

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO SOBRE O  
PROGRESSO DE *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

**TESE DE DOUTORADO**

**Rosana Ceolin Meneghetti**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO SOBRE O  
PROGRESSO DE *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

elaborada por

**Rosana Ceolin Meneghetti**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia.**

**Orientador: Prof. Ricardo Silveiro Balardin**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2009**

**Meneghetti, Rosana Ceolin, 1981-**

**M541a**

Avaliação do fosfito de potássio sobre o progresso de *Phakopsora pachyrhizi* em soja / por Rosana Ceolin Meneghetti ; orientador Ricardo Silveiro Balardin. - Santa Maria, 2009.

65 f. ; il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, RS, 2009.

1. Agronomia 2. Soja 3. Fosfito de potássio 4. Ferrugem asiática 5. Controle químico I. Balardin, Ricardo Silveiro, orient. II. Título

CDU: 635.655:632.93

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2009

Todos os direitos autorais reservados a Rosana Ceolin Meneghetti. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Av. Evandro Behr, nº 5972, Bairro Camobi, Santa Maria, RS, CEP 97110-620.

E-mail: rosanameneghetti@yahoo.com.br

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO SOBRE O  
PROGRESSO DE *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA**

elaborada por  
**Rosana Ceolin Meneghetti**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Agronomia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Ricardo Silveiro Balardin, Dr.** (UFSM)  
(Presidente/Orientador)

---

**Andréa Brondani da Rocha, Dr<sup>a</sup>.** (Universal Leaf Tabacos Ltda)

---

**Carolina Cardoso Deuner, Dr<sup>a</sup>.** (FUNDACEP)

---

**Ivan Francisco Dressler da Costa, Dr.** (UFSM)

---

**Wilson Story Venancio, Dr.** (UEPG)

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2009.

"Sou o que quero ser, porque possuo apenas uma vida e nela só tenho uma chance de fazer o que quero. Tenho felicidade o bastante para fazê-la doce, dificuldades para fazê-la forte, tristeza para fazê-la humana e esperança suficiente para fazê-la feliz. As pessoas mais felizes não têm as melhores coisas, elas sabem fazer o melhor das oportunidades que aparecem em seus caminhos".

Clarice Lispector

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Ph.D. Ricardo Silveiro Balardin pela orientação, paciência, dedicação, confiança, oportunidade e amizade durante esses 8 anos de convívio;

Aos meus pais, Robertinho e Zenita, e meus irmãos, Priscila e Luiz Roberto, pelo exemplo, incentivo e por indicarem o caminho correto a seguir e me darem suporte familiar;

Aos alunos de graduação Daniel, Diego, Gerson, Lucas D., Jerônimo, Nédio e André, pelo apoio e auxílio na execução desse trabalho, minha gratidão;

Aos amigos Clarissa Cogo, Rejane, Samuel, Marcelo, Lucas N., Lucas D., Andreza, Mônica, e Caroline pelo apoio e amizade;

Ao meu noivo Ricardo A. Abaid, pelo amor, companheirismo, paciência e compreensão das minhas ausências;

A Phytus, na pessoa da minha colega e amiga Clarice Balardin, a Multifértil, em especial aos colegas Ocir e Edgar.

A Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós Graduação em Agronomia, pela oportunidade da realização do curso;

À CAPES, pela bolsa concedida;

Enfim, para todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Agronomia  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

# AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO SOBRE O PROGRESSO DE *Phakopsora pachyrhizi* EM SOJA

AUTOR: ROSANA CEOLIN MENEGHETTI

ORIENTADOR: RICARDO SILVEIRO BALARDIN

Data e local da Defesa: Santa Maria, 06 de março de 2009.

A ferrugem asiática da soja tem elevado potencial de dano e uma limitada disponibilidade de medidas de controle. A efetividade da ativação de mecanismos de defesa em diferentes cultivares de soja contra *Phakopsora pachyrhizi* proporcionada pelo fosfito, bem como sua associação com fungicidas aplicados em diferentes épocas em relação à inoculação com o patógeno, foi estudada em condições de casa-de-vegetação (CV) em dois ensaios conduzidos no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A campo foi avaliado o efeito do fosfito de potássio (FP) isolado e associado ao fungicida epoxiconazol + piraclostrobina, em duas cultivares de soja e sob diferentes níveis de adubação de base, sobre o controle da ferrugem asiática, desfolha, componentes de rendimento e rendimento de grãos. Os resultados obtidos em CV mostraram que o fosfito não foi capaz de induzir a expressão dos mecanismos de defesa, uma vez que não foi observada qualquer redução na severidade, número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, e na Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD) por conta da aplicação do produto. O progresso da ferrugem asiática foi mais lento na cultivar Fundacep 55, que teve uma AACPD 53% menor do que a cultivar Fundacep 56, a mais suscetível. O fungicida epoxiconazol + piraclostrobina proporcionou uma redução na AACPD de quase 29% quando comparado ao emprego do triazol isolado na média das épocas de aplicação, sendo que as aplicações mais próximas da inoculação e preventivas foram mais efetivas do que aquelas realizadas de forma muito precoce ou muito tardia em relação à infecção das plantas pelo patógeno. Os resultados encontrados sugerem que o fosfito de potássio não induz resistência em soja contra *P. pachyrhizi*, porém demonstram que há variação na resistência parcial à ferrugem asiática por parte das cultivares e na efetividade dos fungicidas entre si e quanto ao momento em que os mesmos são aplicados. Os resultados a campo mostraram maiores valores de AACPD e desfolha na cultivar Coodetec 219 em relação à MSoy 8000. O FP promoveu redução média de 9% na AACPD e não influenciou a desfolha. A AACPD do tratamento testemunha da cultivar MSoy 8000 sem adubação foi 2,4 vezes superior àquele com 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. O número de legumes por planta, massa de mil grãos e rendimento não foram afetados pelo FP. As cultivares apresentaram diferença no rendimento de grãos conforme a nutrição utilizada, com maior efeito devido ao P na cultivar MSoy 8000 e devido ao K na Coodetec 219.

**Palavras-chave:** soja, fosfito de potássio, ferrugem asiática, controle químico

## ABSTRACT

Doctorate Thesis  
Agronomy Post-Graduation Program  
Federal University of Santa Maria

# EVALUATION OF PHOSPHITE ON *PHAKOPSORA* *PACHYRHIZI* ON SOYBEAN

AUTHOR: ROSANA CEOLIN MENEGHETTI

ADVISOR: RICARDO SILVEIRO BALARDIN

Date and Place of Examination: Santa Maria, March 6<sup>th</sup>, 2009.

The effectiveness of defense activation in different soybean cultivars against *Phakopsora pachyrhizi* promoted by phosphite, as well as its association with fungicides in different timing application in relation to pathogen inoculation, was studied in greenhouse conditions in two trials carried out in completely randomized design, with four replications. The results showed that phosphite was unable to induce defense, because it was not observed any reduction on severity, pustules.cm<sup>-2</sup> number, and Area Under Progress Disease Curve (AUPDC) by application of the product. The progress disease was slower in the cultivar Fundacep 55, which had a AUPDC 53% lower than cultivar Fundacep 56, the more susceptible cultivar. The fungicide epoxiconazole + pyraclostrobin reduced in almost 29% the AUPDC value when compared to isolated triazol use, considering the timing application average. The applications nearer to inoculation and the preventive fungicide applications were more effective than those applications done earlier or later in relation to plant infection by the pathogen. The data found suggest that phosphite does not induce resistance in soybean against *P. pachyrhizi*, but they demonstrate that there is variation on partial resistance of cultivars and on the effectiveness of fungicides between themselves and in relation to timing application of them. The Asian rust has been a great concern, due to its big potential damage and to the limited availability of control measures. This work evaluated the effect of potassium phosphite (PP) isolated and combined with epoxiconazole + pyraclostrobin, in two soybean cultivars and different fertilization levels, under Asian rust control, defoliate, yield components and grain yield. One or two PP applications were done, combined or not to fungicide (R1 and R1 + R3). Higher area under progress disease curve (AUPDC) and defoliate values were observed in the cultivar Coodetec 219 in relation to MSoy 8000. PP promoted average reduction of 9% in AUPDC and did not influence the defoliate. The AUPDC of control plot of cultivar MSoy 8000 without fertilization was 2.4-fold increased compared to 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O supply. The pods number, thousand grain weight and grain yield were not affected by PP. The cultivars presented difference on grain yield according to fertilizer level. The cultivar MSoy was more responsive to P nutrition, whereas on the cultivar Coodetec 219 the higher effect was due to K fertilization.

**Keywords:** soybean, phosphite, rust, chemical control

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Caracterização química do solo sobre o qual foi instalado o experimento. safra 2007/2008. Santa Maria, 2009.....	36
TABELA 2 – Níveis nutricionais aplicados no momento da semeadura das cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR. Santa Maria, RS. 2009.....	36
TABELA 3 – Princípios ativos, doses e estádios fenológicos da cultura, na aplicação dos produtos utilizados nos experimentos. Santa Maria, RS. 2009.....	37
TABELA 4 - Significado do teste F quanto a cinco características agrônômicas da soja submetidas a diferentes níveis de adubação e a aplicação de tratamentos de parte aérea em duas cultivares soja. Santa Maria, 2009.....	42
TABELA 5 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) e desfolha (%) em duas cultivares de soja submetidas a diferentes níveis nutricionais (1 a 6) e à realização de uma ou duas aplicações do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado ou em combinação com fosfito de potássio (1 a 7). Santa Maria, 2009.....	43
TABELA 6 - Massa de mil grãos (MMG) nas cultivares de soja MSoy 8000 e Coodetec 219 RR submetidas a diferentes níveis nutricionais (1 a 6) e tratamentos de parte aérea (1 a 7). Santa Maria, 2009.....	46
TABELA 7 – Rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nas cultivares de soja MSoy 8000 e Coodetec 219 RR submetidas a diferentes níveis nutricionais (1 a 6) e tratamentos de parte aérea (1 a 7). Santa Maria, 2009.....	48

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Coleta, preparo e suspensão do inóculo. Santa Maria, 2009.....	26
FIGURA 2 – Severidade da ferrugem asiática avaliada em diferentes épocas (dias depois da inoculação – DDI) em dez cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com <i>Phakopsora pachyrhizi</i> . Santa Maria, 2009.....	28
FIGURA 3 - Número de pústulas.cm <sup>-2</sup> da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com <i>Phakopsora pachyrhizi</i> . Santa Maria, 2009.....	29
FIGURA 4 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com <i>Phakopsora pachyrhizi</i> . Santa Maria, 2009.....	30
FIGURA 5 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em plantas de soja submetidas à aplicação dos fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina aos 14, 7 e 3 dias antes da inoculação (DAI), 2 horas antes da inoculação (HAI) e 3, 7 e 14 dias depois da inoculação com <i>Phakopsora pachyrhizi</i> , considerando a média dos tratamentos com e sem aplicação de fosfito. Santa Maria, 2009.....	32
FIGURA 6 – Efeito de diferentes níveis nutricionais aplicados em duas cultivares de soja no número de legumes.planta <sup>-1</sup> , considerando a média de sete tratamentos de parte aérea. Santa Maria, 2009.....	45

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1- Estádios vegetativos e reprodutivos da soja, de acordo com Fehr & Caviness (1977). Santa Maria, 2009.....	60
ANEXO 2 - Características dos estádios reprodutivos da soja. Santa Maria, RS. 2009.....	61

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no primeiro ensaio. Santa Maria, 2009.....	63
APÊNDICE 2 - Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no segundo ensaio. Santa Maria, 2009.....	63
APÊNDICE 3 - Efeito do fosfito de potássio e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado e associado ao fosfito de potássio em aplicações realizadas no estádio R1 ou R1 e R3, na média dos seis níveis nutricionais sobre o rendimento de grãos ( $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de soja. Santa Maria, 2009.....	63
APÊNDICE 4 - Efeito de diferentes níveis nutricionais sobre o rendimento de grãos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de soja, na média dos tratamentos de parte aérea. Santa Maria, 2009.....	64
APÊNDICE 5 - Efeito do fosfito de potássio e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado e associado ao fosfito de potássio em aplicações realizadas no estádio R1 ou R1 e R3 sobre a massa de mil grãos (g) de duas cultivares de soja, considerando a média dos seis níveis nutricionais. Santa Maria, 2009.....	64
APÊNDICE 6 - Efeito de seis níveis nutricionais sobre a massa de mil grãos (g) de soja, na média dos tratamentos de parte aérea. Santa Maria, 2009.....	64
APÊNDICE 7 - Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no ensaio de campo. Santa Maria, 2009.....	65

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Soja.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Ferrugem asiática da soja.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Nutrição mineral.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4 Fosfito.....</b>	<b>20</b>
<b>2 AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE <i>Phakopsora pachyrhizi</i> EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Introdução.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Material e Métodos.....</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Resultados e Discussão.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4 Conclusão.....</b>	<b>33</b>
<b>3 FOSFITO DE POTÁSSIO E NUTRIÇÃO MINERAL NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Introdução.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2 Material e Métodos.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3 Resultados e discussão.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4 Conclusão.....</b>	<b>50</b>
<b>4 CONCLUSÕES GERAIS.....</b>	<b>51</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>61</b>

## INTRODUÇÃO

Em poucos anos de cultivo, o aumento e uso intensivo de áreas com a soja fez com que as doenças começassem a aparecer, passando a representar um dos principais fatores limitantes ao aumento da produtividade e da estabilidade de rendimento (YORINORI, 2000). Cerca de 50 doenças já foram identificadas no país, causando sérios prejuízos, sendo que a monocultura da soja e a adoção de práticas de manejo inadequadas têm favorecido o aparecimento de novas doenças e também o agravamento daquelas de menor importância.

Entre as principais doenças que atingem a cultura da soja, a ferrugem asiática é a mais importante. Diagnosticada há muitos anos no Japão (1902), foi relatada no Brasil em 2001 e se tornou uma grande preocupação aos produtores e aos pesquisadores, que precisaram encontrar um manejo adequado para que não causasse mais tantos prejuízos, já que a doença se encontra disseminada em todas as regiões produtoras do país. O alto potencial de dano do patógeno, aliado à rápida disseminação que apresenta, requer a utilização de medidas realmente eficazes para controle.

Atualmente, há uma série de manejos para a redução do inóculo e controle da doença. Porém, devido aos altos custos da lavoura, não são utilizados de forma adequada. Assim, o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle da ferrugem asiática torna-se cada vez mais necessário. Neste sentido, a nutrição equilibrada de plantas toma grande importância, devido à possibilidade de elevar o rendimento de grãos, melhorar a qualidade química do solo, dos produtos e reduzir a severidade de doenças.

Segundo Huber (2005), a nutrição de uma planta determina, em grande escala, sua resistência ou suscetibilidade à doença e à habilidade de patógenos causarem doença. Os nutrientes interagem como a parte do componente ambiental, e a nutrição da planta, embora frequentemente não reconhecida, sempre foi um componente do controle de doenças.

Uma crescente evidência deste fato é que a deficiência ou o desequilíbrio nutricional aumenta a suscetibilidade das plantas ao ataque de patógenos, além de intensificar as perdas causadas pelos patógenos na produção das culturas. Tendo isso em mente, a nutrição mineral torna-se uma aliada na resistência de plantas

contra patógenos, de tal forma que vários nutrientes já foram testados pela comunidade científica, quanto a sua funcionalidade e forma de aplicação.

Entre esses nutrientes está o potássio (K), tendo já sido demonstrado o seu envolvimento em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos da vida das plantas, com papéis bastante diversos. Vale ressaltar que o suprimento adequado de K é fundamental para a sobrevivência das plantas e também para a obtenção de produtividade adequada sob várias condições de estresse ambiental, especialmente por seca, temperaturas extremas ou salinidade (CAKMAK, 2005).

Além disso, um dos efeitos benéficos do K é a sua contribuição no reforço estrutural da planta, dificultando a penetração de patógenos, principalmente aquelas causadas por fungos, por favorecer uma melhor partição de carboidratos entre a parte aérea e as raízes, devido ao melhor carregamento de açúcares no floema. Também proporciona uma maior eficiência do uso da água e melhor taxa de fotossíntese, além de afetar os processos da rizosfera por diferentes mecanismos, os quais, por sua vez, podem promover resistência às doenças (HOMHELD, 2005).

No entanto, o fósforo (P) é fundamental para o equilíbrio fisiológico da planta por constituir-se como a sua principal fonte de energia, na forma de ATP. Segundo Marschner (1995), folhas deficientes em fósforo têm sua eficiência fotossintética por unidade de clorofila muito reduzida. Assim, o bom fornecimento deste nutriente é indispensável para que a planta possa expressar todo seu potencial de rendimento e de defesas contra patógenos.

O aumento na rentabilidade da cultura da soja é um processo diretamente ligado ao aumento de produtividade da cultura. Embora a diminuição no custo por unidade de área plantada possa representar uma alternativa, na realidade não pode ocorrer de forma que comprometa a produtividade.

Por isso, o manejo de doenças é uma tarefa complexa e medidas de controle devem ser integradas num sistema flexível, que seja compatível com o sistema de produção e que seja econômico. Desta forma, estratégias de manejo integrado podem ser agrupadas em medidas que visam a redução do inóculo inicial e aquelas que visam a redução da taxa de progresso da doença.

# 1 REVISÃO DE LITERATURA

## 1.1 Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) que hoje é cultivada começou sua evolução com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem, que foram domesticadas e melhoradas por cientistas da antiga China. Sua importância na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal, que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milho, era considerada sagrada, com direito a cerimoniais ritualísticos na época da sementeira e da colheita (EMBRAPA, 2003).

A soja chegou ao Brasil em 1882, na Bahia, para a utilização como planta forrageira, mas não alcançou êxito. Em 1908, chegou a São Paulo, trazida pelos imigrantes japoneses. No ano de 1914, foi introduzida no Rio Grande do Sul. O ano de 1936 marcou o início da fase de expansão da cultura, aparecendo, pela primeira vez, nas estatísticas oficiais em 1941. O desenvolvimento da cultura da soja, que ocorreu a partir de 1960, deve-se em grande parte, ao imediato aproveitamento da infra-estrutura da lavoura de trigo, que ficava ociosa no período da estação quente, e a conseqüente necessidade de encontrar-se uma leguminosa para a sucessão do trigo. Além disso, havia o interesse crescente das indústrias de óleo e a demanda do mercado internacional (COSTA, 1996).

Atualmente, a soja é a principal cultura do Brasil, com grande expressão na produção de grãos em área cultivada, sendo que consegue produzir a maior quantidade de proteína por quantidade de área. O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com produtividade média estimada, nas principais regiões produtoras, entre 2.652 e 2.841kg.ha<sup>-1</sup>. Em determinadas regiões do centro-oeste brasileiro, a produtividade ultrapassa a média de 3.000kg.ha<sup>-1</sup>, em grande parte devido às recentes implementações tecnológicas associadas ao desenvolvimento de cultivares superiores e manejo adequado.

Na safra 2007/2008, o Brasil teve uma produção estimada em 60.017,4 milhões de toneladas, superando a safra anterior em 2,73% (CONAB 2008). Este

aumento só não foi maior devido à dificuldade de liberação de crédito, fazendo com que o produtor usasse insumos de forma mais racional, visando a aproveitar melhor o pacote tecnológico para manter, no mínimo, os níveis de produtividade dos últimos anos (CONAB, 2008).

A produção de soja no Brasil não constitui um sistema estável em função da crescente expansão para novas fronteiras agrícolas com diferentes condições edafo-climáticas, e devido à introdução de novas variáveis a cada ano. O rápido aumento da produção, do consumo e do comércio de soja no Brasil, exigiu a adoção de novas tecnologias no setor. Dentre elas, pode-se destacar o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, tolerantes a condições adversas do ambiente, associado a algumas práticas culturais visando ao aumento de produtividade.

A produtividade da cultura pode ser afetada por diversos fatores, destacando-se o déficit hídrico durante o seu desenvolvimento (CUNHA et al., 1999), e problemas fitossanitários como pragas, plantas daninhas e doenças. O dano devido à incidência de doenças foliares pode comprometer entre 6 a 20% do rendimento de grãos (na ausência de ferrugem asiática) (BALARDIN; GIORDANI, 2001), podendo chegar até 35% em cultivares suscetíveis a *Microsphaera diffusa* (SINCLAIR, 1999).

A cultura da soja é afetada por várias doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. Conforme a parte da planta afetada, estas doenças podem ser agrupadas como podridões de semente e da plântula, podridões de raízes, doenças da haste e do colo e doenças foliares. As doenças foliares mais importantes são o oídio (*Erysiphe diffusa*), as doenças de final de ciclo [crestamento foliar (*Cercospora kikuchii*), mancha parda (*Septoria glycines*) e antracnose (*Colletotrichum truncatum*)] e a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), que desde a sua primeira constatação de forma epidêmica no Brasil, na safra 2000/01, tem sido alvo de inúmeros estudos.

## 1.2 Ferrugem asiática da soja

O dano causado pela ferrugem asiática pode variar de 10 a 80%, em condições de temperatura (14 a 28°C) e umidade relativa do ar alta que são favoráveis para desenvolvimento do patógeno (YORINORI; WILFRIDO, 2002). A

infecção por *P. pachyrhizi* causa desfolha precoce e impede a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a perda do rendimento e do peso de grãos. Em casos severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar aborto e queda das vagens, resultando em comprometimento total do rendimento (AZEVEDO et al., 2004).

Devido às grandes perdas na produtividade causada por essa doença e ao aumento do custo de produção para o seu controle, grandes esforços têm sido empreendidos pela pesquisa para a obtenção de cultivares resistentes à *P. pachyrhizi*. No entanto, devido ao patógeno apresentar alta variabilidade, a obtenção das mesmas tem sido difícil (OLIVEIRA et al., 2005). Estudos conduzidos pela Embrapa corroboram esta afirmação, já que 11 cultivares previamente selecionadas como resistentes à *P. pachyrhizi*, tiveram sua resistência quebrada por um isolado proveniente do Mato Grosso (YORINORI et al., 2002).

A inexistência de cultivares com resistência vertical à ferrugem asiática faz com que o controle da doença seja efetuado preponderantemente através do uso de fungicidas. Os grupos de fungicidas mais eficazes são os triazóis, estrubilurinas e misturas. Diferenças em termos de resistência parcial ou tolerância de cultivares ao *P. pachyrhizi* além de propiciar uma diminuição nas perdas associadas à ocorrência da doença (KAWUKI et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2005; MARTINS, 2006) também podem influenciar em programas de controle químico.

Embora ainda não se tenha registro de biótipos de *P. pachyrhizi* resistentes aos fungicidas utilizados no seu controle, a possibilidade da ocorrência de resistência do patógeno aos fungicidas tem enfatizado a necessidade do desenvolvimento de novas estratégias de controle para a ferrugem asiática da soja.

Diante dessas estratégias, a nutrição mineral é um fator que pode ser manipulado visando o controle de doenças; entretanto, é necessário conhecimento detalhado da função dos nutrientes minerais na patogênese, sendo analisado o papel das propriedades histológicas e citológicas durante a infecção e colonização pelo patógeno (MARSHNER, 1995). A nutrição pode elevar o rendimento de grãos, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir a severidade de doenças, levando a um aumento na eficácia dos programas de controle químico (MARSHNER, 1995).

A indução de resistência – que pode ser ativada em plantas por uma série de substâncias, evitando ou atrasando a entrada e/ou subseqüente atividade do

patógeno em seus tecidos, por meio de mecanismos de defesa próprios (RESENDE, et al., 2002) – é algo relativamente novo em algumas culturas, já que a influência do ambiente tem efeitos relativamente pequenos em cultivares com elevada resistência ou suscetibilidade, não apresentando resultados expressivos.

### **2.3 Nutrição mineral**

Segundo Huber (2005), a nutrição de uma planta determina em grande escala sua resistência ou suscetibilidade à doença, e à habilidade dos patógenos de causar doença. As relações entre a nutrição e as doenças de plantas foram estudadas em alguns trabalhos, sendo encontrados efeitos relevantes de nitrogênio, fósforo, potássio e alguns micronutrientes, tanto em enfermidades causadas por organismos do solo, como em doenças da parte aérea (MATTHEE; DAINES, 1969).

As práticas culturais, como a adição de matéria orgânica, correção da acidez do solo e a irrigação, fornecem nutrientes às plantas diretamente ou tornam os nutrientes mais ou menos disponíveis para a planta, influenciando na doença. A nutrição mineral das plantas pode afetar a suscetibilidade e causar variações nos mecanismos bioquímicos e nas estruturas de defesa, além de influenciar nas reservas de alimento disponíveis ao patógeno.

De acordo com Marschner (1995), há claras evidências sobre o efeito do estado nutricional da planta nos mecanismos de defesa contra doenças causadas por fungos e contra o ataque por pragas. Os nutrientes minerais são envolvidos diretamente em todos os mecanismos da defesa como componentes integrais das células, das membranas, das enzimas e dos transportadores de elétron ou como ativadores, inibidores e reguladores do metabolismo (HUBER, 2005).

Um elemento particular pode reduzir os níveis de doença causados por alguns patógenos, mas aumentar outros e ter um efeito oposto com a modificação do ambiente, da taxa ou da época da aplicação. Estas diferenças fornecem uma oportunidade de controlar várias doenças, integrando a nutrição com práticas culturais específicas ou de manejo. A flexibilidade na maioria das interações doença-nutriente permite uma utilização mais ampla desta estratégia de controle considerando o nível em que é praticado atualmente.

A maior supressão de doença com a utilização de nutrientes ocorre geralmente em cultivares tolerantes ou resistentes e em cultivares altamente suscetíveis, desde que não tenham a defesa fisiológica regulada por um íon mineral específico. Os cultivares imunes a uma doença, particularmente, podem ser altamente eficientes na absorção ou na utilização dos nutrientes. A maior resposta à nutrição está também na passagem de um nível nutricional deficiente a um nível nutricional inteiramente suficiente para a planta. Há algumas exceções, onde o excesso de um nutriente particular mostra uma resposta diferente do que quando suficiente, mas estas situações geralmente refletem efeitos periféricos ou indiretos de um outro nutriente ou sistema (HUBER, 2005).

As diferentes formas (oxidadas ou reduzidas) ou as fontes (sais) de um nutriente podem ter efeitos opostos em uma doença específica por causa dos diferentes sítios metabólicos envolvidos ou da disponibilidade do nutriente. A taxa do nutriente aplicado e a época de aplicação (estádio suscetível) também podem ser critérios úteis de manejo para controlar uma doença, sem predispor as plantas à outra doença.

O estado nutricional da planta tem relação direta com seu crescimento e desenvolvimento, além de ser considerado um dos principais fatores responsáveis pelos mecanismos de defesa em relação aos fatores bióticos (patógenos e insetos-pragas) (COLHOUM, 1973). Os elementos minerais estão envolvidos em todos os mecanismos de defesa do vegetal, sejam como componentes integrais ou ativadores, inibidores ou reguladores do metabolismo. As deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças morfológicas e bioquímicas na planta, podendo tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis à infecção por patógenos (SILVEIRA; HIGASHI, 2003).

Muitas doenças são controladas pela integração dos efeitos específicos dos nutrientes minerais com as práticas culturais que os influenciam, juntamente com resistência genética, cuidados sanitários e controle químico. Diferenças na severidade de ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*) foram observadas em lavouras de soja que apresentaram distribuição desuniforme de adubo potássico (ZANCANARO, 2004).

Dentre os macronutrientes citados na literatura científica, o potássio (K) é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças (GRAHAM, 1983). Relatos mostraram que a nutrição potássica

adequada reduziu a severidade de mais de 20 doenças bacterianas, mais de 100 doenças fúngicas e de 10 doenças causadas por vírus e nematóides em diversas culturas (RAIJ, 1990).

O fósforo (P), apesar de estar envolvido na formação de uma série de compostos celulares e em processos metabólicos de vital importância para a planta, tem ação variável na resistência às doenças ainda que não seja muito evidente (KIRALY, 1976). No entanto, Graham (1983) menciona que um maior vigor das plantas com níveis adequados de P permite que elas superem as doenças. Este autor menciona ainda que membranas celulares de plantas deficientes em P deixam vaziar metabólitos para os fungos invasores. Enquanto aplicações excessivas de P e de K comumente não têm efeito nas doenças.

A adubação foliar está entre as várias maneiras de fornecer nutrientes às plantas, sendo muitas vezes, a alternativa mais eficiente para a solução de problemas específicos e/ou complemento de uma adubação racional. Em culturas extensivas, como a soja, a adubação foliar com macronutrientes seria um complemento, não substituindo a adubação feita no solo, principalmente para N, P e K, mas corrigindo deficiências eventuais de N e K (FAQUIN, 2005).

As plantas têm a capacidade de absorver nutrientes pelas folhas (ROSOLEM, 1984). Por essa razão, as adubações foliares de um ou mais nutrientes são viáveis. No caso dos micronutrientes, que são requeridos em pequenas quantidades, é fácil satisfazer as necessidades da planta por meio de pulverizações.

A adubação foliar pode suprir deficiências nutricionais que surgem na fase reprodutiva, onde adubações via solo têm baixa eficiência em fornecer nutrientes às plantas. A severidade da maioria das doenças pode ser reduzida com a utilização de nutrientes adequados para a planta e, o controle químico, biológico ou genético de muitos patógenos pode ser reforçado pela nutrição apropriada.

Em substituição a aplicações isoladas, visando à melhoria do estado nutricional da lavoura ou controle de determinadas doenças, atualmente uma pulverização foliar tende a ser realizada com propósitos múltiplos. Existe grande oferta de produtos considerados como multifuncionais, que atuam simultaneamente como fertilizantes e protetores de planta, sendo constituídos por nutrientes, aminoácidos, ativadores de crescimento e/ou substâncias antimicrobianas. No entanto, o uso racional desses produtos ainda carece de critérios definidos com base em pesquisa científica, pois a eficiência agrônômica

deles muitas vezes não se confirma para diferentes combinações de ambientes, culturas e sistemas de manejo. Portanto, antes de se definir uma substância como indutora de resistência, é necessário conhecê-la e avaliar seus efeitos no controle de doenças (CAVALCANTI et al., 2005).

#### **1.4 Fosfito**

O fosfito  $P_2O_5$  (pentóxido de fósforo) é obtido da neutralização do ácido fosforoso  $H_3PO_3$  por uma base (hidróxido de sódio, hidróxido de potássio ou hidróxido de amônio), sendo rapidamente absorvido pela planta e translocado pelo xilema e posteriormente pelo floema. Existem várias formulações disponíveis do produto em associação a outros nutrientes como K, Ca, B, Zn e Mn. Na reação com o hidróxido de potássio (KOH), tem-se a formação do fosfito de potássio.

Os fosfitos de potássio foram introduzidos no mercado como fertilizantes na década de 70. O uso de fertilizantes à base de fosfito como fonte de fósforo tem aumentado significativamente em atividades agrícolas no Brasil, visando ao aumento na produtividade, devido à importantes propriedades (DIAS et al., 2000; ENGBLOM, 1998; ENGBLOM, 1999).

Entre as principais vantagens da utilização de fosfito na agricultura, merecem destaque o baixo custo relativo da matéria-prima, a prevenção e controle das doenças produzidas por fungos, melhoria do estado nutricional das plantas, sobretudo nos estádios de maior aumento da atividade metabólica quando a aplicação do produto representaria um fornecimento suplementar de nutrientes, devido à absorção mais rápida de fósforo pela planta em comparação com produtos à base de fosfato. Outros efeitos incluem o equilíbrio nutricional das plantas, melhor amadurecimento, o prolongamento do tempo de conservação e qualidade superior dos frutos na pós-colheita (NOJOSA et al., 2005).

Os fosfitos são rapidamente absorvidos pelas raízes e folhas. Apresentam ação sistêmica e atuam reduzindo fortemente o crescimento micelial, a formação de esporângios e a liberação de zoósporos. A eficiência da aplicação do fosfito em determinados patossistemas deve-se ao fato de que a planta apresenta melhor assimilação na presença de fósforo e potássio, tornando-a capaz de ativar

mecanismos de defesa e produzir fitoalexinas, substâncias naturais de autodefesa que conferem resistência contra fitopatógenos (REUVENI et al., 1994; JACKSON et al., 2000; STADNIK; TALAMINI, 2004; NOJOSA et. al., 2005).

Devido ao seu alto grau de solubilidade e mobilidade, os fosfitos são rapidamente absorvidos pelas plantas, se deslocando através das membranas celulares. O caráter sistêmico dos fosfitos (ascendente e descendente) e a sua rápida absorção pelas raízes, caules e folhas, permite vários métodos de aplicação (pulverização foliar, rega e pincelamento ou imersão) de acordo com o tipo de planta e características do agente patogênico a ser controlado.

O fosfito tem sido relacionado ao aumento da zona bloqueadora da necrose, rápida mudança citológica através da migração nuclear, deposição de papila e aumento da resposta de hipersensibilidade levando à morte celular (GUEST; GRANT, 1991). No hospedeiro, também ocorre a biossíntese de etileno, aumento da respiração, ativação da fenilalanina amonialiase, lignificação e ativação do metabolismo das pentoses-fosfato. Em associação com fungicidas tem apresentado como uma alternativa muito eficaz no manejo de doenças, na maioria dos casos (REUVENI; REUVENI, 1995).

Recentemente, produtos à base de fosfito de potássio têm sido indicados no controle de fungos do gênero *Phytophthora* e dos fungos de podridões do colo, raiz, tronco e frutos. De acordo com as informações de rótulo dos produtos comerciais, a aplicação de fosfito é sugerida para todo tipo de cultivo, incluindo culturas de grãos, olerícolas, ornamentais e fruteiras. Além de favorecer a prevenção e cura dos sintomas produzidos por fungos, associa-se o uso do fosfito à melhoria do estado nutricional das plantas, sobretudo nos estádios de maior aumento da atividade metabólica, quando a aplicação do produto representaria um fornecimento suplementar de nutrientes. Outros efeitos mencionados incluem o equilíbrio nutricional das plantas, melhor amadurecimento e qualidade dos frutos, além de qualidade superior na pós-colheita (NOJOSA et al., 2005).

Na forma de sal de potássio, o fosfito parece ter o mesmo efeito que o Fosetyl-Al, fungicida recomendado para o controle de oomycetos como *Phytium* spp. e *Phytophthora* spp. Jackson et al. (2000) mostraram que, dependendo da concentração, o fosfito pode induzir resistência em eucalipto contra *Phytophthora cinnamomi* Rands. Sônego et al. (2003) verificaram que os produtos à base de fosfitos de potássio são uma alternativa interessante para o controle de míldio,

principal doença fúngica da videira, especialmente nas regiões vinícolas com elevada precipitação durante o desenvolvimento vegetativo da planta. O uso preventivo dos fosfitos – aplicação semanal a partir da floração – foi altamente eficaz no controle da doença, tanto na folha como na raiz, e foi equivalente aos tratamentos de cymoxanil + maneb e metalaxil + mancozeb, utilizados como padrão.

Os efeitos deletérios do fosfito sobre o patógeno resultam da sua tolerância ao produto, bem como da resistência do hospedeiro à invasão do mesmo. Perez et al. (1995) demonstraram que baixos níveis de fosfito provocam disrupção no metabolismo do patógeno, alterando a estrutura da parede celular deste, promovendo a liberação de elicitores que estimulam as defesas do hospedeiro.

Misturas entre compostos com diferentes mecanismos de ação são utilizadas para ampliar o espectro de ação, aumentar a duração da atividade antifúngica, ou explorar interações sinérgicas entre os compostos potencializando a sua atividade de modo a reduzir a quantidade aplicada sem perda da atividade e reduzindo a pressão de seleção exercida sobre o patógeno (GISI, 1996).

Nesse sentido, compostos que apresentam ação direta sobre o patógeno, ou mesmo que estimulem os mecanismos de defesa do hospedeiro surgem como uma alternativa para o controle do fungo. A rápida absorção dos fosfatos, sua elevada sistemicidade, a baixa toxicidade inerente, a melhoria do estado nutricional das plantas, seu baixo custo, aliado à sua efetividade contra diversas doenças, faz destes compostos uma ferramenta que pode apresentar um grande potencial de uso no controle da ferrugem asiática.

## **2 AVALIAÇÃO DO FOSFITO DE POTÁSSIO NO CONTROLE DE *PHAKOPSORA PACHYRHIZI* EM CONDIÇÕES CONTROLADAS.**

### **2.1 Introdução**

A ferrugem asiática é uma das mais importantes doenças da cultura da soja, comprometendo sua produtividade em diversas regiões do planeta. Desde sua primeira ocorrência no Brasil, em 2001, até a safra 2006/2007, custos superiores a US\$ 10 bilhões têm sido atribuídas à incidência da doença (EMBRAPA, 2008). Diversos fatores tais como incredulidade inicial do agricultor, monitoramento inadequado, dificuldade na aplicação dos fungicidas e controle tardio, têm contribuído para agravar este cenário. Somente na safra 2006/2007, mais de 2,6 milhões de toneladas de soja (cerca de 4,5% da produção brasileira) foram perdidas devido à presença da ferrugem asiática (EMBRAPA, 2008). Apesar dos esforços empreendidos na busca de novas fontes de resistência ao fungo, a obtenção e durabilidade de cultivares resistentes tem sido dificultada em virtude da variabilidade que o mesmo apresenta. Deste modo, o controle da ferrugem asiática é realizado quase que exclusivamente pelo emprego de fungicidas. O desenvolvimento de novas estratégias de controle, que venham a aumentar a eficiência de controle da ferrugem asiática são fundamentais para a rentabilidade da cultura.

Um dos métodos de controle de doenças é a indução de resistência, que se caracteriza pela ativação de mecanismos de defesa constitutivos ou induzidos da planta. Esta, após ser submetida ao tratamento com um elicitor, é capaz de expressar respostas morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas, que limitam a atividade do patógeno em seus tecidos, porém sem afetar a germinação do esporo e a formação do apressório (AGRIOS, 2005).

Entre os compostos capazes de induzir processos de defesa estão os sais de fósforo, cuja efetividade tem sido demonstrada contra diversos patógenos. Além de sua aplicação isolada, a associação de tais compostos com fungicidas tem-se apresentado como uma alternativa muito eficaz no manejo de doenças, em virtude de ocorrer efeito aditivo ou sinérgico quando esses químicos são utilizados de forma

conjunta. Experimentos realizados em duas safras com macieira mostraram que a alternância de seis aplicações de fungicidas e cinco aplicações de fosfatos no controle de oídio foi tão efetiva quanto onze aplicações do tratamento comercial com fungicidas inibidores da síntese do esterol (REUVENI et al., 1998b). O controle de oídio obtido com fosfato monopotássico (MKP) aplicado em alternância com um fungicida inibidor da síntese do esterol, ou misturado com metade da dose deste, foi similar, e em alguns casos, superior aquele obtido com os fungicidas comerciais, sugerindo um possível sinergismo entre os compostos (REUVENI et al., 1998 b). Trabalhos desenvolvidos com mangueira (*Mangifera indica* L.) visando o controle de oídio mostraram redução de 50% no número de aplicações ou na dose do fungicida com a inclusão de MKP, sem prejuízo ao controle da doença, oferecendo uma alternativa ambientalmente sustentável no controle da mesma, além de reduzir o desenvolvimento de populações resistentes em virtude de o mecanismo de ação do MKP provavelmente diferir daquele dos fungicidas comumente utilizados (REUVENI et al., 1998 a). De maneira similar, a aplicação de ácido fosforoso combinada com dose reduzida de metalaxyl, apresentou efeito aditivo no controle de *Sclerospora graminicola* em milho e no rendimento de grãos quando comparado ao emprego do fungicida sozinho e na dose recomendada (CHALUVARAJU et al., 2004).

Produtos que ativem os mecanismos de defesa em plantas ou que beneficiem a ação de fungicidas devem ser estudados, uma vez que os mesmos podem propiciar um manejo mais eficiente e econômico da ferrugem asiática. O presente trabalho teve como objetivo determinar a habilidade do fosfito em ativar defesas em soja contra *P. pachyrhizi*; ii) avaliar se existe variação nessa resposta quanto à resistência parcial das cultivares de soja; iii) examinar possíveis efeitos sinérgicos entre o produto indutor e fungicidas, aplicados em diferentes momentos da patogênese.

## **2.2 Material e métodos**

Os ensaios foram conduzidos no município de Itaara, região central do Rio Grande do Sul.

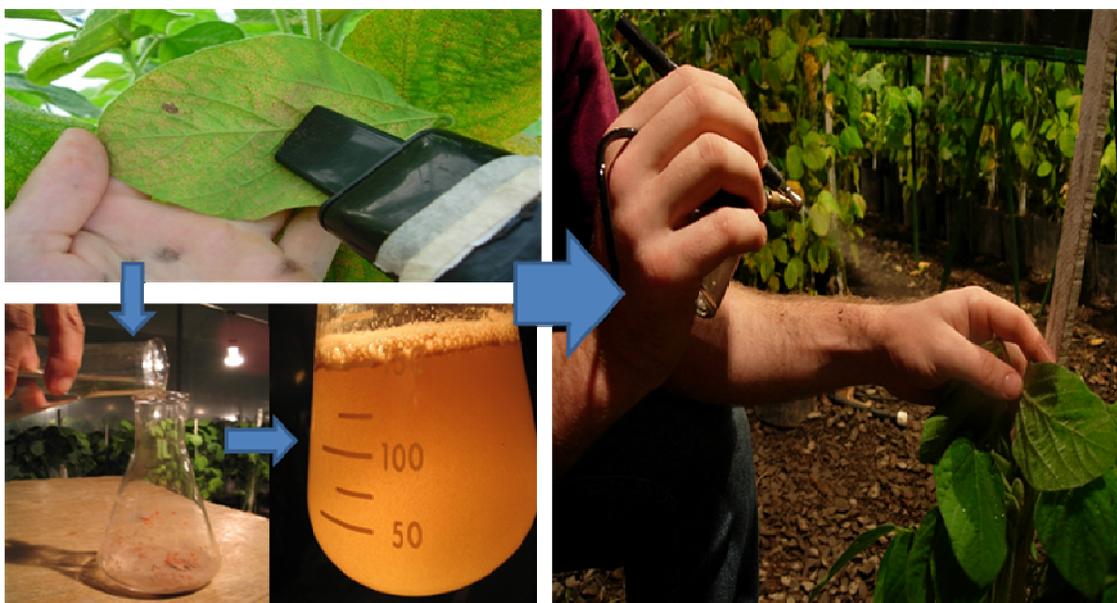
O experimento foi realizado em casa-de-vegetação provida de um sistema de controle parcial de temperatura e umidade relativa, acionado por um sistema de nebulização (fogger) computadorizado. As plantas de soja foram mantidas em uma casa de vegetação de apoio até o momento da inoculação, quando foram transferidas para outra casa de vegetação visando pré-adaptação à inoculação. As plantas foram submetidas a um programa de nebulização (15 min.dia<sup>-1</sup>) visando propiciar as condições ideais para o estabelecimento e desenvolvimento do fungo. O fornecimento de água ocorreu por gotejadores do tipo espaguete.

O primeiro ensaio teve o propósito de avaliar a resposta de cultivares de soja quanto à atividade elicitora e/ou fungicida do fosfito. Foram testadas dez cultivares (Fundacep 55 RR, Fundacep 56 RR, BRS 243 RR, BRS 255 RR, Coodetec 214 RR, Coodetec 219 RR, Nidera 6001, Nidera 7636, MSoy 8000 e MSoy 7210). As cultivares foram semeadas em vasos plásticos (5 L) contendo substrato composto de solo argiloso e casca de arroz não carbonizada (3:1) que foi utilizado na condução de ambos os experimentos. Foram mantidas três plantas em cada vaso. A análise química do substrato foi realizada no laboratório de fertilidade e química do solo da UFSM. A partir dos resultados da análise, as doses dos nutrientes foram determinadas com base nas exigências da cultura, de acordo com a recomendação proposta pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Os tratamentos consistiram em um fatorial 10x3, com as dez cultivares supra-citadas (fator A) nas quais foi realizada a aplicação de fosfito (48 h antes e 48 h após a inoculação com *P. pachyrhizi*) ou água (tratamento testemunha) (fator B). O fosfito foi aplicado na dose de 2 L.ha<sup>-1</sup> no estágio V<sub>5</sub> (FEHR; CAVINESS, 1977).

O segundo ensaio foi conduzido com o objetivo de maximizar o controle da ferrugem asiática através da associação do fosfito com fungicidas aplicados em diferentes momentos da patogênese. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 6x7, utilizando a cultivar MSoy 8000. O fator A consistiu na aplicação isolada de fosfito (2 L.ha<sup>-1</sup>) e dos fungicidas epoxiconazol (25 g de i.a.ha<sup>-1</sup>) e epoxiconazol + piraclostrobina (25 e 66,5 g de i.a.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), além da combinação dos fungicidas com o fosfito. Também foi incluído um tratamento testemunha com aplicação de água. O fator B foi constituído por sete épocas de aplicação (3, 7 e 14 dias antes e após a inoculação e 2 h antes da inoculação com o patógeno). A aplicação dos tratamentos foi iniciada no estágio V<sub>4</sub>. Em ambos os ensaios, as

aplicações foram realizadas com um pulverizador costal equipado com uma ponta de pulverização do tipo XR 110015, usando volume de calda de 150 L.ha<sup>-1</sup>.

A inoculação com uredosporos de *P. pachyrhizi* foi realizada de acordo com o objetivo de cada experimento, conforme descrito previamente. Os esporos foram coletados a seco, em plantas de soja mantidas em casa-de-vegetação, por meio de um succionador a vácuo provido de reservatório para o armazenamento dos mesmos. Em seguida, os esporos foram transferidos para um Erlenmeyer ao qual foram adicionados água e Tween 80 (espalhante-adesivo). A suspensão foi ajustada para uma concentração de  $2 \times 10^5$  esporos.mL<sup>-1</sup> de suspensão através de um hemacitômetro. A inoculação foi realizada à noite, na face abaxial das folhas (Figura 1).



**Figura 1 – Coleta, preparo, suspensão e inoculação do inóculo. Santa Maria, 2009.**

A severidade da doença (porcentagem da área foliar com sintomas) foi obtida através de diagnóstico visual, atribuindo-se notas baseadas em escala proposta por Godoy et al. (2006). Foi realizada uma avaliação por semana, em intervalos de seis a dez dias entre elas, num total de quatro avaliações para o primeiro ensaio e cinco, para o segundo. No primeiro experimento as avaliações foram realizadas apenas

nas folhas inoculadas e, no segundo, apenas as folhas que receberam a aplicação dos produtos foram avaliadas.

Os dados de severidade da doença foram utilizados para a determinação da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), de acordo com Campbell; Madden (1990). Para o primeiro experimento também foi determinado o número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, através de contagem, obtida a partir de lupa portátil com aumento de 20 vezes, posicionada na parte central dos folíolos de soja previamente identificados. Foram avaliados oito folíolos por tratamento.

O cálculo realizado foi baseado na seguinte equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1} - T_i);$$

Y<sub>i</sub>: severidade da doença na época de avaliação i (i= 1,...,n);

Y<sub>i+1</sub>: severidade da doença na época de avaliação i + 1;

T<sub>i</sub>: época da avaliação i, que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas;

T<sub>i+1</sub>: época da avaliação i + 1;

n = n° de observações;

Ambos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (p≤0,05) para a comparação múltipla de médias através do software PlotIT versão 3.2 para ambiente de Windows.

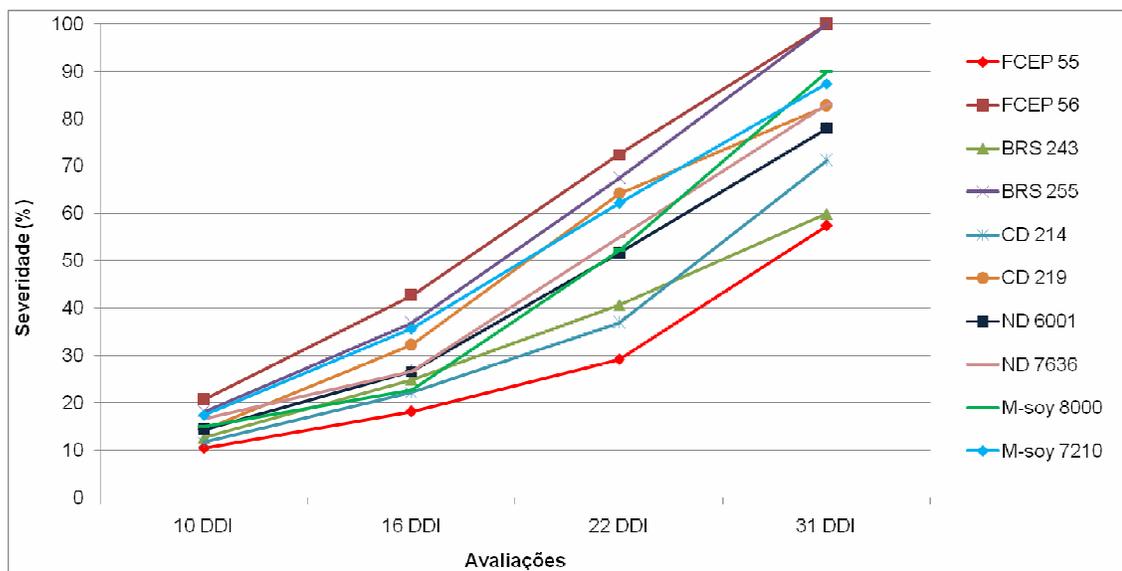
## 2.3 Resultados e discussão

Os resultados obtidos mostraram que o fosfito aplicado de forma isolada não apresentou efeito contra *P. pachyrhizi* em plantas de soja, independentemente da cultivar utilizada. Esses resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Ribeiro Júnior et al. (2006), que também não observaram efeito da aplicação de fosfito sobre o controle de *Verticillium dahliae* em cacaueteiro.

A análise de variância revelou interação não significativa entre os fatores estudados no primeiro ensaio (cultivares x com e sem aplicação de fosfito) para os dados de severidade da doença, número de pústulas.cm<sup>-2</sup> e de AACPD. Apenas as

cultivares mostraram diferença significativa entre si, demonstrando variação na suscetibilidade ao fungo *P. pachyrhizi*.

A evolução da severidade foi superior nas cultivares Fundacep 56 RR e BRS 255 RR, seguida das cultivares MSoy 8000, Nidera 7636, MSoy 7210, Coodetec 219 RR, Nidera 6001, Coodetec 214 RR e BRS 243 RR, tendo a cultivar Fundacep 55 RR apresentado os menores valores de severidade de ferrugem asiática em todas as avaliações (Figura 2). A severidade final observada na cultivar Fundacep 55 RR foi 40% inferior àquela observada nas cultivares Fundacep 56 RR e BRS 255 RR. Isso indica que as cultivares avaliadas provavelmente apresentaram diferença quanto à sua resistência parcial.



**Figura 2 – Severidade da ferrugem asiática avaliada em diferentes épocas (dias depois da inoculação – DDI) em dez cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com *P. pachyrhizi*. Santa Maria, 2009.**

Para a variável número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, foi observado que a cultivar Fundacep 55 RR apresentou o menor valor (207 pústulas.cm<sup>-2</sup>), porém não diferiu estatisticamente das cultivares BRS 243 RR, Coodetec 214 RR, Nidera 6001, MSoy 8000 e Nidera 7636 (Figura 3). O número de pústulas foi maior nas cultivares BRS 255 RR (392 pústulas.cm<sup>-2</sup>) e Fundacep 56 RR (363 pústulas.cm<sup>-2</sup>), sendo

estatisticamente comparável às cultivares Coodetec 219 RR, MSoy 7210, MSoy 8000 e Nidera 7636.

Embora os dados obtidos no presente experimento sugiram maior nível de resistência parcial por parte da cultivar Fundacep 55 RR, tais resultados devem ser interpretados com cautela, pois todas as cultivares apresentaram os sintomas da doença aos 10 dias após a inoculação, e uma das características de cultivares portadoras de resistência parcial à ferrugem asiática é um aumento no período de latência da doença, conforme observado por Dallagnol et al. (2004) e Martins (2006). Desta forma, é provável que a resistência parcial da cultivar Fundacep 55 RR atue sobre outro componente da patogênese, que pode ter reduzido o *fitness* do patógeno.

No entanto, o número de pústulas.cm<sup>-2</sup>, variável de grande importância para a caracterização da resistência parcial, indicou que esta cultivar apresenta algum mecanismo que limita a atividade do patógeno em seus tecidos. Dallagnol et al. (2004) e Navarini et al. (2007) também verificaram diferenças no número de pústulas.cm<sup>-2</sup> entre cultivares de soja, confirmando a variação na sensibilidade destas a *P. pachyrhizi*.

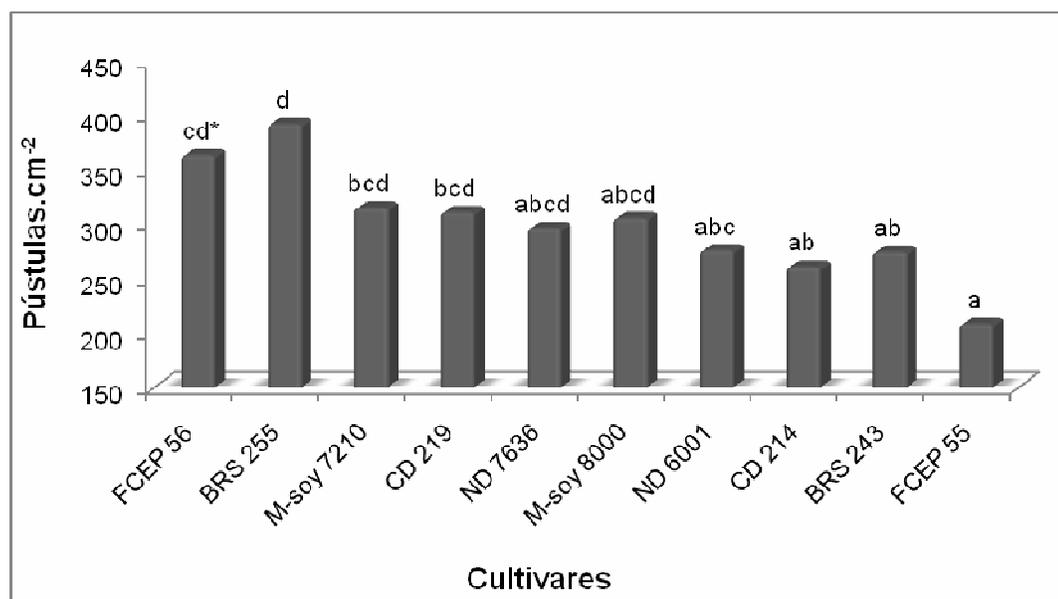


Figura 3 – Número de pústulas.cm<sup>-2</sup> da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com *Phakopsora pachyrhizi*. \*Barras seguidas de mesma letra apresentam valores estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Santa Maria, 2009.

Os valores da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) também foram significativamente diferentes entre as cultivares. Como as avaliações de severidade servem de base para o cálculo da AACPD seus resultados seguiram a mesma tendência dos dados discutidos acima, com a cultivar Fundacep 55 RR exibindo a menor AACPD, a qual foi 53% inferior à cultivar mais suscetível, a Fundacep 56 RR (Figura 4).

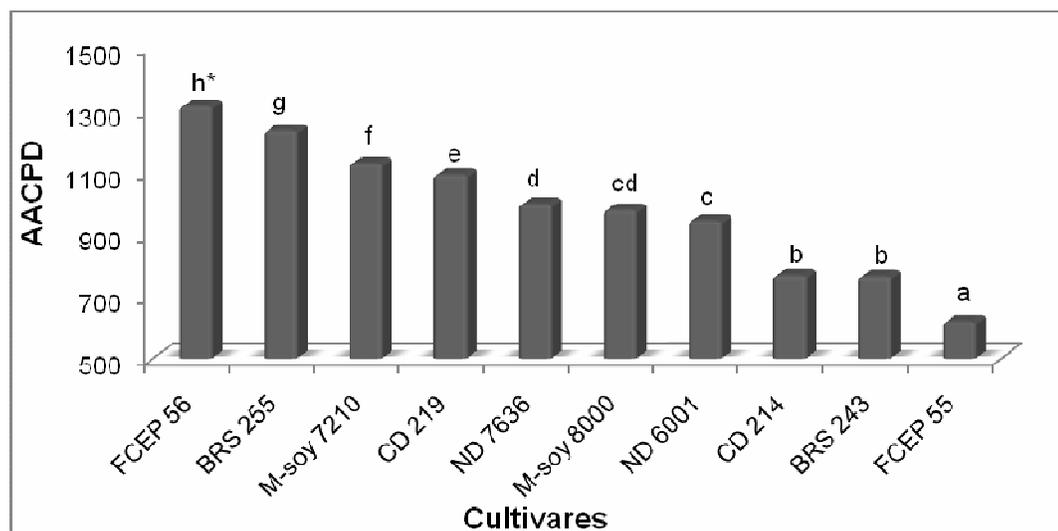


Figura 4 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) da ferrugem asiática em diferentes cultivares de soja, considerando a média dos tratamentos testemunha e daqueles com aplicação de fosfito 48 h antes e 48 h após a inoculação com *P. pachyrhizi*. \*Barras seguidas de mesma letra apresentam valores estatisticamente semelhantes pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Santa Maria, 2009.

Embora quatro genes dominantes de resistência (*Rpp 1*, *Rpp2*, *Rpp3* e *Rpp4*) em soja contra *P. pachyrhizi* sejam conhecidos, tal resistência pode não ser duradoura (HARTMAN et al., 1991), fato já observado em diversos países, inclusive no Brasil, onde dois anos após a constatação do fungo, apenas a resistência conferida pelos genes *Rpp2* e *Rpp4* permanece efetiva (ARIAS et al., 2004). Devido às características da resistência parcial, entre elas, a de ser efetiva contra a maioria das raças do patógeno, esta pode propiciar uma maior durabilidade em campo de cultivares com este tipo de resistência, além de reduzir os riscos de uma possível quebra de resistência, em virtude da resistência vertical rapidamente tornar-se ineficiente contra *P. pachyrhizi* (BONDE et al., 2006).

Para o segundo ensaio, não houve interação significativa entre os tratamentos com fungicidas, fosfito e épocas de aplicação. Esses resultados confirmam aqueles obtidos no experimento 1, uma vez que novamente o fosfito foi incapaz de reduzir a intensidade da ferrugem asiática da soja, mesmo quando aplicado em períodos de tempo mais distantes da inoculação do que aqueles avaliados no primeiro ensaio. Além disso, o produto também não melhorou a performance de nenhum dos fungicidas testados, contrastando com resultados obtidos em videira (REUVENI; REUVENI, 1995), macieira (REUVENI et al., 1998 b) e mangueira (REUVENI et al., 1998 a), onde a adição de sais de fósforo a programas de controle com fungicidas intensificou o controle de oídio.

Embora o fosfito não tenha apresentado efeito sobre o controle da ferrugem asiática, foi observada interação significativa entre fungicidas e épocas de aplicação. Analisando os dados de AACPD, foi observado que ambos os fungicidas proporcionaram redução significativa na AACPD quando comparados ao tratamento testemunha, independente da época de sua aplicação (Figura 5). O fungicida epoxiconazol + piraclostrobina foi mais eficiente no controle da doença do que o fungicida epoxiconazol aplicado sozinho. A aplicação da mistura conferiu uma redução de 29% em relação à aplicação isolada do triazol, considerando a média de todas as épocas de aplicação. Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Miles et al. (2007), que também observaram menores níveis de severidade e de desfolha pela ferrugem asiática quando triazóis e estrobilurinas foram aplicados de forma conjunta em relação ao emprego isolado de triazóis. 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. Soma-se a isso o fato da combinação desses ativos em campo possibilitar um aumento do espectro de ação do produto, garantindo ao mesmo um maior residual, além de reduzir o risco do surgimento de populações do patógeno resistentes ao fungicida.

Com relação às épocas de aplicação dos fungicidas, foi observado que as aplicações realizadas mais próximas da inoculação proporcionaram maior controle da doença do que aquelas efetuadas muito precoce ou tardiamente (Figura 5). Os menores valores de AACPD foram observados quando os fungicidas foram aplicados às 2 HAI. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por Ugalde (2005) que verificou maior residual dos fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina em aplicações realizadas duas horas antes da inoculação, fato que

pode ter contribuído para os menores valores de AACPD observados no presente estudo.

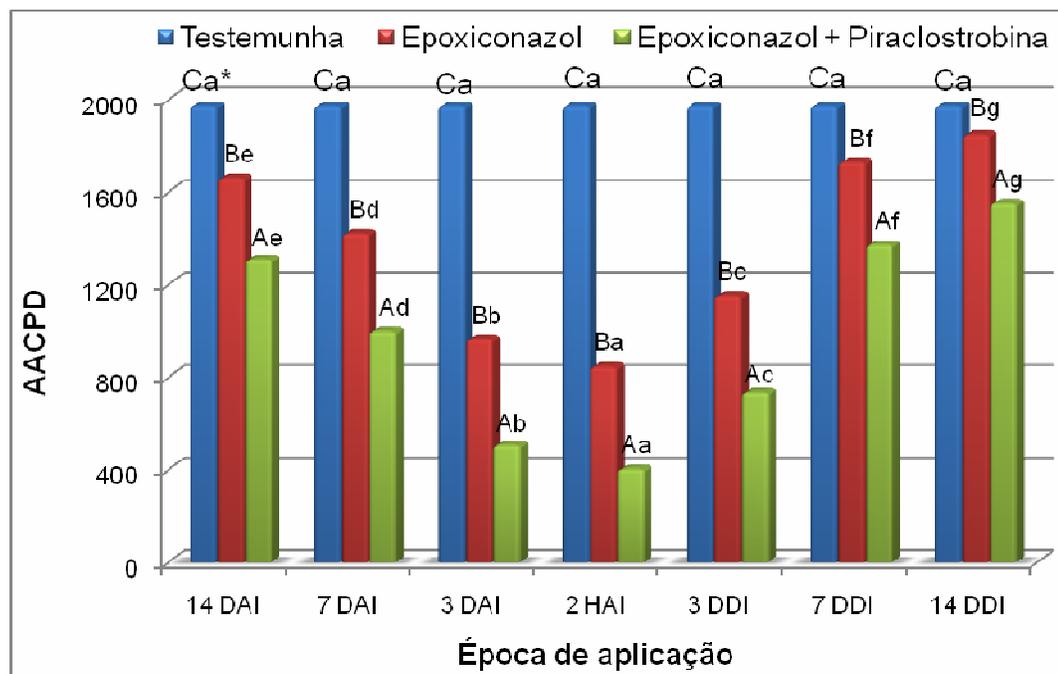


Figura 5 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) em plantas de soja submetidas à aplicação dos fungicidas epoxiconazol e epoxiconazol + piraclostrobina aos 14, 7 e 3 dias antes da inoculação (DAI), 2 horas antes da inoculação (HAI) e 3, 7 e 14 dias depois da inoculação com *P. pachyrhizi*, considerando a média dos tratamento com e sem aplicação de fosfito. \*Letras maiúsculas e minúsculas comparam os fungicidas dentro de cada época e as épocas dentro de cada fungicida, respectivamente, onde barras seguidas de letras distintas apresentam valores estatisticamente diferentes entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Santa Maria, 2009.

A AACPD teve redução de 58% e 63% nos seus valores quando os fungicidas foram aplicados às 2 HAI em relação às aplicações efetuadas aos 14 DAI e 14 DDI, respectivamente. O fato das aplicações feitas aos 14 DAI e 7 DAI terem sido menos efetivas do que aquelas realizadas aos 3 DAI, 2 HAI e 3 DDI é justificado devido às plantas de soja ainda estarem em intenso crescimento quando as mesmas foram efetuadas. Como a inoculação foi realizada em toda a planta, as folhas que surgiram após a aplicação dos produtos não estavam protegidas. Este comportamento ocorre porque apesar de ambos os fungicidas utilizados serem sistêmicos, sua translocação está restrita às folhas nas quais ocorre a sua deposição, não ocorrendo translocação destas para folhas que não receberam o fungicida. Deste modo, as folhas que

surgiram após a aplicação dos fungicidas devem ter atuado como um banco de inóculo, comprometendo o residual destes e resultando em maiores valores de AACPD.

O menor controle da doença aos 7 DDI e 14 DDI é explicado pela baixa eficiência dos produtos quando aplicados de forma erradicante, ou seja, após a manifestação dos sintomas da doença. Segundo alguns autores (GODOY; CANTERI, 2004; REIS et al., 2007) o controle químico da doença é menos eficiente à medida que a aplicação do fungicida é atrasada, corroborando com o que foi observado no presente ensaio. Estudos conduzidos em casa-de-vegetação também mostraram a baixa eficiência dos fungicidas após a manifestação dos sintomas da doença pela planta. Neste caso, o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina apresentou eficiência de 23% quando aplicado aos oito dias após a inoculação com *P. pachyrhizi* (GODOY; CANTERI, 2004), bem próximo dos 30% observados no presente estudo, quando a aplicação do fungicida foi realizada aos 7 DDI, considerando os valores de AACPD.

## 2.4 Conclusão

O fosfito aplicado de forma isolada não reduziu a severidade nas plantas de soja contra *P. pachyrhizi*, independentemente da cultivar utilizada e não favoreceu a ação dos fungicidas aplicados de forma conjunta.

Entre as cultivares avaliadas, a cultivar Fundacep 55 apresentou o maior nível de resistência parcial.

As aplicações dos fungicidas em intervalos mais próximos da infecção das plantas de soja por *P. pachyrhizi* e de ingredientes ativos com mecanismos de ação distintos proporcionou um controle mais eficiente da ferrugem asiática.

Ensaio em campo serão de vital importância para avaliar o comportamento das cultivares e os resultados de controle da ferrugem asiática obtidos no presente experimento, bem como seu impacto no rendimento de grãos da cultura da soja.

## **3 FOSFITO DE POTÁSSIO E NUTRIÇÃO MINERAL NO MANEJO DA FERRUGEM ASIÁTICA**

### **3.1 Introdução**

Entre as doenças que ocorrem na cultura de soja, a ferrugem asiática é considerada a principal delas. Embora alguns genes de resistência tenham sido identificados (HARTMAN et al., 2004) e um grande esforço tenha sido empregado pelos melhoristas na sua incorporação em soja, cultivares comerciais contendo esses genes ainda não estão disponíveis.

Devido à ausência de cultivares resistentes, algumas estratégias têm sido adotadas a fim de minimizar os danos causados pela doença. Entre elas podem ser citadas a semeadura de cultivares precoces no início da época recomendada, eliminação de hospedeiros alternativos, manejo da irrigação (REIS et al., 2006), aumento no espaçamento entre linhas (MADALOSSO, 2007), nutrição equilibrada (BALARDIN et al., 2006) e o tratamento de sementes com fungicidas (TECNOLOGIAS..., 2008), havendo a necessidade de estudos adicionais para confirmar o real impacto de algumas dessas práticas sobre o controle da doença. No entanto, a aplicação de fungicidas na parte aérea ainda é a única medida emergencial e eficiente para o controle da ferrugem asiática (REIS et al., 2006).

Uma alternativa para o manejo de doenças consiste em encontrar agentes, tanto de origem biótica quanto abiótica, capazes de induzir defesa em plantas. Entre eles está o fosfito de potássio, composto que tem promovido redução na severidade de doenças em diversos hospedeiros como milho, milheto, pepino, nectarina, manga, uva, maçã, entre outros (PANICKER; GANGADHARAN, 1999; REUVENI et al., 1996; CHALUVARAJU et al., 2004; REUVENI; REUVENI, 1995). De qualquer modo, a indução de defesa parece não ser o único fator que justifica o controle de doenças promovido pelo fosfito. Segundo alguns autores (SMILLIE et al., 1989; GUEST; GRANT, 1991), o controle de doenças resultaria de uma ação mista do produto, envolvendo tanto um efeito direto sobre o patógeno quanto indireto, por meio da indução de defesa.

Recentemente, alguns trabalhos têm sido conduzidos visando a avaliar o efeito do fosfito de potássio utilizado de maneira isolada ou combinado com fungicidas sobre o controle da ferrugem asiática da soja. Nesses estudos foram observadas leves reduções na severidade da doença, porém tais reduções não foram acompanhadas de acréscimo no rendimento de grãos de soja (NEVES, 2006; OLIVEIRA, 2007).

A nutrição é outro fator que influencia a ocorrência de doenças, por promover alterações tanto na habilidade do patógeno em atacar determinado hospedeiro, como por influenciar as defesas e a tolerância deste ao ataque do primeiro (MARSCHNER, 1995). Resultados positivos no controle da ferrugem asiática têm sido obtidos com a utilização de determinados nutrientes, como fósforo e potássio (BALARDIN et al., 2006), silício (LIMA, 2006) e cálcio (DEBONA et al., no prelo).

Embora a influência de alguns nutrientes sobre *P. pachyrhizi* seja conhecida, a maioria desses trabalhos foram conduzidos em casa-de-vegetação, necessitando de comprovação a campo para validar sua utilização como ferramenta no manejo da doença, visto que o estado nutricional da planta pode afetar tanto o controle químico da ferrugem asiática da soja quanto os processos de defesa induzidos no hospedeiro. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação do fosfito de potássio isolado e combinado ao fungicida epoxiconazol + piraclostrobina em duas cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de adubação de base sobre o controle da ferrugem asiática e rendimento de grãos da soja.

## **3.2 Material e métodos**

### **3.2.1 Localização do experimento e caracterização da área**

O experimento foi conduzido a campo, no município de Itaara – RS, localizado em latitude 29°58'S, longitude 53°81'W e altitude de 444 m, entre dezembro de 2007 e maio de 2008. Durante o experimento, as condições meteorológicas foram monitoradas pela estação meteorológica Vantage Pro Wireless, marca Davis®.

O experimento foi realizado em solo com textura argilo arenosa, possuindo alta acidez, teor baixo de fósforo, teor alto de potássio e saturação por bases de 34% de acordo com Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (2004). Na Tabela 1, podem-se verificar os valores das características químicas do solo.

A semeadura foi realizada em 12 de dezembro de 2007. As sementes foram tratadas com carbendazin + thiram (30 + 70 g de i.a. por 100 kg de sementes). Os insetos e plantas daninhas foram controlados seguindo as recomendações para a cultura (REUNIÃO..., 2007). O espaçamento utilizado entre plantas foi de 0,47m entre fileiras e aproximadamente 0,08 m entre plantas, com uma média de 13 plântulas/m e uma densidade populacional final na área útil das parcelas experimentais de 250.000 plantas/ha. O desenvolvimento da cultura da soja foi acompanhado pela escala proposta por FEHR; CAVINESS, 1977.

**Tabela 1. Caracterização química do solo sobre o qual foi instalado o experimento na safra 2007/2008. Santa Maria, 2009.**

Prof.	pH água	K	P	S	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	%MO
	1:1	-----mg/dm <sup>3</sup> -----					-----Cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----			m/v
0-15	4,7	32	2,2	9,9	3,5	2,2	0,6	4,9	6,4	2,5

### 3.2.2 Tratamentos

As duas cultivares utilizadas foram MSoy 8000 e Coodetec 219 RR que constituíram as parcelas principais. As subparcelas foram constituídas de seis níveis nutricionais aplicados no momento da semeadura, conforme indicado na Tabela 2. Os tratamentos fungicidas aplicados na parte aérea representaram as subsubparcelas e são indicados na Tabela 3.

**Tabela 2. Níveis nutricionais aplicados no momento da semeadura das cultivares Msoy 8000 e Coodetec 219 RR. Santa Maria, RS. 2009.**

	Adubação
1	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
2	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 105 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
3	97,5 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
4	Sem adubação
5	70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O
6	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

**Tabela 3. Princípios ativos, doses e estádios fenológicos da cultura, na aplicação dos produtos utilizados nos experimentos. Santa Maria, RS. 2009.**

Produtos	Estádios de aplicação	Doses (mL p.c./ha)
1 Fosfito de Potássio (FP)	R <sub>1</sub>	2000
2 Fosfito de Potássio (FP)	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	2000
3 FP + Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub>	2000 + 500
4 FP + Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	2000 + 500
5 Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub>	500
6 Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	500
7 Testemunha		

<sup>1</sup> R<sub>1</sub> – Início da floração, até 50% das plantas com uma flor;

<sup>2</sup> R<sub>3</sub> – Final da floração; vagens com até 1,5 cm de comprimento.

O FP (Quimifol, composto derivado do ácido fosforoso, contendo 40% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 26% de K<sub>2</sub>O) foi aplicado na dose de 2 L.ha<sup>-1</sup>. Para o fungicida epoxiconazol + piraclostrobina utilizou-se a dose de 66,5 + 25 g.ha<sup>-1</sup> de i.a.

### 3.2.3 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com os tratamentos dispostos em arranjo fatorial 2x6x7, com duas cultivares, seis combinações de adubação de base e sete tratamentos de parte aérea, com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas de 6 linhas espaçadas de 0,47m (2,82m de largura) e 5m de comprimento, perfazendo uma área total de 14,10m<sup>2</sup>. A área útil da parcela experimental foi considerada descartando-se uma linha de cada lateral e 0,5m de cada extremidade para fins de avaliação.

### 3.2.4 Aplicação dos tratamentos

Os produtos foram aplicados com pulverizador costal pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com barra de 2m, composta por quatro pontas de pulverização do tipo

leque plano comum (XR 110 015), espaçadas 0,5m, pressão de trabalho de 40 lbs.pol<sup>-2</sup>, velocidade de caminhamento de 1,5m.s<sup>-1</sup> e volume de calda de 150 L.ha<sup>-1</sup>.

### 3.2.5 Avaliações

O alvo biológico da aplicação dos tratamentos foi a ferrugem asiática. A infecção nas áreas experimentais foi natural. As variáveis avaliadas foram severidade das doenças (porcentagem de área foliar com sintomas típicos da doença), desfolha (%), número de legumes.planta<sup>-1</sup> (NLP), rendimento (Kg.ha<sup>-1</sup>) e massa de 1000 grãos (g).

A severidade da ferrugem asiática foi avaliada a partir de notas visuais baseadas em escala diagramática (GODOY et al., 2006). Para fins de avaliação dividiram-se visualmente as plantas da parcela em dois estratos, inferior e superior. Em cada parcela, foram avaliados quatro pontos distintos, efetuando-se a média para a posterior análise. As avaliações foram efetuadas semanalmente a partir dos primeiros sintomas.

Os dados de severidade foram utilizados para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (CAMPBELL; MADDEN, 1990). Para avaliar melhor o efeito dos tratamentos de parte aérea, foi realizada a média ponderada da AACPD dos estratos do dossel, com peso de 25% para o dossel inferior e 75% para o superior. A média ponderada foi realizada para minimizar a diferença de severidade entre o dossel superior e inferior da planta, pois a planta apresenta diferenças quanto ao ataque do patógeno, fisiologia, arquitetura e ao microclima favorável ao patógeno no dossel inferior.

O cálculo de AACPD realizado foi baseado na seguinte equação:

$$AACPD = \sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1} - T_i);$$

Y<sub>i</sub>: severidade da doença na época de avaliação i (i= 1,...,n);

Y<sub>i+1</sub>: severidade da doença na época de avaliação i + 1;

T<sub>i</sub>: época da avaliação i, que geralmente se considera o número de dias após a emergência das plantas;

T<sub>i+1</sub>: época da avaliação i + 1;

n = nº de observações;

As avaliações de desfolha foram realizadas visualmente, no início do estágio fenológico R<sub>7</sub> de cada cultivar. As avaliações foram realizadas considerando folhas e ramos de plantas presentes na área útil de cada parcela, sendo que a avaliação incluiu todas as plantas presentes na área útil.

Foram coletadas dez plantas em seqüência em cada parcela, nas quais foi determinado o número de legumes, sendo os resultados apresentados em termos de número de legumes.planta<sup>-1</sup> (NLP). O rendimento de grãos foi obtido através da colheita manual das plantas da área útil da parcela experimental e trilhadas em batedor estacionário da marca Triton<sup>®</sup>. Foram verificadas as umidades das amostras através do medidor eletrônico da marca John Deere<sup>®</sup> sendo ajustadas a 13%. O rendimento final e o volume de grãos foram pesados em balança digital, com precisão de 5g, e expressos em kg por hectare (kg.ha<sup>-1</sup>). A massa de mil grãos (MMG) foi determinado a partir de amostra de grãos tomada no momento da colheita.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o software PlotIT (Scientific Programming Enterprises, 2000).

### **3.3 Resultados e discussão**

As condições ambientais do experimento favoreceram a ferrugem asiática durante o período de condução dos experimentos. Os primeiros sintomas da doença foram verificados no tratamento controle, nos dias 14 e 20 março, nas cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR, aproximadamente no estágio R5.1 e R4, respectivamente. Acredita-se que a infecção inicial tenha ocorrido ao redor da transição entre o período vegetativo e reprodutivo, em ambas cultivares.

As temperaturas mínima e máxima durante o experimento estiveram entre 11,6 e 31,2°C, e a precipitação pluviométrica variou entre 95,7 e 202,1mm. As maiores epidemias causadas pela ferrugem asiática são observadas com temperaturas entre 15 e 28°C, seguidas de período de molhamento foliar ao redor de 10 horas (MELCHING et al., 1979).

Foi observado variação na severidade da ferrugem asiática quando foi considerado a evolução da doença em cada cultivar, nível nutricional utilizado e o tratamento aplicado na parte aérea, havendo interação significativa entre os fatores estudados ( $p < 0,0001$ ) (Tabela 4).

As cultivares apresentaram valores de AACPD significativamente diferentes entre si na maioria dos tratamentos ( $p < 0,0001$ ). A análise do tratamento testemunha (sem aplicação na parte aérea) das cultivar MSoy 8000 e Coodetec 219 RR mostrou que a primeira cultivar apresentou uma redução de 19% na AACPD (Tabela 5).

Quando foi considerado o nível nutricional utilizado na semeadura, os tratamentos  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  produziram uma redução na AACPD superior ao observado quando da aplicação isolada de  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ou  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Este resultado somente não foi verificado quando foram realizadas duas aplicações na parte aérea das plantas, em ambas cultivares, pelo tratamento fosfito de potássio (FP) + epoxiconazol + piraclostrobina.

O tratamento aplicado na parte aérea das plantas mostrou que a aplicação isolada de fosfito de potássio (FP) promoveu variação significativa na AACPD tanto na cultivar MSoy 8000 quanto da cultivar Coodetec 219 RR, similar ao observado no tratamento testemunha. Quando FP foi usado associado ao fungicida, foi observado uma melhora na eficácia do mesmo (Tabela 5).

Duas aplicações do fungicida foram significativamente superiores a uma aplicação, e a resposta foi consistente entre os diferentes níveis nutricionais e as cultivares. A AACPD sofreu redução de 82 e 89% com duas aplicações de epoxiconazol + piraclostrobina nas cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR em relação a uma aplicação do fungicida, respectivamente, considerando a média dos níveis nutricionais e dos tratamentos fungicidas adicionados ou não ao FP.

A nutrição também teve influência significativa sobre a AACPD ( $p < 0,01$ ), porém as cultivares responderam de maneira diferenciada conforme o tratamento aplicado em parte aérea. Em geral, menores valores de AACPD foram observados nos maiores níveis nutricionais ( $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $105 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $97,5 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ), enquanto a ausência de adubação resultou em valores de AACPD superiores (Tabela 5). Este dado mostra que uma fração significativa do Manejo Integrado da ferrugem asiática está relacionado aos componentes nutricionais das plantas hospedeiras, mesmo que

diferenças genéticas limitem a magnitude do benefício observado em termos de progressão da doença.

Os tratamentos com cultivares, tratamentos da parte aérea e nível nutricional utilizado na semeadura, afetaram a desfolha das plantas, tendo sido observado uma alta significância ( $p < 0,01$ ) quando da interação entre os três fatores (Tabela 4).

A desfolha do tratamento testemunha atingiu valores superiores a 90% em ambas as cultivares, independentemente do nível nutricional (Tabela 5). A cultivar Coodetec 219 RR apresentou valores de desfolha 34% maiores do que a cultivar MSoy 8000, considerando a média dos tratamentos de parte aérea, incluindo a testemunha. O fosfito de potássio (FP) aplicado isoladamente não reduziu o nível de desfolha nas duas cultivares de soja e em todos os níveis nutricionais aplicados, com exceção do tratamento com  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  na cultivar MSoy 8000, onde a desfolha foi reduzida em 13,7% com uma aplicação do composto, e em relação à testemunha.

A desfolha foi significativamente reduzida quando foi realizada uma aplicação do fungicida em R1, sendo 21,7% inferior àquela observada na testemunha, na média do fungicida com e sem FP, das cultivares e níveis nutricionais. De modo geral, a combinação de epoxiconazol + piraclostrobina com FP não apresentou diferença estatística em relação ao fungicida aplicado sozinho, e considerando o número de aplicações, duas aplicações foram mais efetivas na redução da desfolha do que uma.

**Tabela 4 – Significância da variação das médias das variáveis AACPD, desfolha, numero de legumes por planta, massa de mil grãos, e rendimento de grãos pelo teste de F obtidas de duas cultivares de soja submetidas a diferentes níveis de adubação aplicado nas sementeira e a aplicação de tratamentos na parte aérea das plantas de soja. Santa Maria, 2009.**

<b>Características agronômicas</b>	<b>Cultivar<sup>1</sup></b>	<b>Adubação<sup>2</sup></b>	<b>Tratamentos<sup>3</sup></b>	<b>Cultivar x Adubação</b>	<b>Cultivar x Tratamentos</b>	<b>Adubação x Tratamentos</b>	<b>Cultivar x Adubação x Tratamentos</b>
<b>AACPD<sup>4</sup></b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>Desfolha (%)</b>	*	*	*	*	*	*	*
<b>Número de legumes por planta<sup>5</sup></b>	*	*	ns	*	ns	ns	ns
<b>Massa de 1000 grãos (g)<sup>6</sup></b>	*	*	*	ns	*	*	ns
<b>Rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>)<sup>7</sup></b>	ns	*	*	*	*	ns	ns

\*: nível de significância de 5%

ns: não significativo.

<sup>1</sup> Msoy 8000 e CD 219;

<sup>2</sup> Nível de adubação (Tabela 2);

<sup>3</sup> Tratamentos aplicados na parte aérea (Tabela 3);

<sup>4</sup> Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença - AACPD= $\sum_{i=1}^n [(Y_{i+1}+Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1}-T_i)$ ;

<sup>5</sup> Foram considerados os dados de cultivar e níveis de adubação;

<sup>6</sup> Massa de 1000 grãos (g), foram considerados os dados de cultivar, níveis de adubação e tratamentos aplicados a parte aérea;

<sup>7</sup> Rendimento, foram considerados os dados de níveis nutricionais, tratamentos aplicados a parte aérea, bem como interações entre cultivar e níveis nutricionais e cultivares e tratamentos aplicados a parte aérea;

**Tabela 5 – Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) e desfolha (%) em duas cultivares de soja submetidas a diferentes níveis nutricionais aplicados na semeadura e à aplicação do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado ou em combinação com fosfito de potássio. Santa Maria, 2009.**

Cultivares	MSoy 8000						Coodetec 219 RR						C. V. (%)
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
<b>Adubação<sup>1</sup></b>	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
<b>Tratamento de parte aérea<sup>2</sup></b>	AACPD <sup>3</sup>												
1	142.17 Cab <sup>4</sup>	120.26 Ca	158.75 Cb	284.60 Cd	291.22 CDde	244.62 Cc	275.49 CDd	331.42 Cf	288.62 CDd	287.35 Cd	271.14 Dcd	278.97 Dd	<b>4.94</b>
2	189.74 Db	136.05 Da	180.21 Db	299.73 Cdefg	274.88 Cde	259.14 Ccd	270.22 Cd	338.47 Ch	282.33 Cdef	305.43 CDfg	320.16 Fgh	234.60 Cc	<b>4.53</b>
3	47.93 Ba	38.19 Ba	53.78 Bab	119.51 Bd	91.01 Bc	66.07 Bb	97.64 Bc	120.03 Bd	122.00 Bd	99.70 Bc	121.25 Cd	101.82 Bc	<b>7.74</b>
4	9.76 Aabcd	8.18 Aabc	9.97 Aabcd	12.98 Ade	7.67 Aab	8.43 Aabc	11.28 Abcd	19.84 Af	8.96 Aabc	11.76 Acd	9.86 Aabcd	6.35 Aa	<b>15.15</b>
5	46.47 Ba	42.33 Ba	50.51 Ba	134.74 Bg	75.71 Bb	72.96 Bb	100.22 Bc	122.27 Bef	106.29 Bcd	112.54 Bde	99.73 Bc	103.17 Bcd	<b>5.33</b>
6	15.14 Acde	14.12 Acd	11.91 Abc	19.65 Aef	17.82 Adef	12.37 Abc	13.08 Ac	20.62 Af	8.00 Aab	14.03 Acd	18.17 Adef	6.71 Aa	<b>12.67</b>
7	211.76 Eb	151.23 Ea	207.04 Eb	362.119 Eg	315.37 De	243.77 Cc	305.08 Ee	340.29 Cf	307.24 De	308.50 De	283.52 DEd	301.64 Ede	<b>3.06</b>
<b>C. V. (%)</b>	<b>5.07</b>	<b>6.73</b>	<b>4.45</b>	<b>7.85</b>	<b>7.37</b>	<b>6.73</b>	<b>3.04</b>	<b>3.15</b>	<b>5.78</b>	<b>5.34</b>	<b>4.64</b>	<b>4.48</b>	
	Desfolha (%)												
1	80.00 Da <sup>1</sup>	84.75 Ca	85.00 Da	96.50 Dbc	95.25 Dbc	91.25 Db	97.50 Dc	97.50 Cc	98.50 Cc	99.00 Cc	93.25 CDbc	97.50 Dc	<b>2.47</b>
2	86.25 DEa	86.50 Ca	87.00 Da	96.00 Dbc	95.00 Dbc	90.50 Dab	98.75 Dc	97.50 Cc	98.50 Cc	98.50 Cc	98.50 Dc	98.75 Dc	<b>2.44</b>
3	62.50 Ca	61.75 Ba	62.50 Ca	81.50 Cb	65.75 Ca	60.00 Ca	90.00 Cbc	85.75 Bbc	93.25 Bc	93.00 Bc	92.00 Cc	89.50 Bbc	<b>5.31</b>
4	30.00 Aa	33.25 Aa	33.75 Aa	49.50 Abb	36.25 Aa	31.50 Aa	72.50 Ac	79.00 ABcd	79.75 Acd	84.75 Ad	83.25 Bd	84.50 Ad	<b>4.99</b>
5	58.00 Cab	56.50 Bab	50.00 Ba	57.50 Bab	65.00 Cb	56.00 Cab	82.75 Bc	84.00 ABc	95.25 BCd	94.50 Bd	84.25 Bc	94.75 Cd	<b>5.10</b>
6	44.50 Bb	40.50 Ab	34,25 Aa	42.50 Ab	40.75 Bb	45.00 Bb	75.25 Ad	77.75 Ade	83.25 Aef	86.25 Af	69.50 Ac	86.75 Af	<b>3.66</b>
7	92.75 Ea	91.75 Ca	92.25 Da	97.50 Dbc	97.50 Dbc	95.00 Dab	97.75 Dbc	97.75 Cbc	99.50 Cc	100.00 Cc	99.00 Dc	99.25 Dc	<b>1.41</b>
<b>C. V. (%)</b>	<b>5.20</b>	<b>5.56</b>	<b>6.83</b>	<b>5.73</b>	<b>2.64</b>	<b>4.53</b>	<b>1.73</b>	<b>3.84</b>	<b>1.98</b>	<b>1.42</b>	<b>3.01</b>	<b>1.05</b>	

<sup>1</sup> Adubação: T1 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; T2 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; T3 - 97,5 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; T4 - sem adubação; T5 - 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e T6 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

<sup>2</sup> Tratamentos da parte aérea: T1 - fosfito de potássio (FP) em R1; T2 - FP em R1 e R3; T3 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1; T4 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1 e R3; T5 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1; T6 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1 + R3 e T7 - testemunha com aplicação de água.

<sup>3</sup> Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença - AACPD =  $\sum_{i=1}^n [(Y_{i+1} + Y_i) \times 0,5] \times (T_{i+1} - T_i)$ ;

<sup>4</sup> Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)..

A desfolha também foi influenciada pelo nível nutricional ao qual as cultivares foram submetidas. O elevado nível de desfolha exibido pelas plantas das parcelas testemunhas, não permitiu estatística entre os níveis nutricionais e cultivares (Tabela 5). Entretanto, foi observado que os tratamentos com 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 97,5 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, aplicados na cultivar MSoy 8000, promoveram redução significativa na desfolha desta cultivar quando comparados aos tratamentos com 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ou mesmo quando da ausência de adubação. Na cultivar Coodetec 219 RR, foi observada tendência similar, porém não houve diferença estatística entre as diferentes adubações, uma vez que o nível de desfolha da testemunha foi sempre superior a 97%.

O Número de Legumes por Planta (NLP) foi influenciado somente pelo nível nutricional ( $p < 0,0001$ ) e sua interação com as cultivares ( $p = 0,0315$ ) (Tabela 4). As cultivares não apresentaram diferença significativa no NLP na maioria dos níveis nutricionais avaliados (Figura 6). Entretanto, na ausência de adubação, o NLP foi significativamente inferior na cultivar MSoy 8000 quando comparado à Coodetec 219. Entretanto, no tratamento com 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, a cultivar Coodetec 219 apresentou menor número de legumes do que na cultivar MSoy 8000.

Em ambas as cultivares, os maiores níveis nutricionais (65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; e 97,5 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O) resultaram em maior NLP, sendo estatisticamente comparáveis entre si (Figura 6). Esses tratamentos também não apresentaram diferença significativa quando foi comparado a adubação com 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e a ausência de adubação, nas cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR, respectivamente.

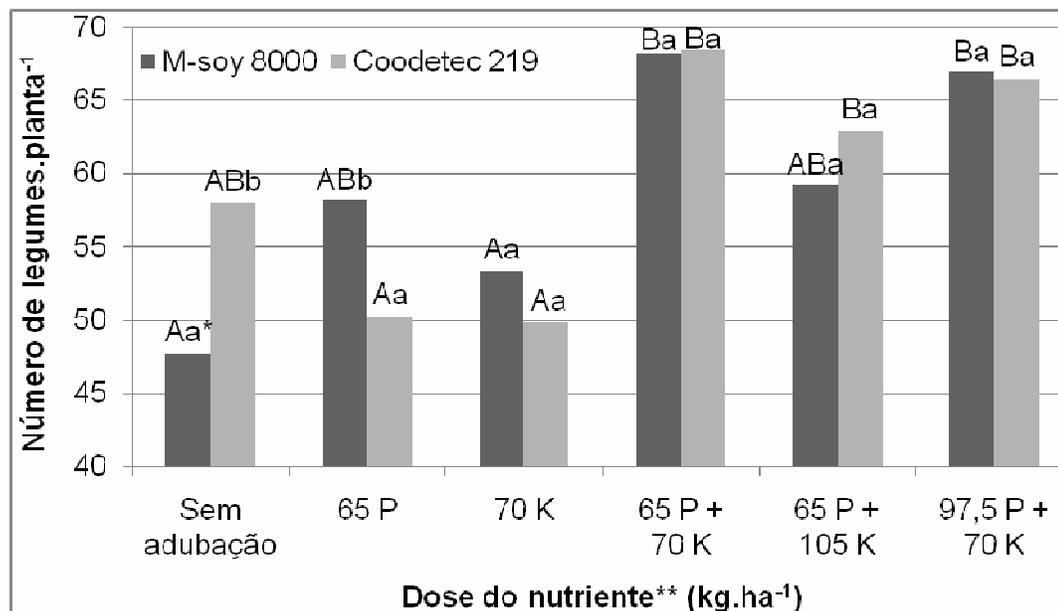


Figura 6 - Efeito de diferentes níveis nutricionais aplicados na sementeira em duas cultivares de soja sobre o número de legumes.planta<sup>-1</sup>, considerando a média de sete tratamentos aplicados na parte aérea das plantas. Santa Maria, 2009. \*Letras maiúsculas comparam as diferentes adubações, e as minúsculas as cultivares dentro de cada tratamento, onde barras seguidas de mesma letra apresentam valores estatisticamente similares entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A análise de variância mostrou efeito significativo da cultivar ( $p = 0,0003$ ), níveis de adubação ( $p < 0,0001$ ), tratamento de parte aérea ( $p < 0,0001$ ) e na interação cultivar x tratamento parte aérea ( $p < 0,0001$ ), sobre a Massa de Mil Grãos (MMG) (Tabela 4).

A cultivar Coodetec 219 RR apresentou maior MMG do que a MSoy 8000 em todos os tratamentos de parte aérea, com um incremento de 22% (Tabela 6). Os tratamentos com uma aplicação de fosfito de potássio (FP) não diferiram da testemunha, e a sua associação aos tratamentos com fungicida não resultaram em um aumento significativo na MMG. Os valores mais elevados de MMG foram observados nos tratamentos com duas aplicações de fungicida e em ambas as cultivares. No entanto, não houve diferença estatística entre uma ou duas aplicações de fungicida (com e sem FP) na cultivar Coodetec 219 RR.

Embora a MMG tenha sido significativamente influenciada pela adubação, não foi observada grande diferença entre os níveis nutricionais. Somente na ausência de adubação, a MMG foi inferior na maioria dos tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 6. Massa de mil grãos (MMG) produzidos em plantas das cultivares de soja MSoy 8000 e Coodetec 219 RR submetidas a diferentes níveis nutricionais na semente e diferentes tratamentos aplicados na parte aérea. Santa Maria, 2009.**

Tratamentos de parte aérea <sup>2</sup>	MSoy 8000						C. V. (%)
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	
1	132.88 Aabc <sup>3</sup>	139.22 Abc	142.81 Ac	129.07 Aab	126.28 Aa	131.63 Aab	<b>3.43</b>
2	137.53 Ababc	141.48 Abc	146.92 Abc	128.51 Aa	126.74 Aa	132.85 Abab	<b>4.04</b>
3	143.66 Bbc	141.10 Aabc	151.24 ABCc	136.39 Aab	130.89 Aa	141.34 Bcabc	<b>3.5</b>
4	157.44 Cab	156.56 Bab	164.92 Db	149.04 Ba	149.47 Ba	157.55 Eab	<b>3.39</b>
5	146.62 Bbc	154.38 Bcd	159.22 CDd	131.45 Aa	135.24 Aab	145.36 CDbc	<b>3.61</b>
6	158.46 Cab	161.65 Bb	161.73 CDb	150.42 Ba	151.51 Bab	153.10 Dab	<b>2.64</b>
7	132.55 Aa	133.70 Aab	156.04 BCDC	128.22 Aa	130.63 Aa	130.81 Aa	<b>2.86</b>
<b>C. V. (%)</b>	<b>3.07</b>	<b>3.02</b>	<b>3.16</b>	<b>2.99</b>	<b>3.26</b>	<b>2.56</b>	
Tratamentos de parte aérea <sup>2</sup>	Coodetec 219 RR						C. V. (%)
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	
1	176.07 Aa	178.47 Aa	153.14 Aa	156.06 Aa	171.40 Aba	171.12 Aa	<b>9.15</b>
2	171.31 Aa	163.05 Aa	160.13 Aa	157.41 Aa	154.86 Aa	165.04 Aa	<b>10.26</b>
3	184.19 Aa	187.30 Aa	187.72 Ba	170.54 Aa	176.89 Aba	181.05 Aa	<b>6.26</b>
4	178.61 Aa	180.26 Aa	181.23 Ba	172.22 Aa	202.87 Ba	181.48 Aa	<b>12.61</b>
5	183.10 Aa	179.99 Aa	168.37 Aba	175.85 Aa	185.64 Aba	160.66 Aa	<b>7.06</b>
6	190.28 Aa	186.29 Aa	185.54 Ba	177.08 Aa	193.45 Aba	184.83 Aa	<b>8.9</b>
7	177.40 A	173.16 Aa	153.45 Aa	162.91 Aa	168.94 Aba	164.51 Aa	<b>8.13</b>
<b>C. V. (%)</b>	<b>11.51</b>	<b>10.15</b>	<b>5.28</b>	<b>5.89</b>	<b>9.62</b>	<b>7.39</b>	

<sup>1</sup> Adubação: T1 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (adubação recomendada), T2 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, T3 - 97,5 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, T4 - sem adubação, T5 - 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e T6 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

<sup>2</sup> Tratamentos aplicados na parte aérea: T1 - fosfito de potássio (FP) em R1, T2 - FP em R1 e R3, T3 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1, T4 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1 e R3, T5 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1, T6 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1 + R3 e T7 - testemunha com aplicação de água.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Os tratamentos aplicados na parte aérea (p <0,0001), níveis de adubação utilizados na semente (p <0,0001), bem como a interação cultivar x tratamento de parte aérea (p <0,0001) e cultivar x nível nutricional (p = 0,0003), tiveram influência significativa sobre o rendimento de grãos de soja (p<0,01) (Tabela 4).

Nos tratamentos de parte aérea, as cultivares não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 7). O rendimento de grãos não foi afetado pela aplicação de FP, além de não ter favorecido o desempenho do fungicida. Apenas quando comparado o tratamento testemunha em relação a duas aplicações de FP, e o fungicida aplicado em R1 e R3 com e sem FP, verifica-se um incremento de 83 e de 162 kg.ha<sup>-1</sup> nos tratamentos com FP, respectivamente.

Os tratamentos com duas aplicações de fungicida corresponderam as maiores médias de rendimento de grãos, diferenciando-se estatisticamente dos

demais tratamentos no caso da cultivar MSoy 8000. Na cultivar Coodetec 219 RR, tendência similar foi mantida em quase todos os níveis nutricionais aplicados na semeadura.

Os níveis nutricionais aplicados na semeadura foram significativamente diferentes entre si, principalmente na cultivar MSoy 8000, onde as diferenças foram mais significativas (Tabela 7). Os níveis nutricionais mais elevados ( $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $105 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ; e  $97,5 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ) resultaram no maior rendimento de grãos em relação aos níveis nutricionais de  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  ou na ausência de adubação.

Os resultados também evidenciaram uma consistente e distinta resposta, por parte das cultivares, em relação ao aumento no suprimento nutricional de P e K, quando os nutrientes foram analisados individualmente.

Na cultivar Coodetec 219 RR, foi observada grande resposta no rendimento de grãos quando o nível nutricional passou de zero (sem adubação) para  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , nível que, inclusive, não se diferenciou dos melhores tratamentos. Para a cultivar MSoy 8000, houve maior resposta devido ao P. Neste caso, quando foi analisado somente o efeito dos níveis  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ; e sem adubação, foi verificado que o maior rendimento de grãos este ligado a presença de P. Esta mesma tendência pode ser observada quando foram considerados os níveis de adubação de  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $105 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ; e  $97,5 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

**Tabela 7. Rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) nas cultivares de soja MSoy 8000 e Coodetec 219 RR submetidas a diferentes níveis nutricionais aplicados na semeadura e a tratamentos aplicados na parte aérea das plantas. Santa Maria, 2009.**

Tratamentos de parte aérea <sup>2</sup>	MSoy 8000						C. V. (%)
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	
1	2411,78 Abcd <sup>3</sup>	2286,92 Ac	2696,83 ABCd	1634,57 Abab	1537,24 Aa	1954,69 Ab	<b>6,69</b>
2	2431,6 Abc	2629,59 BCc	2668,81 Ac	1473,86 Aa	1680,58 Abab	1893,14 Ab	<b>7,77</b>
3	2515,81 Abbc	2500,14 Abb	2933,93 ABCd	1984,14 Cda	2029,32 ABCa	2176,97 Abab	<b>6,78</b>
4	2882,11 Bb	2981,13 Db	3072,46 BCb	2248,08 Fa	2234,17 Ca	2628,37 Bab	<b>7,25</b>
5	2680,74 Abbc	2741,27 BCDc	2945,93 ABCc	1800,35 Bca	1823 ABCa	2200,39 Abab	<b>9,06</b>
6	2897,38 Bcd	2855,92 CDcd	3174,48 Cd	2027,09 Dea	2174,85 Bcab	2603,74 Bbc	<b>7,47</b>
7	2276,68 Aab	2579,34 ABCb	2573,93 Ab	2248,08 Fa	1894,2 ABCa	1929,95 Aa	
<b>C. V. (%)</b>	<b>8,01</b>	<b>5,31</b>	<b>5,95</b>	<b>4,24</b>	<b>11,17</b>	<b>12,42</b>	
Tratamentos de parte aérea <sup>2</sup>	Coodetec 219 RR						C. V. (%)
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	
1	1789,95 Aab	1791,81 Aab	1889,95 Aab	1540,79 Aa	2064,45 Abb	1608,29 Aba	<b>10,74</b>
2	2048,09 Abb	1870,96 Abab	1875,17 Aab	1671,5 Cab	2152,24 Abb	1466,62 Aa	<b>13,09</b>
3	2519,11 Bcab	2626,21 BCb	2228,24 Abab	2110,15 Bcab	2700,01 ABCb	1744,82 Aba	<b>15,22</b>
4	2795,13 Cab	2689,13 Cab	2822 Bab	2263,53 Ca	3018,28 Cb	2148,65 Ba	<b>11,64</b>
5	2506,79 BCb	2672,54 Cb	2280,05 Abab	1935,57 ABCa	2666,26 ABCb	1776,58 Aba	<b>10,71</b>
6	2633,64 Ca	2693,32 Ca	2216,89 Aba	2207,99 Ca	2831,9 Bca	2178,6 Ba	<b>13,52</b>
7	1751,96 Aa	1874,42 Aba	1739,89 Aa	1736,68 Aba	2014,03 Aa	1467,91 Aa	<b>15,72</b>
<b>C. V. (%)</b>	<b>10,14</b>	<b>13,91</b>	<b>15,68</b>	<b>9,85</b>	<b>13,3</b>	<b>16,19</b>	

<sup>1</sup> Adubação: T1 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (adubação recomendada), T2 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 105 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, T3 - 97,5 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, T4 - sem adubação, T5 - 70 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e T6 - 65 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

<sup>2</sup> Tratamentos da parte aérea: T1 - fosfito de potássio (FP) em R1, T2 - FP em R1 e R3, T3 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1, T4 - epoxiconazol + piraclostrobina + FP em R1 e R3, T5 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1, T6 - epoxiconazol + piraclostrobina em R1 + R3 e T7 - testemunha com aplicação de água.

<sup>3</sup> Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Os componentes do rendimento, bem como o rendimento de grãos, não foram influenciados pela aplicação isolada de fosfito de fósforo (FP) e, da mesma forma que para a AACPD e desfolha, o FP não beneficiou o fungicida. Esses dados estão de acordo com estudos conduzidos previamente, que também demonstraram que, embora o FP tenha reduzido a severidade da ferrugem asiática, não foi observada diferença na massa de grãos e na produtividade da soja entre as parcelas com e sem FP (OLIVEIRA, 2007; NEVES, 2006).

O nível nutricional ao qual as cultivares foram submetidas interferiu nos componentes do rendimento e rendimento de grãos da soja, e a resposta foi diferenciada entre elas. Tanto para o NLP quanto para a MMG, os maiores valores foram observados nos níveis nutricionais com  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $65 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $105 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $97,5 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  +  $70 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ . Embora para o rendimento de grãos essa mesma tendência tenha sido mantida, o efeito isolado de P e K assume grande importância na comparação entre os diferentes genótipos estudados. Foi observado que a cultivar MSoy 8000 foi mais responsiva à adubação com P, enquanto a adubação isolada com K resultou em um maior rendimento de grãos na cultivar Coodetec 219 RR. Este resultado pode ser um indicativo de variações na capacidade de absorção desses nutrientes entre as cultivares avaliadas.

Grandes diferenças podem ser encontradas entre genótipos no que tange à absorção de nutrientes. Muitas delas, embora estejam sob controle genético, podem ter sua expressão alterada pelo ambiente, e essas diferenças genotípicas ajudam a explicar adaptações das plantas a estresses nutricionais (CLARK, 1983). Os dados deste experimento mostraram que, na ausência de adubação, não ocorreu diferença no rendimento de grãos entre as cultivares. Estudos prévios têm demonstrado que, sob baixos níveis de K, por exemplo, a absorção do nutriente é similar entre genótipos, enquanto que, sob níveis elevados, diferenças de até duas vezes foram observadas (RAPER; BARBER, 1970). A avaliação da capacidade de absorção de P também tem mostrado diferenças entre genótipos de soja (WANG et al., 2004). Segundo os autores, tais diferenças foram associadas a uma maior densidade de pêlos radiculares e comprimento de pêlos por unidade radicular (mas menor média de comprimento de pêlos radiculares) no genótipo mais eficiente na absorção de P comparado ao menos eficiente. Novos estudos avaliando tais parâmetros podem auxiliar a caracterizar a variação inter-genotípica verificada no presente ensaio.

### 3.4 Conclusão

Os resultados apresentados sugerem que a aplicação de fosfito de potássio no período reprodutivo da cultura da soja, com o intuito tanto de controlar a ferrugem asiática, como melhorar a atuação do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina, não se mostrou eficaz. Provavelmente, subprodutos originados da aplicação de fosfito de potássio tiveram sua expressão encoberta pelos fatores nutricionais. A utilização combinada de fósforo e potássio na semeadura das cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR propiciou maior benefício do que aquele que individualmente o fosfito de potássio pudesse produzir. Entretanto, quando o fosfito foi adicionado ao fungicida e em duas aplicações, a eficácia de controle manteve-se variável em relação a cultivar e ao nível nutricional de base utilizado, indicando que em situações diversas pode propiciar um benefício.

## 4 CONCLUSÕES GERAIS

O fosfito aplicado de forma isolada não foi capaz de reduzir a severidade nas plantas de soja contra *P. pachyrhizi*, independentemente da cultivar utilizada e não favoreceu a ação dos fungicidas aplicados de forma conjunta.

O fosfito de potássio adicionado ao fungicida epoxiconazole + piraclostrobina e em duas aplicações, a eficácia de controle manteve-se variável, e em situações diversas pode propiciar um benefício.

As cultivares MSoy 8000 e Coodetec 219 RR apresentaram respostas diferentes em relação ao suprimento nutricional de P e K. Dessa forma, o conhecimento das expressões genotípicas quanto a níveis nutricionais pode permitir a utilização de forma adequada em programas de manejo integrado da ferrugem asiática.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5<sup>th</sup> ed. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.

ARIAS, C. A. A. et al. Inheritance of resistance of soybean to rust (*Phakospora pachyrhizi* Sidow). In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Foz do Iguaçu, 2004. p.100.

AZEVEDO, L. A. S. et al. **Programa Syntinela**: monitoramento da dispersão de *Phakopsora pachyrhizi* e alerta contra a ferrugem asiática da soja. Campinas: Emopi, 2004. 24 p. (Boletim técnico).

BALARDIN, R. S. et al. Influência do fósforo e potássio na severidade da ferrugem da soja *Phakopsora pachyrhizi*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 5, p. 462-467, set./out. 2006.

BALARDIN, R. S.; GIORDANI, R. F. **Controle de oídio e doenças de final e ciclo na cultura da soja**. Santa Maria: O autor, 2001. 57 p.

BONDE, M. R. et al. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomia* isolates. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 90, n. 6, p. 708-716, Jun. 2006.

CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2005, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba, 2005. 871 p. p. 261-274.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Wiley, 1990. 532 p.

CAVALCANTI, L. S. et al. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 263 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 13).

CHALUVARAJU, G. et al. Effect of some phosphorous-based compounds on control of pearl millet downy mildew disease. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 23, n. 7, p. 595-600, Jul. 2004.

CLARK, R. B. Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 72, n. 2-3, p. 175-196, Jun. 1983.

COLHOUM, J. Effects of environmental factors on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Saint Paul, v. 11, n. 1, p. 343-364, Sept. 1973.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO (CQFS RS/SC). **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 2004. 400 p.

CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos: intenção de plantio, primeiro levantamento, outubro 2008. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília, Conab, 2008. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 22 jan. 2009.

COSTA, J. A. **Cultura da soja**. Porto Alegre: Evangraf, 1996. 223 p.

CUNHA, G.R. et al. Cartas de perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 52p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 1).

DALLAGNOL, L. J.; BALARDIN, R. S.; UGALDE, M. G. Reação de cultivares de soja a ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). In: **Jornada Acadêmica Integrada**, 19., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. 1 CD-Rom.

DEBONA, D. et al. Efeito de níveis de cálcio e sombreamento em plantas de soja sobre a infecção por *Phakopsora pachyrhizi*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 388-389, set./out. 2008.

DIAS, L. E. et al. Availability of phosphorus in a Brazilian Oxisol cultivated with eucalyptus after nine years as influenced by phosphorus-fertilizer source, rate, and placement. **Communications in soil science and plant analysis**, New York, v.31, n. 7-8, p.837-847, Apr. 2000.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja: Região Central do Brasil** 2004. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 237 p. (Sistema de produção 4).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Custo ferrugem asiática da soja**. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net>>. Acesso em: 10 de junho de 2008.

ENGBLOM, S. O. Determination of inorganic phosphate in a soil extract using a cobalt electrode. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.206, n. 2, p.173-179, Sep. 1999.

ENGBLOM, S. O. The phosphate sensor. **Biosensors and Bioelectronics**, Essex, v. 13, n. 9, p. 981-994, Oct. 1998.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, FAEPE, 2005. 183 p.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: Cooperative Extension Service, Agricultural and Home Economics Experiment Station; Iowa State University, Ames. 1977. 9 p. (Special Report 80).

GISI, U. Synergistic interaction of fungicides in mixtures. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 86, n. 11, p. 1273–1279, Nov. 1996.

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. 063-068, fev. 2006.

GODOY, C. V.; CANTERI, M. G. Efeitos protetor, curativo e erradicante 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, jan./fev. 2004.

GRAHAM, R. D. Effects of nutrient stress on susceptibility of plants to disease with particular reference to the trace elements. **Advances in Botanical Research**, London, v. 10, p. 221-276, Jan./Dez. 1983.

GUEST, D.; GRANT, B. The complex action of phosphonates as antifungal agents. **Biological Review**, Victoria, v. 66, n. 2, p. 159-187, Feb. 1991.

HARTMAN, G. L.; WANG, T. C.; TSCHANZ, A. T. Soybean rust development and the quantitative relationship between rust severity and soybean yield. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, n. 6, p.596-600, Jun. 1991.

HARTMAN, G. L. et. al. Variation of *Phakopsora pachyrhizi* isolates on soybean. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING, 4.; UTILIZATION CONFERENCE; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 30., 2004. Londrina. **Anais...** Londrina: CNPSo, 2004.

HOMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais...** Piracicaba, 2005. 871 p. p. 301-319.

HUBER, D. M. Papeis do nitrogênio e enxofre na resistência a doenças de plantas. In: SIMPOSIO SOBRE RELAÇÕES ENTRE NUTRIÇÃO MINERAL E INCIDENCIA DE DOENÇAS DE PLANTAS, 2005, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Potafos, 2005. 1 CD. ROM

JACKSON, T. J. et al. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. **Plant Pathology**, Oxford, v.49, n. 01, p. 147-154, Jan./Mar. 2000.

KAWUKI, R. S.; TUKAMUHABWA, P.; ADIPALA, E. Soybean rust severity, rate of rust development, and tolerance as influenced by maturity period and season. **Crop Protection**, Amsterdam, v.23, n. 5, p.447-455, May 2004.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. Fertilizer use and plant health. In: COLLOQUIUM OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE, 12., 1976. **Proceedings...** [ S.I.:S.n.] 1976. p. 33-46.

LIMA, L. M. **Manejo da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) com fungicidas e silício.** 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

MADALOSSO, M. G. **Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow.** 2007. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** 2<sup>nd</sup> ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, J. A. S. **Caracteres epidemiológicos e uso da análise de agrupamento para resistência parcial à ferrugem da soja.** 2006. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MATTHEE, F. N.; DAINES, R. H. The influence of nutrition on susceptibility of peach foliage to water congestion and infection by *Xanthomonas pruni*. **Phytopathology**, Saint Paul, v.59, n.3, p.285-287, Apr. 1969.

MELCHING, J. S.; BROMFIELD, K. R.; KINGSOLVER, C. H. Infection, colonization, and uredospore production on wayne soybean by four cultures of *Phakopsora pachyrhizi*, the cause of Soybean Rust. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, p. 1262-1265, 1979.

MILES, M. R. et. al. International fungicide efficacy trials for the management of soybean rust. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 91, n. 11, p. 1450-1458, Nov. 2007.

NAVARINI, L. et. al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 182-186, abr.2007.

NEVES, J. S. **Influência da aplicação de fosfito de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja.** 2006. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília.

NOJOSA, G. B. de A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A. V. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L.; et al. (Eds.). **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos.** Piracicaba: FEALQ, 2005. 263 p.

OLIVEIRA, A. F. **Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de tebuconazole.** 2007. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

OLIVEIRA, A. C. B. de; GODOY, C. V.; MARTINS, M. C. Avaliação da tolerância de cultivares de soja à ferrugem asiática no Oeste da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 6, p. 658-662, nov./dez. 2005.

PANICKER, S; GANGADHARAN, K. Controlling downy mildew of maize caused by *Peronosclerospora sorghi* by foliar sprays of phosphonic acid compounds. **Crop Protection**, Amsterdam, v.18, n. 2, p. 115-118, Mar. 1999

PEREZ, V. et. al. Enhanced secretion of elicitors by *Phytophthora* fungi exposed to phosphonate. **Cryptogamie Mycologie**, Paris, v. 16, n. 3, p. 191-194, Sept. 1995.

RAIJ, B. V. **Potássio: necessidade e uso na agricultura moderna.** Tradução de Bernardo Van Raij. Piracicaba: POTAFOS, 1990. 45 p.

RAPER, C. D. Jr.; BARBER, S. A. Rooting system of soybeans. II. Physiological effectiveness as nutrient absorption surfaces. **Agronomy Journal**, Madison, v. 62, p. 585-588, Sept./Oct. 1970.

REIS, E. F. dos. et. al. Controle químico da ferrugem-asiática-da-soja na região Sul do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p.319-323, jul./set. 2007.

REIS, E. M.; BRESOLIN, A. C. R.; CARMONA, M. **Doenças da soja I: Ferrugem asiática.** Passo Fundo: UPF, 2006, 48 p.

RESENDE, M. L. V. et. al. Induction of resistance in cocoa against *Crinipellis pernicioso* and *Verticillium dahliae* by acibenzolar-S-methyl (ASM). **Plant Pathology**, Washington, v.51, n. 5, p.621-628, Oct. 2002.

REUNIÃO DA PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO SUL. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 1. ed. Santa Maria: Orion, 2007.

REUVENI, R.; AGAPOV, V.; REUVENI, M. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systemic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. **Plant Pathology**, Oxford, v. 43, n. 2, p. 245-250, Apr. 1994.

REUVENI, M.; AGAPOV, V.; REUVENI, R. Controlling powdery mildew caused by *Sphaerotheca fuliginea* in cucumber by foliar sprays of phosphate and potassium salts. **Crop Protection**, Amsterdam, v.15, n. 1, p. 49-53, Feb. 1996.

REUVENI, M.; HARPAZ, M. ; REUVENI, R. Integrated control of powdery mildew on field-grown mango trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer, sterol inhibitor fungicides and the strobilurin Kresoxym-methyl. **European Journal of Plant Pathology**, Amsterdam, v. 104, n. 9, p. 853–860, Dec. 1998.

REUVENI, M.; OPPENHEIM, D.; REUVENI, R. Integrated control of powdery mildew on apple trees by foliar sprays of mono-potassium phosphate fertilizer and sterol inhibiting fungicides. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 17, n. 7, p. 563-568, Sept. 1998.

REUVENI, M.; REUVENI, R. Efficacy of foliar sprays of phosphates in controlling powdery mildews in field-grown nectarine, mango trees and grapevines. **Crop Protection**, Amsterdam, v. 14, n. 4, p. 311-314, Jun, 1995.

RIBEIRO JÚNIOR, P. M. et. al. Fosfito de potássio na indução de resistência a *Verticillium dahliae* Kleb., em mudas de cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 4, p. 629-636, jul./ago. 2006.

ROSOLEM, C. A. Adubação foliar. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.419-449.

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

SINCLAIR, J. B. Powdery mildew. In: HARTMAN, G. L., SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. COMPENDIUM OF SOYBEAN DISEASES. 4. ed. Saint Paul: American Phytopathological Society Press, 1999.

SMILLIE, R. H.; GRANT, B. R.; GUEST, D. I. The mode of action of phosphite: Evidence for both direct and indirect modes of action on three species of *Phytophthora* in plants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 79, n. 9, p. 921-926, Oct. 1989.

SÔNEGO, O. R.; GARRIDO, L. da R.; CZERMAINSKI, A. B. C. **Avaliação do fosfito de potássio no controle do míldio da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 2003. 14 p. (Embrapa-CNPUV, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 11).

STADNIK, M. J; TALAMINI, V. **Manejo ecológico de doenças de plantas**. Florianópolis: UFSC, 2004. 293 p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja; Planaltina: Embrapa Cerrados; Campinas: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. (Embrapa Soja. Sistema de Produção, 12).

UGALDE, M. G. **Controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja**. 2005. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

YORINORI, J. T. Riscos de surgimento de novas doenças na cultura da soja. In: CONGRESSO DE TECNOLOGIA E COMPETIVIDADE DA SOJA NO MERCADO GLOBAL, 1., 2000, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: [s.n.], 2000. p. 165-169.

YORINORI, J. T.; YORINORI, M. A.; GODOY, C. V. Seleção de cultivares de soja resistentes à ferrugem “asiática” (*Phakopsora pachyrhizi*). In: Reunião Sul de Soja da Região Sul, 30., 2002, Cruz Alta. **Anais...** Cruz Alta, 2002. p.94.

YORINORI, J. T., WILFRIDO, M. P. **Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sydow**. Londrina : Embrapa, 2002. (Folder).

WANG, L. et al. Genetic variability for root hair traits as related to phosphorus status in soybean. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 261, p. 77-84, 2004.

ZANCANARO, L. **Nutrição e adubação**. Rondonópolis: Fundação MT, 2004. p. 178-216. (Boletim, 8).

## **ANEXOS**

---

**Anexo 1 - Estádios vegetativos e reprodutivos da soja, de acordo com Fehr & Caviness (1977).  
Santa Maria, RS. 2009.**

Estádios Vegetativos	Estádios Reprodutivos
VE – Emergência	R <sub>1</sub> – Início do florescimento
VC – Cotilédone	R <sub>2</sub> – Pleno florescimento
V <sub>1</sub> – Primeiro nó	R <sub>3</sub> – Início da formação das vagens
V <sub>2</sub> – Segundo nó	R <sub>4</sub> – Plena formação das vagens
V <sub>3</sub> – Terceiro nó	R <sub>5</sub> – Início do enchimento das sementes
*	R <sub>6</sub> – Pleno enchimento das vagens
*	R <sub>7</sub> – Início da maturação
V (n) – Enéssimo nó	R <sub>8</sub> – Maturação plena

<sup>1</sup> Este sistema identifica exatamente os estádios da planta de soja. Porém, nem todas as plantas em um dado campo estarão no mesmo estágio ao mesmo tempo. Quando se divide em estádios um campo de soja, cada estágio específico V ou R é definido somente quando 50% ou mais das plantas no campo estão nele ou entre aquele estágio.

**Anexo 2 - Características dos estádios reprodutivos da soja. Santa Maria, RS. 2009.**

Estádios	Especificação
R <sub>1</sub>	Uma flor aberta em qualquer nó sobre a haste principal.
R <sub>2</sub>	Flores abertas em um dos dois nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R <sub>3</sub>	Vagem com 5 mm de tamanho em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R <sub>4</sub>	Vagem com 2 cm de comprimento em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R <sub>5</sub>	Semente com 3 mm de tamanho em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida.
	Rápido desenvolvimento de vagens e de sementes com grãos de 3, 5, 7, 8, 10, 11 mm de tamanho.
R <sub>5.1</sub>	Grãos com início de formação (perceptíveis ao tato) a 10% da granação.
R <sub>5.2</sub>	Maioria das vagens com mais de 10% e até 25% de granação.
R <sub>5.3</sub>	Maioria das vagens com mais de 25% e até 50% de granação.
R <sub>5.4</sub>	Maioria das vagens com mais de 50% e até 75% de granação.
R <sub>5.5</sub>	Maioria das vagens com mais de 75% de granação.
R <sub>6</sub>	Vagem contendo sementes verdes que preenchem totalmente a cavidade da vagem localizada em um dos quatro nós superiores da haste principal com folha completamente desenvolvida.
R <sub>7</sub>	Uma vagem normal na haste principal que tenha atingido a cor de vagem madura, normalmente marrom ou palha, dependendo do cultivar.
R <sub>8</sub>	95% das vagens apresentam-se maduras. São necessários de 5 a 10 dias de clima seco após R <sub>8</sub> para que a soja atinja menos de 15% de umidade.

Fonte: How A Soybean Develops – POTAFOS.

Os valores de R<sub>5.1</sub>; R<sub>5.2</sub>; R<sub>5.3</sub>; R<sub>5.4</sub> e R<sub>5.5</sub>, foram retirados de Yorinori (1992) adaptada de Ritchie & Thompson (1982).

## **APÊNDICES**

---

Apêndice 1 - Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no primeiro ensaio. Santa Maria, 2009.

<b>Causas de variação</b>	<b>GL</b>	<b>Pústulas.cm<sup>-2</sup></b>	<b>AACPD</b>
Repetição	3	3220,87	20383,65*
Cultivar (A)	9	32176,01*	576847,12*
Fosfito (B)	2	0,00	0,00
AB	18	0,00	0,00
Erro	90	1469,68	202,43

\*Significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

Apêndice 2 - Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no segundo ensaio. Santa Maria, 2009.

<b>Causas de variação</b>	<b>GL</b>	<b>AACPD</b>
Repetição	3	46348,84*
Fungicida (A)	2	13723000,72*
Fosfito (B)	1	2269,68
AB	2	931,72
Época de aplicação (C)	6	1907838,17*
AC	12	472741,49*
BC	6	133,34
ABC	12	789,95
Erro	123	327,16

\*Significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).

Apêndice 3 - Efeito do fosfito de potássio e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado e associado ao fosfito de potássio em aplicações realizadas no estágio R1 ou R1 e R3, na média dos seis níveis nutricionais sobre o rendimento de grãos (Kg.ha<sup>-1</sup>) de soja. Santa Maria, 2009.

	<b>Tratamento</b>	<b>Estádio de aplicação</b>	<b>Cultivar</b>		<b>C. V. (%)</b>
			<b>MSoy 8000</b>	<b>Coodetec 219</b>	
1	<b>Fosfito de Potássio</b>	R <sub>1</sub>	2087,00 Aa*	1780,87 Aa	<b>17,36</b>
2	<b>Fosfito de Potássio</b>	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	2129,60 Aa	1847,43 Aa	<b>18,26</b>
3	<b>Fosfito de Potássio + Epoxiconazol + Piraclostrobina</b>	R <sub>1</sub>	2356,72 Ba	2321,42 Ba	<b>14,55</b>
4	<b>Fosfito de Potássio + Epoxiconazol + Piraclostrobina</b>	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	2674,39 Ca	2622,79 Ca	<b>11,85</b>
5	<b>Epoxiconazol + Piraclostrobina</b>	R <sub>1</sub>	2365,28 Ba	2306,30 Ba	<b>15,83</b>
6	<b>Epoxiconazol + Piraclostrobina</b>	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	2622,25 Ca	2460,39 BCa	<b>15,25</b>
7	<b>Testemunha</b>		2184,91 ABb	1764,15 Aa	<b>13,20</b>
	<b>C. V. (%)</b>		<b>4,70</b>	<b>6,12</b>	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Apêndice 4 - Efeito de diferentes níveis nutricionais sobre o rendimento de grãos (kg.ha<sup>-1</sup>) de soja, na média dos tratamentos de parte aérea. Santa Maria, 2009.**

	Adubação	Cultivar		C. V. (%)
		MSoy 8000	Coodetec 219	
1	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O (adubação recomendada)	2585,16 Ca*	2292,10 BCa	6,65
2	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 105 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	2653,47 CDb	2316,91 BCa	9,42
3	97,5 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	2866,62 Eb	2150,31 Ba	6,37
4	Sem adubação	1854,54 Aa	1923,74 Aa	4,52
5	70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	1910,48 Aa	2492,45 Cb	7,77
6	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2204,13 Bb	1770,21 Aa	1,77
	C. V. (%)	4,70	6,12	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

**Apêndice 5 - Efeito do fosfito de potássio e do fungicida epoxiconazol + piraclostrobina isolado e associado ao fosfito de potássio em aplicações realizadas no estádio R1 ou R1 e R3 sobre a massa de mil grãos (g) de duas cultivares de soja, considerando a média dos seis níveis nutricionais. Santa Maria, 2009.**

	Tratamento	Estádio de aplicação	Cultivar		C. V. (%)
			MSoy 8000	Coodetec 219	
1	Fosfito de Potássio	R <sub>1</sub>	133,65 Aa*	167,71 ABb	6,21
2	Fosfito de Potássio	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	135,67 ABa	161,97 Ab	3,65
3	Fosfito de Potássio + Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub>	140,77 BCa	181,29 Cb	2,15
4	Fosfito de Potássio + Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	155,83 Da	182,78 Cb	5,54
5	Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub>	145,38 Ca	175,61 BCb	7,20
6	Epoxiconazol + Piraclostrobina	R <sub>1</sub> + R <sub>3</sub>	156,15 Da	186,25 Cb	2,78
7	Testemunha		135,33 ABa	166,73 ABb	8,01
	C. V. (%)		2,46	4,00	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

**Apêndice 6 - Efeito de seis níveis nutricionais sobre a massa de mil grãos (g) de soja, na média dos tratamentos de parte aérea. Santa Maria, 2009.**

	Níveis nutricionais	Cultivar		C. V. (%)
		MSoy 8000	Coodetec 219	
1	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O (adubação recomendada)	144,17 Ca*	180,14 Bb	3,53
2	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 105 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	146,87 CDa	178,36 ABb	4,28
3	97,5 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	154,70 Ea	169,94 ABb	5,36
4	Sem adubação	136,16 ABa	167,44 Ab	3,31
5	70 kg.ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	135,83 Aa	179,15 Bb	3,79
6	65 kg.ha <sup>-1</sup> de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	141,81 BCa	172,67 ABb	3,91
	C. V. (%)	2,46	4,00	

\* Médias seguidas de mesma letra, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas, não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

**Apêndice 7 - Valores dos quadrados médios para as variáveis avaliadas no ensaio de campo. Santa Maria, 2009.**

<b>Causas de variação</b>	<b>GL</b>	<b>AACPD</b>	<b>Desfolha</b>	<b>Massa de mil grãos</b>	<b>Número de legumes.planta<sup>-1</sup></b>	<b>Rendimento</b>
Repetição	3	357,76	24,63	90,11	33,96	15057,29
Cultivar (A)	1	141846,38*	44712,43*	82625,12*	10,26	2972457,12
Erro	3	259,61	3,79	195,53	646,78	401118,00
Tratamentos de parte aérea (B)	6	657975,26*	12418,06*	3981,48*	48,26	4025331,11*
AB	6	12277,64*	3169,67*	278,13	235,26	272505,79*
Adubação (C)	5	18719,24*	451,17*	1021,79*	2252,90*	4024588,45*
AC	5	29425,13*	242,94*	1188,37*	407,50*	2888788,48*
BC	30	2050,09*	45,54*	96,48	179,74	57521,44
ABC	30	3523,44*	65,64*	148,33	150,26	60954,80
Erro	246	62,86	8,66	136,39	160,67	61380,17

\*Significativo pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ).