%, no tratamento com três aplicações do fungicida (primeira safra) (Tabela 6.1). Levando-se em conta que o padrão mínimo de germinação para comercialização de sementes de soja é 80% (MAPA 2005), os valores obtidos para as duas cultivares foram superiores.

No que se refere a aplicação foliar dos produtos, há diferença em relação a época de semeadura para a safra 2016/2017 (Tabela 6.4). Quando a cultura é semeada em outubro, há diferença para a germinação obtida em função da aplicação foliar dos produtos. Os tratamentos com hipoclorito de sódio isolado e associado ao fungicida foram equivalentes a testemunha, os demais foram superiores, observou-se a maior porcentagem de germinação (97,25) para o tratamento com enxofre associado ao fungicida. Porém, quando a cultura é semeada em dezembro não houve diferença entre os tratamentos. Comparando as épocas de semeadura, a testemunha e o hipoclorito isolado e associado ao fungicida, apresentaram maior germinação para a semeadura em dezembro.

Os resultados superiores de germinação obtidos nos tratamentos foliares, comparados a testemunha, permitem afirmar que os mesmos não apresentaram efeitos fitotóxicos nas duas cultivares avaliadas, pois a germinação das sementes que foram obtidas de plantas que receberam a aplicação de produtos alternativos foi igual ou superior a testemunha (Tabelas 6.2 e 6.3).

Tabela 6.4 – Análise de desdobramento da interação entre produtos para o controle de doenças fungicas e épocas de semeadura (outubro e dezembro), para a germinação (%) de sementes de soja (*Glycine max*) Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.

FV	Outubro	Dezembro
1- Testemunha (água)	88,75 bB*	94,87 ^{ns} A
2- <i>Bacillus subtilis</i>	94,25 aA	94,75 A
3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	95,75 aA	97,75 A
4- Quitosana	93,75 aA	96,25 A
5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	96,75 aA	98,25 A
6- Enxofre	94,75 aA	94,75 A
7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	97,25 aA	97,50 A
8- Hipoclorito de sódio	91,75 bB	96,00 A
9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	91,50 bB	97,50 A
10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	95,00 aA	97,00 A
11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	95,50 aA	98,25 A

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. Dados originais.

Carvalho et al. (2013), avaliaram a eficiência da aplicação do fungicida foliar (azoxistrobina + ciproconazol) na qualidade de sementes de soja. Os autores verificaram que o

fungicida apresentou diferença estatística no percentual de germinação, sendo o fungicida superior à testemunha (água). No presente experimento o fungicida utilizado (azoxistrobina + benzovindiflupir) apresentou médias superiores a testemunha, (tanto em duas quanto em três aplicações), havendo diferença estatística para a cultivar TMG 7062. Os mesmos autores obtiveram os maiores valores de germinação para as cultivares que possuem resistência a ferrugem asiática, comparando com as cultivares suscetíveis. Os autores concluíram que a germinação está associada a característica da cultivar utilizada.

No presente experimento a cultivar resistente a ferrugem asiática (TMG 7062) apresentou as menores médias de germinação e resposta aos tratamentos utilizados. Para a cultivar suscetível (NA 5909), não há diferença entre as médias (Tabela 6.3), corroborando com Gagliardi et al. (2009) com a cultivar BRS-133, não observaram diferença para a germinação, utilizando diferentes produtos para o controle da ferrugem asiática. Lemes et al. (2017), em pesquisa com a cultivar BMX Turbo RR e aplicações foliares de Co e Mo, verificaram que não houve diferença para a porcentagem de germinação obtida.

No entanto, a germinação representa apenas uma parte do sucesso do estabelecimento da cultura. Outra característica como a sanidade de sementes deve ser observada (RAO et al., 2017). Existe grande número de organismos fitopatogênicos que podem ser transmitidos pela semente de soja, destes, o grupo mais expressivo é o dos fungos (NOETZOLD et al., 2014).

Com relação aos dados de sanidade das sementes, foi identificado nas cultivares NA 5909 e TMG 7062 a presença dos patógenos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Cercospora kikuchii* e *Phomopsis* sp. nas safras 2016/2017 e 2017/2018 (Tabelas 6.5 e 6.8).

Carvalho et al. (2013), constaram a incidência de três fungos nas sementes de soja estudadas, ocorrendo as maiores médias para *C. kikuchii*, e em porcentagens menores os patógenos *Fusarium* sp. e *Phomopsis* sp., além da incidência dos fungos de armazenamento *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp.

A espécie de *Aspergillus* mais frequente em sementes de soja é o *A. flavus*. Sementes colhidas com grau elevado de umidade ou cuja secagem foi tardia têm sua qualidade reduzida. Esse fungo pode produzir compostos tóxicos chamados aflatoxinas, que possuem efeitos carcinogênicos (PEREIRA et al., 2002). Quando possui alta incidência, pode reduzir o poder germinativo da semente e a emergência das plântulas. Outro fungo comumente encontrado em testes de sanidade é a *C. kikuchii* agente causal da mancha purpura. A mancha púrpura é considerada uma doença de final de ciclo e as sementes são uma fonte importante de inóculo, além de reduzir sua germinação (GOULART, 2004).

Tabela 6.5 – Análise de variância para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), em função dos produtos aplicados em campo, na cultivar NA 5909 e TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.

Fonte de Variação		<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>C. Kikuchii</i>	<i>Phomopsis</i> sp.
Cultivares (A)	NA 5909	19,83	6,82 b	1,79 b	5,67 b	2,20
	TMG 7062	20,36	9,90 a	4,45 a	6,91 a	2,77
Teste de F (A)		3,03 ns	34,58**	56,18**	6,35*	2,57 ns
Época semeadura (B)	Outubro	20,95 a	9,70 a	2,30 b	6,19	1,32 b
	Dezembro	19,24 b	7,02 b	3,93 a	6,39	3,66 a
Teste de F (B)		30,01**	26,06**	21,00**	0,17 ns	43,38**
Tratamentos (C)	1- Testemunha (água)	22,17 a	10,87 a	3,60 a	7,15ns	5,22 a
	2- <i>Bacillus subtilis</i>	19,29 b	7,11 b	3,20 b	6,27	2,24 c
	3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	20,08 b	7,14 b	2,07 b	7,75	2,83 c
	4- Quitosana	20,45 b	8,21 a	4,42 a	6,36	2,02 c
	5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	19,08 b	8,46 a	1,69 b	7,54	1,20 c
	6- Enxofre	19,57 b	7,31 b	3,02 b	4,11	3,26 b
	7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	19,83 b	6,60 b	2,21 b	5,36	2,36 c
	8- Hipoclorito de sódio	21,13 a	9,13 a	5,35 a	6,69	3,70 b
	9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	19,98 b	8,43 a	3,76 a	6,16	1,46 c
	10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	20,40 b	9,95 a	2,22 b	5,7	1,40 c
	11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	19,08 b	8,76 a	2,77 b	6,09	1,70 c
Teste de F (C)		3,24**	2,23*	3,46**	1,57 ns	4,17**
Teste de F (AXB)		5,22 *	0,01 ns	52,46**	24,72**	25,44**
Teste de F (AxC)		1,25 ns	1,26 ns	1,42 ns	0,68 ns	2,08*
Teste de F (BxC)		0,76 ns	1,02 ns	1,77 ns	1,36 ns	0,71 ns
Teste de F (AXBXC)		0,72 ns	1,39 ns	1,19 ns	1,56 ns	1,52 ns
C.V.(%)		14,54	58,81	106,59	73,9	134,02

*Significativo ao nível de 5%, pelo teste de F; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação.

Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)}/100$.

As duas cultivares (TMG 7062 e a NA 5909), foram equivalentes na safra 2016/2017 para a ocorrência dos patógenos *Penicillium* sp. e *Phomopsis* sp., os demais ocorreram em maior incidência para a cultivar TMG 7062 (incidência de 45,16% para *Aspergillus* sp., 148,60% para *Fusarium* sp. e 21,86% para *C. kikuchii* a mais comparando com a cultivar NA 5909) (Tabela 6.5).

No que se refere a época de semeadura, para a primeira safra, houve maior incidência dos patógenos *Penicillium* sp. e *Aspergillus* sp. na semeadura em outubro, já quando a cultura é semeada em dezembro ocorreu maior incidência de *Fusarium* sp. e *Phomopsis* sp., já para *C. kikuchii* não houve diferença estatística entre as épocas de semeadura (Tabela 6.5).

Com relação a aplicação dos produtos, para *Penicillium* sp. apenas o tratamento com hipoclorito de sódio não diferiu da testemunha. Para *Aspergillus* sp. os tratamentos com menor incidência do patógeno foram *B. subtilis* e enxofre isolado e associados ao fungicida. Para *Fusarium* sp. diferiram da testemunha os tratamentos com *B. subtilis* e enxofre isolados e *B. subtilis* quitosana e enxofre associados além do fungicida aplicado duas e três vezes. Para *C. kikuchii* não houve diferença significativa e em relação a *Phomopsis* sp. todos os tratamentos reduziram a incidência do patógeno (Tabela 6.5).

Para a análise de desdobramento entre as cultivares e épocas de semeadura (Tabela 6.6), a cultivar TMG 7062 apresentou para a semeadura em outubro maior incidência dos patógenos *Penicillium* sp. e *C. kikuchii*, porém, nesta mesma época a cultivar NA 5909 apresentou maior incidência do patógeno *Phomopsis* sp. Na semeadura em dezembro a cultivar TMG 7062 apresentou maior incidência de *Fusarium* sp. e *Phomopsis* sp., não diferindo para a incidência dos patógenos *Penicillium* sp. e *C. kikuchii*.

Tabela 6.6 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.

FV	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
	<i>Penicillium</i> sp.		<i>Fusarium</i> sp.		<i>Cercospora kikuchii</i>		<i>Phomopsis</i> sp.	
NA 5909	20,32 bA*	19,33aB	2,26 aA	1,32 bA	4,33 bB	7,00 aA	1,93 aA	2,48 bA
TMG 7202	21,58 aA	19,16aB	2,35aB	6,54 aA	8,04 aA	5,78 aB	0,71 bB	4,84 aA

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\arcsin \sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Para a incidência de *Phomopsis* sp. entre as cultivares, houve diferença para a aplicação dos produtos foliares, na primeira safra (Tabela 6.7). A cultivar NA 5909 com a aplicação dos tratamentos com enxofre e hipoclorito de sódio isolados, foram equivalentes a testemunha, todos os demais diferiram estatisticamente. Já a cultivar TMG 7062 não houve diferença em

relação a aplicação dos produtos. Comparando as cultivares, houve diferença para os tratamentos com *B. subtilis* associado ao fungicida e o fungicida aplicado em três vezes, sendo a incidência de *Phomopsis* sp. superior nestes tratamentos para a cultivar TMG 7062.

Tabela 6.7 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para os produtos de controle de doenças para a incidência (%) de *Phomopsis* sp. em sementes de soja (*Glycine max*), Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.

Fonte de Variação	NA 5909	TMG 7062
	<i>Phomopsis</i> sp.	<i>Phomopsis</i> sp.
1- Testemunha (água)	4,47 aA*	2,93 nsA
2- <i>Bacillus subtilis</i>	1,80 bA	2,70 A
3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1,37 bB	4,30 A
4- Quitosana	2,47 bA	1,58 A
5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	0,86 bA	1,52 A
6- Enxofre	4,23 aA	2,30 A
7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	1,43 bA	3,30 A
8- Hipoclorito de sódio	5,82 aA	4,62 A
9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	0,72 bA	2,21 A
10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	0,72 bA	2,10 A
11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	0,36 bB	2,98 A

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Na safra 2017/2018, houve diferença significativa entre as cultivares para a incidência dos patógenos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *C. Kikuchii* (Tabela 6.8). A cultivar TMG 7062 apresentou maior incidência dos patógenos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp. A cultivar NA 5909 apresentou maior incidência do patógeno *C. Kikuchii*. As cultivares não diferiram quanto a incidência de *Phomopsis* sp.

Analisando a época de semeadura nesta safra, a semeadura em outubro apresentou maior incidência dos patógenos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp. e *C. Kikuchii* e a semeadura em dezembro maior incidência de *Phomopsis* sp. (Tabela 6.8), fato que pode justificar o percentual de germinação ser inferior na semeadura em outubro (Tabela 6.1), pois nesta época de semeadura, ocorreu maior incidência de patógenos para as duas cultivares e safras analisadas.

As cultivares diferiram na safra 2017/2018 em relação as épocas de semeadura, para a ocorrência dos patógenos *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *C. Kikuchii* e *Phomopsis* sp. (Tabela 6.9). A cultivar TMG 7062 apresentou maior incidência dos patógenos *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *C. Kikuchii* e *Phomopsis* sp. na semeadura em outubro, comparada a NA 5909, porém nesta mesma época de semadura a cultivar NA 5909 apresentou maior incidência de *Penicillium* sp. Em dezembro a cultivar TMG 7062 apresentou as maiores

médias para *Penicillium* sp., porém a cultivar NA 5909 obteve maior incidência para *Aspergillus* sp., *C. Kikuchii*, *Phomopsis* sp., e não houve diferença entre as cultivares para *Fusarium* sp (Tabela 6.9).

Na época de semeadura em outubro a cultivar NA5909 apresentou maior incidência de *Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. e *Fusarium* sp., já para *C. Kikuchii* e *Phomopsis* sp. não houve diferença em relação a época de semeadura para esta cultivar. Com relação a cultivar TMG 7062 semeada em outubro essa apresentou a maior incidência para todos os patógenos (Tabela 6.9).

As cultivares também diferiram quanto a aplicação dos produtos para a incidência de *Aspergillus* sp., *C. Kikuchii* e *Phomopsis* sp. (Tabela 6.10). A cultivar NA 5909 diferiu da TMG 7062 para a incidência de *Aspergillus* sp. nos tratamentos com *B. subtilis*, quitosana, enxofre e hipoclorito de sódio isolados.

Já para *C. Kikuchii* houve diferença apenas para o tratamento com quitosana associada ao fungicida (cultivar NA 5909 apresentou maior incidência do patógeno), e em relação a *Phomopsis* sp. houve diferença entre as testemunhas das cultivares, com maior incidência deste patógeno na cultivar NA 5909 (Tabela 6.10).

Na análise de desdobramento entre as épocas de semeadura e os tratamentos utilizados (Tabela 6.11), a semeadura em outubro apresentou maior incidência de *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *C. Kikuchii* e *Phomopsis* sp., no que se refere a aplicação dos produtos, na semeadura em dezembro não há diferença entre os tratamentos para todos os patógenos avaliados.

Na semeadura em outubro, para *Penicillium* sp. o tratamento com enxofre e quitosana associado ao fungicida apresentaram a menor incidência do patógeno. Para *Fusarium* sp. os tratamentos com *B. subtilis*, quitosana e enxofre associados ao fungicida, bem como o enxofre isolado e o fungicida aplicado em duas e três vezes foram equivalentes e apresentaram as menores médias. Para *C. Kikuchii* os tratamentos com enxofre isolado e associado ao fungicida foram superiores e para *Phomopsis* sp. os tratamentos com quitosana e hipoclorito de sódio associados ao fungicida e o fungicida aplicado em duas vezes destacaram-se (Tabela 6.11).

Tabela 6.8 – Análise de variância para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), em função dos produtos aplicados em campo, na cultivar NA 5909 e TMG 7062, semeadura em outubro e dezembro. Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.

Fonte de Variação		<i>Penicillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	<i>C. Kikuchii</i>	<i>Phomopsis</i> sp.
Cultivares (A)	NA 5909	35,56 b	11,50 b	3,20 b	11,28 a	5,19 ns
	TMG 7062	37,21 a	14,36 a	8,35 a	9,85 b	5,17
Teste de F (A)		4,97*	23,67**	79,76**	3,92*	0,00 ns
Época semeadura (B)	Outubro	50,95 a	21,17 a	10,70 a	12,19 a	2,70 b
	Dezembro	21,82 b	4,69 b	0,85 b	7,94 b	7,66 a
Teste de F (B)		154,45**	788,39**	292,42**	52,81**	63,45**
Tratamentos (C)	1- Testemunha (água)	41,75 a	16,00 a	7,85 a	13,67 a	6,25 a
	2- <i>Bacillus subtilis</i>	34,86 c	12,65 b	7,18 a	9,66 a	6,29 a
	3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	36,01 c	10,52 b	5,24 b	12,50 a	7,73 a
	4- Quitosana	36,54 c	12,44 b	8,49 a	11,48 a	4,77 b
	5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	33,22 c	13,67 a	4,04 b	11,10 a	2,92 b
	6- Enxofre	35,02 c	11,80 b	5,15 b	5,89 b	5,83 a
	7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	33,40 c	10,63 b	3,78 b	8,21 b	5,63 a
	8- Hipoclorito de sódio	37,79 b	13,79 a	8,61 a	11,48 a	8,45 a
	9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	36,91 c	13,18 b	6,46 a	9,80 a	3,03 b
	10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	38,41 b	15,65 a	3,46 b	10,45 a	1,82 b
	11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	36,33 c	11,91 b	3,28 b	11,96 a	4,24 b
Teste de F (C)		3,86**	3,36**	4,55**	3,22**	3,96**
Teste de F (AXB)		30,52**	12,58**	120,77**	64,99**	64,71**
Teste de F (AxC)		0,75 ns	2,06*	0,97ns	1,96*	1,92*
Teste de F (BxC)		2,55**	1,84 ns	3,01**	2,13*	2,62**
Teste de F (AXBXC)		0,72 ns	1,24 ns	1,66 ns	1,44 ns	1,55 ns
C.V.(%)		21,37	47,63	104,54	71,69	126,2

*Significativo ao nível de 5%, pelo teste de F; médias seguidas pela mesma letra não apresentam diferença significativa pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo; C.V.= coeficiente de variação. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Tabela 6.9 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para a incidência (%) de patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.

F.V.	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
	<i>Penicillium</i> sp.		<i>Aspergillus</i> sp.		<i>Fusarium</i> sp.		<i>Cercospora kikuchii</i>		<i>Phomopsis</i> sp.	
NA 5909	52,18 aA*	18,94 bB	18,70 bA	14,29 aB	4,96 bA	1,45 aB	10,99 bA	11,57 aA	5,17 bA	5,22 aA
TMG 7062	49,73 bA	24,69 aB	23,64 aA	5,07 bB	16,44 aA	0,26 aB	15,38 aA	4,31 bB	10,16 aA	0,18 bB

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo, F.V.=Fonte de variação. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Tabela 6.10 – Análise de desdobramento para as cultivares NA 5909 e TMG 7062 para os produtos de controle de doenças para a incidência (%) patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.

FV	NA 5909	TMG 7062	NA 5909	TMG 7062	NA 5909	TMG 7062
	<i>Aspergillus</i> sp.		<i>Cercospora kikuchii</i>		<i>Phomopsis</i> sp.	
1- Testemunha (água)	16,31 aA*	15,68 aA	14,39 aA	12,95 aA	8,47 aA	4,03 bB
2- <i>Bacillus subtilis</i>	10,05 bB	15,25 aA	8,57 bA	10,74 aA	6,27 aA	6,31 aA
3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	10,07 bA	10,97 bA	14,62 aA	10,38 aA	5,85 aA	9,61 aA
4- Quitosana	8,55 bB	16,32 aA	11,08 bA	11,88 aA	5,53 aA	3,40 bA
5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	14,30 aA	13,03 bA	15,35 aB	6,85 bA	2,37 bA	3,47 bA
6- Enxofre	9,72 bB	13,87 bA	7,54 bA	4,24 bA	6,82 aA	4,83 bA
7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	10,14 bA	11,11 bA	10,05 bA	6,36 bA	3,90 bA	7,40 aA
8- Hipoclorito de sódio	10,91 bB	16,67 aA	11,25 bA	11,70 aA	10,40 aA	6,50 aA
9- Hipoclorito + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	11,79 bA	14,56 aA	10,76 bA	8,83 bA	2,99 bA	3,08 bA
10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	14,69 aA	16,60 aA	9,83 bA	11,08 aA	2,08 bA	1,57 bA
11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	9,96 bA	13,84 bA	10,61 bA	13,30 aA	2,21 bA	6,06 aA

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. F. V. Fonte de variação. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Tabela 6.11 – Análise de desdobramento para as épocas de semeadura (outubro e dezembro) para os produtos de controle de doenças para a Incidência (%) de patógenos em sementes de soja (*Glycine max*), Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.

FV	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro	Outubro	Dezembro
	<i>Penicillium</i> sp.		<i>Fusarium</i> sp.		<i>C. kikuchii</i>		<i>Phomopsis</i> sp.	
1- Testemunha (água)	60,82 aA*	22,68 ns B	12,82 bA	1,77 ns B	17,48 aA	9,87 ns B	9,44 bA	3,05 ns B
2- <i>Bacillus subtilis</i>	49,52 cA	20,19 B	12,72 bA	0,86 B	13,25 aA	6,05 B	9,58 bA	3,00 B
3- <i>Bacillus subtilis</i> + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	49,72 cA	22,30 B	9,62 cA	0,86 B	16,97 aA	8,03 B	12,10 aA	3,36 B
4- Quitosana	51,13 cA	21,94 B	15,50 aA	1,48 B	15,50 aA	7,46 B	6,43 cA	3,10 A
5- Quitosana + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	45,65 dA	20,81 B	7,50 cA	0,57 B	15,80 aA	6,40 B	3,47 dA	2,37 A
6- Enxofre	48,56 cA	21,48 B	9,44 cA	0,86 B	5,62 bA	6,15 A	8,96 bA	2,70 B
7- Enxofre + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	45,32 dA	21,47 B	6,71 cA	0,86 B	9,65 bA	6,76 A	8,61 bA	2,65 B
8- Hipoclorito de sódio	52,82 cA	22,76 B	16,36 aA	0,86 B	13,37 aA	9,59 A	13,67 aA	3,23 B
9- Hipoclorito de sódio + (azoxistrobina + benzovindiflupir)	51,57 cA	22,25 B	11,66 bA	1,28 B	12,58 aA	7,01 B	3,72 dA	2,34 A
10- Azoxistrobina + benzovindiflupir (2x)	55,06 bA	21,47 B	6,92 cA	0,00 B	13,09 aA	7,81 B	1,56 dA	2,08 A
11- Azoxistrobina + benzovindiflupir (3x)	50,35 cA	22,32 B	6,55 cA	0,00 B	11,72 aA	12,18 A	6,70 cA	1,77 B

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância; ns= não significativo. Dados originais, para a análise de estatística foram transformados em $\arcsin \sqrt{(x + 0,5)/100}$.

Segundo Goulart et al. (1999), na cultura da soja, existem diversos patógenos que ocorrem no período de desenvolvimento e maturação e são transmitidos por sementes, causando prejuízos à qualidade das sementes, dentre esses os autores destacam *Phomopsis* spp., *Fusarium* spp., *Colletotrichum truncatum* e *C. kikuchii*. Destes patógenos, no presente experimento, apenas *C. truncatum* não ocorreu nas sementes das duas cultivares avaliadas (Tabelas 6.5 e 6.8).

O atributo sanitário é muito importante na cultura da soja, pois se não for atendido haverá uma redução da qualidade fisiológica das sementes, influenciando diretamente no vigor e estabelecimento da população de plantas no campo requerida pela cultivar, além de evitar a introdução de novos patógenos na área (DANELLI, 2011). A semente é a base fundamental do sucesso para uma lavoura tecnicamente bem instalada e é importante para que uma cultura expresse seu potencial (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005).

Analizando a efetividade dos tratamentos na redução da incidência de patógenos nas sementes colhidas, destacam-se o *B. subtilis* e o enxofre, isolados e associados ao fungicida, nas duas cultivares. Pode-se observar que os tratamentos realizados com fungicida também houve menor incidência dos patógenos se comparados com a testemunha, porém, o número de aplicações, não influenciou estatisticamente os resultados.

6.4 CONCLUSÃO

6.4.1 TESTE DE GERMINAÇÃO:

Os produtos testados não afetaram a germinação das sementes da cultivar NA 5909, nas duas épocas de semeadura e nas duas safras.

A germinação foi superior para a semeadura em dezembro, nas duas cultivares.

A cultivar TMG 7062 apresentou poder germinativo menor do que a cultivar NA 5909.

Duas e três aplicações foliares do fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir), não afetaram germinação das duas cultivares.

6.4.2 TESTE DE SANIDADE:

As duas cultivares, NA 5909 e TMG 7062, apresentaram respostas a aplicação dos produtos. Na segunda época de semeadura, houve menor incidência de patógenos nas sementes das duas cultivares.

A aplicação do fungicida, *B. subtilis* e enxofre, isolados e associados ao fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir), apresentaram de maneira geral menor incidência de patógenos nas sementes colhidas.

Não houve diferença entre duas ou três aplicações foliares do fungicida na incidência de patógenos na semente.

6.5 REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. Experimentação Agronômica & AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. FUNEP: Jaboticabal, 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 395p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 588 p.

CARVALHO, B. O.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, E. R.; ANDRADE, V.; FERREIRA, T. F.; REIS, L. V. Ação de ativador de defesa e fungicida foliar no controle da ferrugem asiática, na produção e na qualidade das sementes de soja. **Journal of Seed Science**, Maringá, v. 35, n. 2, p. 198-206, 2013.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. S.; TAVARES, A. E. B.; EVANGELISTA, R. M.; CARDOSO, A. I. I.; MENDONÇA, V. Z.; MARTINS, B. N. M.; LANNA, N. B. L. Sulphur (S) topdressing and organic compost in the production, quality and nutrients accumulation in broccoli seeds at planting. **Australian Journal of Crop Science**, Canberra, v. 11, n. 5, p. 542-547, 2017.

DALLAGNOL, L. J.; NAVARINI, L.; UGALDE, M. G.; BALARDIN, R. S.; CATELLAM, R. Utilização de Acibenzolar-S-Methyl para controle de doenças foliares da soja. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 32, n. 3, p. 255-259, 2006.

DANELLI, A. L. Qualidade sanitária e fisiológica de sementes de soja em função do tratamento químico de sementes e foliar no campo. **Ciencia y Tecnología**, Madrid, v. 4, n. 2, p. 29-37, 2011.

DE SOUZA P. A.; GONÇALVES, E. R. A.; KURTZ, C.; MORA, C. Uso de enxofre na cultura da cebola em sistemas orgânico e convencional para o manejo de tripes e míldio e análise de rendimento. **Revista Thema**, Pelotas, v. 14, n. 3, p. 303-312, 2017.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages on soybean development**. Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service, p.11 (Special Report, 80). 1977.

GAGLIARDI, B.; CARVALHO, T. C. D.; PUPIM, T. L.; GOMES JUNIOR, F. G.; TIMÓTEO, T. S.; KOBORI, N. N.; MENTEN, J. O. M. Efeito de fungicidas para controle da ferrugem asiática na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 120-125. 2009.

GODOY, C. V.; ALMEIDA, A. M. R.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C.; DIAS, W. P.; SEIXAS, C. D. S.; SOARES, R. M.; HENNING, A. A.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, L. P.; SILVA, J. F. V. 2016. **Doenças da soja**. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; C.; BENJAMIM FILHO, v. 2, p. 657-676, 2016.

GOULART, A. C. P.; FIALHO, W. F. B.; FUJINO, M. T. **Viabilidade técnica do tratamento de sementes de soja com fungicidas antes do armazenamento**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, p.41, 1999.

GOULART, A. C. P. **Fungos em sementes de soja: detecção, importância** e Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 72 p.

KATYAR, D.; HEMANTARANJAN, A.; SINGH, B. Chitosan as a promising natural compound to enhance potential physiological responses in plant: a review. **Indian Journal of Plant Physiology**, New Delhi, v. 20, n. 1, p. 1-9, February, 2015.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, nov./dez. 2005.

LANNA FILHO, R.; ROMEIRO, R. D. S.; ALVES, E. Bacterial spot and early blight biocontrol by epiphytic bacteria in tomato plants. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1381-1387, Dez. 2010.

LEMES, E.; MENDONÇA, A.; DIAS, L.; BRUNES, A.; DE OLIVEIRA, S.; FIN, S. MENEGHELLO, G. Tratamento de sementes de soja com zinco: efeito na qualidade fisiológica e produtividade. **Colloquium Agrariae**. Presidente Prudente, v. 13, n. 2, p. 76-86, 2017.

MALAVOLTA, E.; MORAES, M. F. Fundamentos do nitrogênio e enxofre na nutrição mineral das plantas cultivadas. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S.; VITTI, G. C. **Nitrogênio e Enxofre na Agricultura Brasileira**, Piracicaba, 2007. cap. 1, p. 3-41.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Agrotóxicos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/agrotoxicos>. Acesso em: 02 maio 2018.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 16 de dezembro de 2005. Padrões de identidade e qualidade para produção e comercialização de sementes. Anexo IX – Padrões para produção e comercialização de sementes de soja, 2005.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. Ed. Londrina: Abrates, 2015. 659 p.

NIDERA. Disponível em: <<http://www.sementescastrolanda.com.br/cultivar/soja/na-5909-rg>> Acesso em: 25 ago. 2018.

NOETZOLD, R.; DE CARVALHO ALVES, M., NETO, D. C.; MACHADO, A. Q. Variabilidade espacial de *Colletotrichum truncatum* em campo de soja sob três níveis de sanidade de sementes. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 1, p. 16-23, 2014.

OLIVEIRA, L. M.; SCHUCH, L. O. B.; BRUNO, L. A.; R., PESKE, S. T. Qualidade de sementes de feijão-caupi tratadas com produtos químicos e armazenadas em condições controladas e não controladas de temperatura e umidade. **Semina: Ciências Agrárias**. Londrina, v. 36, n. 3, p. 6-14, 2017.

PEREIRA, M. L. G.; CARVALHO, E. P.; PRADO, G. Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. **Ceppa**, Pato Branco, v. 20, n.1, p.141-156, 2002.

PIGNONI, E.; CARNEIRO, S. M. T. P. G. Severidade da antracnose em feijoeiro e pinta preta em tomateiro sob diferentes concentrações de óleo de nim em casa de vegetação. **Revista Brasileira Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 68-72, 2005.

RAO, N. K.; DULLOO, M. E.; ENGELS, J. M. M. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in gene banks. **Genetic Resources & Crop Evolution**, Madrid, v. 64, p. 1061-1074, 2017

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; THOMPSON, H. E.; BENSON, G. O. **How a soybean plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1997. 20p. (Special Report, 53).

SILVA, D. J.; VENEGAS, V. H. A; RUIZ, H. A. Transporte de enxofre para as raízes de soja em três solos de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 8, p. 1161-1167, 2002.

TIECHER, T.; SANTOS, D. R.; ALVAREZ, J. W. R.; MALLMANN, F. J. K.; PICCIN, R. BRUNETTO, G. Respostas de culturas à adubação sulfatada e deposição de enxofre atmosférico. **Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 3, p.78-90, 2015.

TMG. Tropical Melhoramento Genético. Disponível em: <<http://www.tmg.agr.br/pt/cultivares/soja>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

VARANDA, M. A. F.; MENEGON, M. Z., NASCIMENTO, V. L., CAPONE, A.; BARROS, H.B. Produtividade de soja submetida a diferentes fontes de boro via foliar em várzea irrigada no estado do Tocantins. **Nucleus**, Ituverava, v. 15 n. 1, p. 117-128, 2018

WALTER, E. H. M; NASCIMENTO, M. S; KUAYE, A. Y. Efficacy of sodium hypochlorite and peracetic acid in sanitizing green coconuts. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 49, p. 366–371, 2009.

WEBER, N. C.; SANTOS, E. M.; RUSSINI, A.; DA SILVA, F. F. Deposição de calda ao longo do dossel na cultura da soja utilizando pulverizador equipado com controlador de fluxo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 5, p.459-468, 2017.

YORINORI, J. T. **Asiatic rust of soyabean (*Phakopsora pachyrhizi*): occurrence in Brazil and management strategies**. Londrina: Embrapa Soja, 2002.

CONCLUSÃO GERAL

A severidade da ferrugem asiática e do oídio foi menor na semeadura em outubro. Em todas as safras e épocas de semeadura, os tratamentos com enxofre e quitosana (isolados), os tratamentos alternativos associados ao fungicida e o fungicida diminuíram a severidade da ferrugem asiática e do oídio.

A desfolha foi reduzida nos tratamentos com: enxofre isolado, produtos alternativos associados ao fungicida, e o fungicida aplicado em duas ou três vezes, foram equivalentes em todas as safras e épocas de semeadura.

A massa de mil grãos foi afetada pelos produtos testados apenas na segunda época de semeadura, nas duas safras (2016/2017 e 2017/2018).

Houve redução na produtividade quando a cultura foi semeada em dezembro. Os tratamentos com fungicida e enxofre, bem como os produtos alternativos associados ao fungicida evitaram danos a produtividade em todas as épocas de semeadura e safras, nas duas cultivares.

A cultivar TMG 7062, quando semeada em outubro não teve sua produtividade afetada pelos produtos. O uso de enxofre associado ao fungicida foi equivalente ao fungicida aplicado três vezes, podendo ser recomendado para a cultura.

A cultivar TMG 7062 apresentou maior condutância estomática e consequentemente maiores taxas de assimilação de CO₂ e transpiração foliar em relação a cultivar NA 5909.

Independentemente do produto (enxofre, quitosana ou fungicida) a cultivar TMG 7062 apresentou maiores teores de clorofila A e B e total em relação a cultivar NA 5909. A aplicação de fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) na cultivar TMG elevou o teor de clorofila A e B e total.

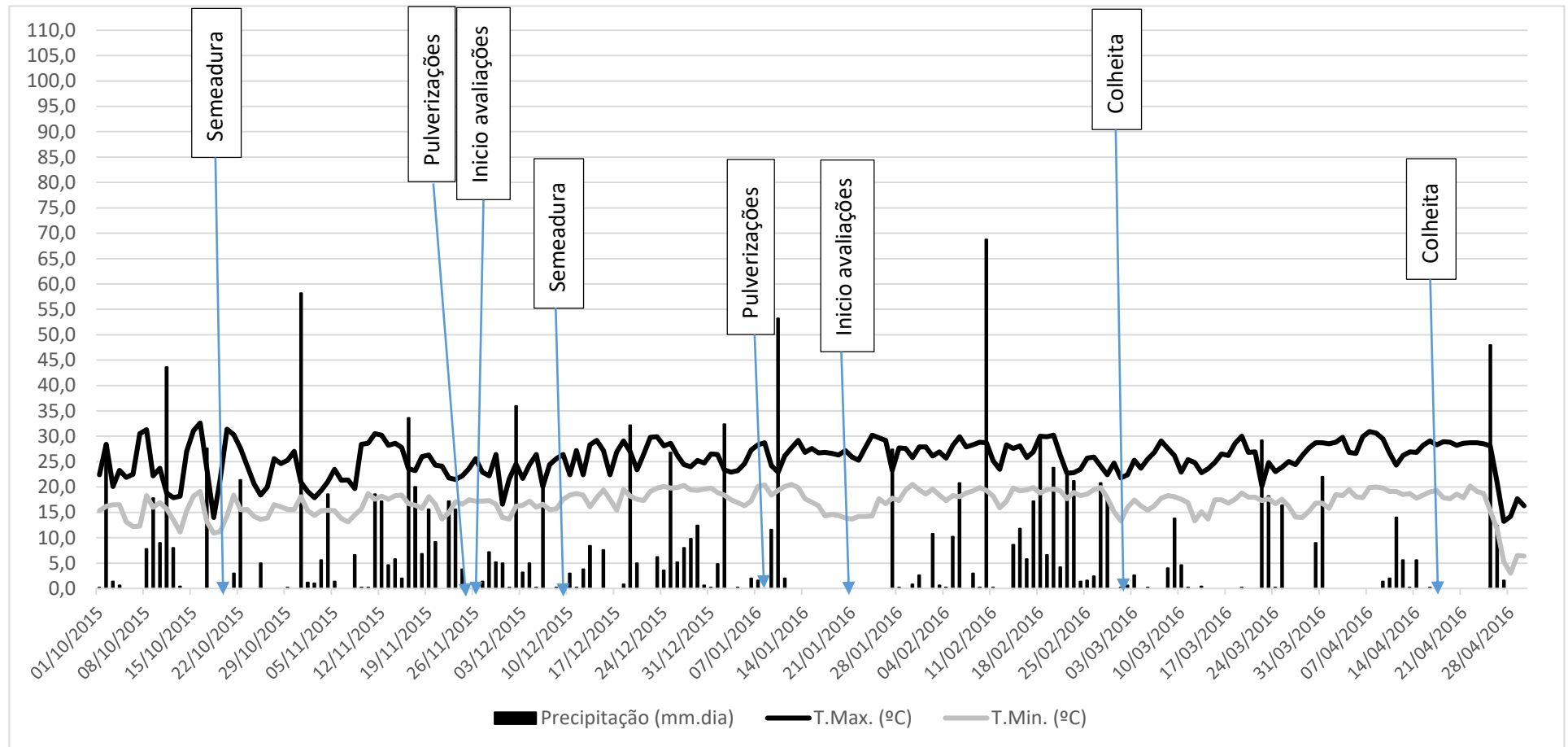
Os produtos testados não afetaram a germinação das sementes da cultivar NA 5909, nas duas épocas de semeadura e nas duas safras. A cultivar TMG 7062 apresentou respostas aos produtos aplicados apenas na semeadura em outubro.

A germinação foi superior para a semeadura em dezembro, nas duas cultivares. A cultivar TMG 7062 apresentou menores valores de germinação do que a cultivar NA 5909.

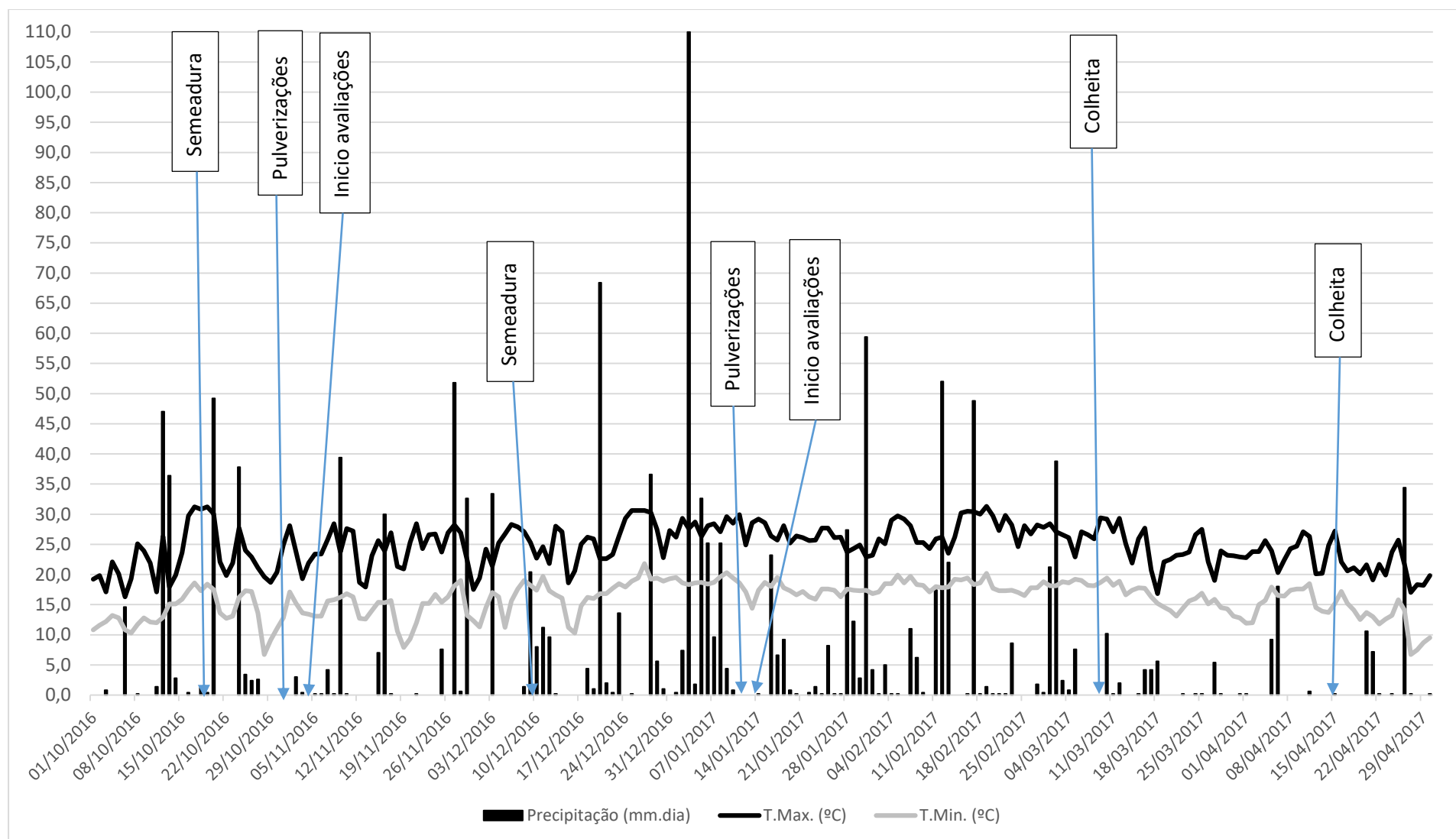
Duas e três aplicações foliares do fungicida (azoxistrobina + benzovindiflupir) não afetaram germinação e a sanidade das duas cultivares.

As duas cultivares, NA 5909 e TMG 7062, apresentaram respostas aos produtos testados. Na segunda época de semeadura, houve menor incidência de patógenos nas sementes das duas cultivares.

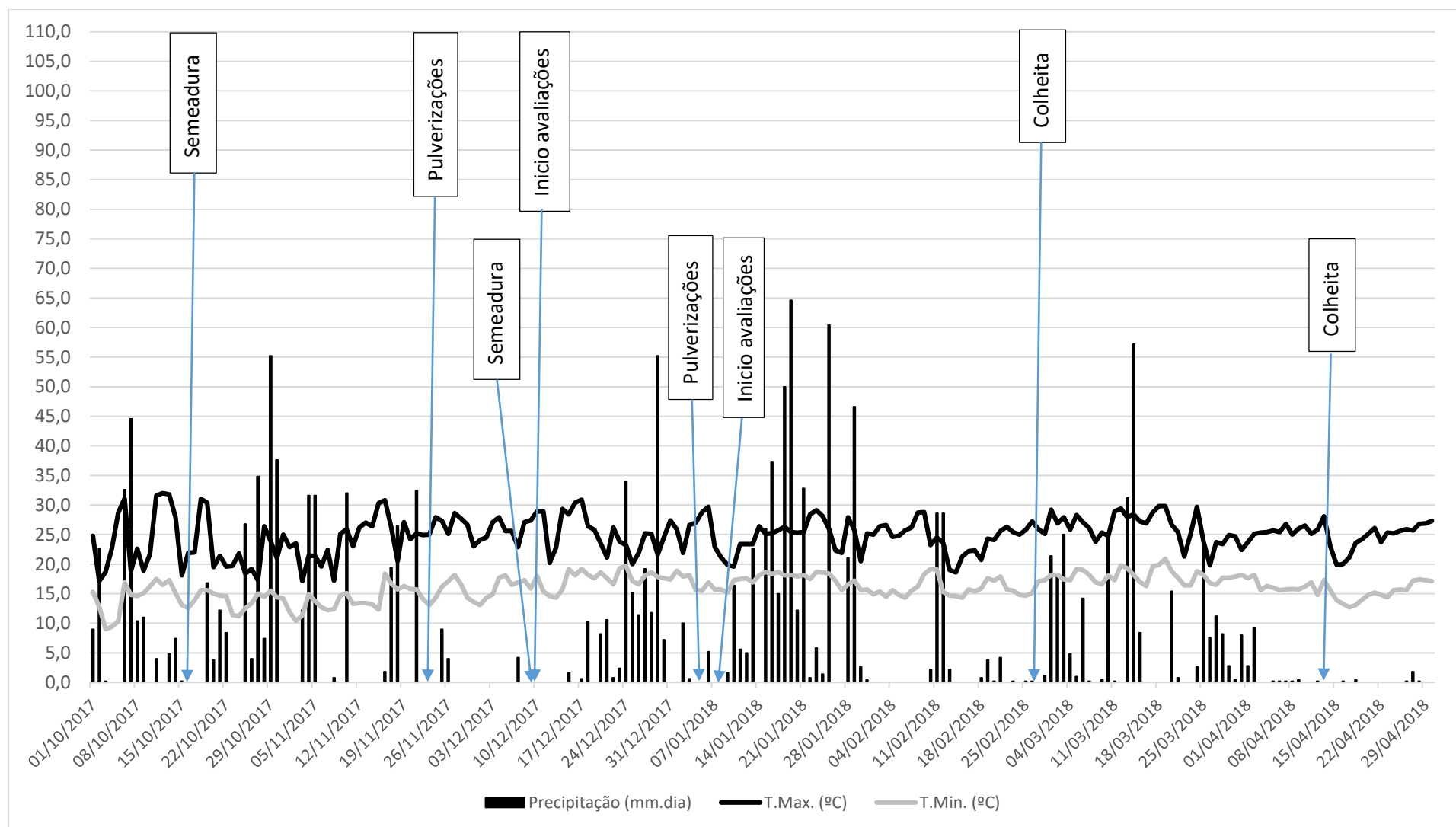
ANEXOS



Anexo 1 - Dados climáticos, precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), durante a condução do experimento. Ponta Grossa/PR, safra 2015/2016.



Anexo 2 - Dados climáticos, precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), durante a condução do experimento. Ponta Grossa/PR, safra 2016/2017.



Anexo 3 - Dados climáticos, precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), durante a condução do experimento. Ponta Grossa/PR, safra 2017/2018.