

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGRONOMIA

SALVADOR ANTONIO SARTO

**UTILIZAÇÃO DO COLETOR DE UREDÓSPOROS COMO INDICADOR DO
MOMENTO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA**

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM AGRONOMIA

SALVADOR ANTONIO SARTO

UTILIZAÇÃO DO COLETOR DE UREDÓSPOROS COMO INDICADOR DO
MOMENTO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada a Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Barbosa Duarte Junior

Marechal Cândido Rondon

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO

SALVADOR ANTONIO SARTO

UTILIZAÇÃO DO COLETOR DE UREDÓSPOROS COMO INDICADOR DO
MOMENTO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DA
FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

Dissertação apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de Mestrado da
Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Marechal Cândido Rondon, ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Aos meus pais Ângelo Sarto e Margarida Calderon Sarto (*in memoriam*). Ao meu irmão Ângelo Sarto Filho pelo apoio e dedicação e companheirismo durante os anos que dediquei na educação. A minha esposa Janice Mansano Sarto pelo apoio, força, dedicação e por ter assumido muitas das tarefas de pai durante a realização do mestrado. Em especial aos meus dois filhos Marcos Vinicius e Marcella Paula, razão de todos os meus objetivos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE pela excelência academia externada pelos seus mestres e colaboradores.

À coordenação do Curso de Pós-graduação em Agronomia – PPGA.

Ao professor Dr. José Barbosa Duarte Junior, pelo apoio, incentivo, paciência e pela orientação ao longo da execução deste trabalho.

Aos meus co-orientadores, o professor Dr. José Renato Stangarlin e Dr. Odair José Kuhn pelo apoio e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Seiji Igarashi da UEL, por ter cedido o coletor de uredósporos.

Ao meu filho Marcos Vinicius M. Sarto pela ajuda e pela presença em todos os momentos da execução deste trabalho.

Ao Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER que desempenha uma missão nobre junto à sociedade em apoio ao Agricultor Familiar e por ter permitido a minha realização do curso de mestrado.

Ao colega e gerente regional do EMATER Roberto Carlos Guimarães pelo seu apoio, compreensão e espírito solidário. E a colega da unidade municipal de Goioerê Silmara Aparecida Scheifer Basaglia pelo seu apoio e companheirismo.

Aos colegas de mestrado e novos amigos com quem realizei trabalhos e com os quais convivi durante os dois anos do curso, em especial a mestranda Maria Cristina Rottili.

A todos os professores do Curso de Mestrado em Agronomia, pelos ensinamentos e dedicação com sua profissão.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Ao agricultor, Luiz Antonio que cedeu sua área para a execução dos experimentos.

UTILIZAÇÃO DO COLETOR DE UREDÓSPOROS COMO INDICADOR DO MOMENTO DA APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS PARA CONTROLE DA FERRUGEM ASIÁTICA NA CULTURA DA SOJA

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar qual o melhor estágio fenológico na cultura da soja para realizar aplicação de fungicida, visando o controle da ferrugem asiática, tendo por base a presença ou não de uredósporos no coletor de esporos. O delineamento experimental utilizado para os experimentos conduzidos foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos foram os seguintes: no primeiro experimento com o coletor de uredósporos indicando o momento da aplicação em R₁ (T - 1), R₂ (T - 2), R₃ (T - 3), R₄ (T - 4), R₅ (T - 5), R₆ (T - 6), T - 7 (sem controle) e T - 8 (com controle total); no segundo experimento foi aplicado fungicida nas mesmas épocas do experimento 1, porém sem considerar o coletor como indicador do momento de aplicação desse produto na soja. O fungicida aplicado foi o azoxystrobina + cyproconazole na dose de 0,3 L ha⁻¹ em 200 L ha⁻¹ de volume de calda, com o auxílio de pulverizador pressurizado com CO₂ e equipado com pontas do tipo leque 110.02 LD. A realização da análise conjunta indicou que para as características agrônômicas, número de plantas por área, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de 100 grãos não houve diferença significativa (P<0,05) em função da utilização ou não do coletor, bem como em relação às diferentes épocas de aplicação de azoxystrobina + cyproconazole. No entanto, com relação à produtividade de grãos observou-se que quando foi aplicado o fungicida no estágio fenológico R₆ houve aumento de aproximadamente de 22% em relação à aplicação em R₅, mas não diferiu estatisticamente dos estádios R₂ e R₄. Para incidência e severidade da doença o uso de coletor indicou o melhor momento da aplicação de fungicida no estágio fenológico R₅, proporcionando menor área abaixo da curva do progresso da doença.

Termos para indexação: *Glycine max*, estádios fenológicos, *Phakopsora pachyrhizi*.

USE OF COLLECTOR UREDOSPORES AS INDICATOR OF THE TIME OF APPLICATION OF FUNGICIDE FOR CONTROL OF RUST IN ASIAN SOYBEAN CROP

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the best phenological stage of soybeans to make fungicide application for the control of Asian rust, based with or without uredospores the collector of spores. The experimental design used for the experiments was conducted in randomized blocks with four replications. The treatments were as follows: in the first experiment with the collector uredospore indicating the time of application in R₁ (T - 1), R₂ (T - 2), R₃ (T - 3), R₄ (T - 4), R₅ (T - 5), R₆ (T - 6), T - 7 (no control) and T - 8 (full control) in the second experiment was applied fungicide at the same times of experiment 1, but without considering the collector as an indicator of the time of application of this product in soybeans. The fungicide was applied azoxystrobin + cyproconazole in a dose of 0.3 ha⁻¹ in 200 L ha⁻¹ spray volume, with the aid of pressurized with CO₂ spray and equipped with tips of the fan type LD 110.02, the performance of the combined analysis indicated that for the agronomic characteristics, number of plants per area, number of pods per plant, number of seeds per pod and 100-grain mass was no significant difference (P <0.05) in function of use or non-collector as well as in relation to different application times of azoxystrobin + cyproconazole. However, in relation to productivity of grains observed that when the fungicide has been applied in the phenological stage R₆ increased by approximately 22% compared to the applied R₅, but not significantly different stages of R₂ and R₄. For incidence and severity of disease using collector indicated the time of fungicide application at phenological stage R₅, providing less area under the curve of progress of the disease.

Index terms: Glycine max, phenological stages, *Phakopsora pachyrhizi*.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Imagem aérea do local onde foram conduzidos os experimentos, safra 2010/2011, no Município de Goioerê - PR. UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011. (Fonte: Google Eart, 2011).....	29
FIGURA 2.	Foto do Datalogger Portátil, com abrigo.....	30
FIGURA 3.	Foto do pluviômetro.....	31
FIGURA 4.	Foto do pulverizador costal pressurizado a CO ₂	33
FIGURA 5.	Foto da especificação do coletor de uredósporos.....	34
FIGURA 6.	Croquis dos experimentos, área de soja na safra 2010/2011, no Município de Goioerê – Paraná. UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011.....	37
FIGURA 7.	Croquis da parcela ou unidade experimental da área de soja na safra 2010/2011, no Município de Goioerê – PR. UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011.....	38
FIGURA 8.	Microscópio biológico utilizado para avaliar e quantificar a presença de uredósporos nas lâminas do coletor, na área experimental, safra 2010/2011. UNIOESTE/CCA/PPGA, no Município de Goioerê – PR.....	42
FIGURA 9.	Quadro demonstrativo dos estádios fenológicos da cultura da soja para variedade CD 202 na safra 2010/2011, UNIOESTE/CCA/PPGA, no município de Goioerê – Estado do Paraná.....	43

FIGURA 10.	Escala diagramática utilizada para determinar a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja, proposta por Godoy (2006).....	46
FIGURA 11.	Incidência da ferrugem asiática, em relação à precipitação do período na cultura da soja, UNIOESTE/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011.....	51
FIGURA 12.	Severidade da ferrugem asiática da soja, em função do estágio fenológico e precipitação pluviométrica (mm), no município de Goioerê - Paraná/UNIOESTE/PPGA, na safra 2010/2011.....	52
FIGURA 13.	Dados meteorológicos referentes ao período de outubro/2010 a março/2011, na área experimental no município de Goioerê - Paraná, UNIOESTE/PPGA. a) Precipitação (mm), Umidade relativa máxima e mínima (%). b) Precipitação (mm), Temperatura máxima, mínima e média (°C). c) Precipitação (mm), Temperatura média (°C), Umidade relativa (%).	55

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Lista de fungicidas indicados na safra 2009/2010, comercialmente para controle da ferrugem asiática da soja.....	27
TABELA 2.	Resumo dos dados referente a temperatura média, precipitação e umidade relativa, para o período da condução dos experimentos, no município de Goioerê - PR, na safra 2010/2011, UNIOESTE/CCA/PPGA.....	31
TABELA 3.	Quadro resumo das aplicações de fungicidas nas parcelas dos experimentos, na cultura da soja, no município de Goioerê, UNIOESTE/CCA/PPGA/ na safra 2010/2011.....	35
TABELA 4.	Resumo das principais características da cultivar utilizada neste trabalho.....	39
TABELA 5.	Resumo da ocorrência de uredósporos na lâmina do coletor, em cm ⁻² , na cultura da soja, no município de Goioerê, /UNIOESTE/CCA/PPGA na safra 2010/2011.....	50
TABELA 6.	Resultado da incidência e severidade no terço inferior da ferrugem asiática (AACPD) em função da época de aplicação de Azoxystrobina + cyproconazole na cultura da soja, PPGA/UNIOESTE, safra 2010/2011 em Goioerê – Paraná.....	53
TABELA 7.	Produtividade em função da época de aplicação de Azoxystrobina + cyproconazole na cultura da soja, safra 2010/2011 no município de Goioerê - PR PPGA/UNIOESTE.....	57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1.	Resumo da análise de variância conjunta para a incidência e severidade no terço inferior da ferrugem asiática (AACPD) na cultura da soja, UNIOESTE/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011.....	65
ANEXO 2.	Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis Agronômica na cultura da soja, UNIOESTE/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011.....	66

LISTAS DE SIGLAS, ABRIVEATURAS E SÍMBOLOS

AACPD - Área abaixo da curva do progresso da doença

Al^{+3} - Íon Alumínio

B - Boro

°C - Graus Celsius

Ca^{+2} - Íon cálcio

CaCl_2 - Cloreto de Cálcio

CCA - Centro de Ciências Agrárias

CD - COODETEC

cm - Centímetro

cm^2 - Centímetro ao quadrado

$\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ – Centimoles de carga por decímetro cúbico de solo

CO_2 - Dióxido de carbono

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento

CTC - Capacidade de troca catiônica

CV - Coeficiente de variação

EMATER - Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUA - Estados Unidos da América

g dm^{-3} - Grama por decímetro cúbico

GL - Graus de liberdade

H+Al - Hidrogênio mais alumínio

K^{+} - Íon potássio

kg - Quilograma

kg ha^{-1} - Quilograma por hectare

L ha^{-1} - Litros por hectare

lbs pol^{-2} - Libras por polegada ao quadrado

LVe-1 - LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico

m s^{-1} - Metro por segundo

m^2 - Metro ao quadrado

MAPA - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento

mg dm^{-3} - Miligramas por decímetro cúbico

Mg^{+2} - Íon magnésio

mm - Milímetro

P - Fósforo

pH - Potencial hidrogeniônico

PPGA - Programa de Pós-graduação em Agronomia

PR - Paraná

QM - Quadrado médio

QMR - Quadrado médio do resíduo

S - Enxofre

SB - Soma de Bases

SEAB - Secretária de Estado da Agricultura e Abastecimentos do Estado do Paraná

SIGA - Seiji Igarashi

T máx. - Temperatura máxima

T méd. - Temperatura média

T mín. - Temperatura mínima

UEL - Universidade Estadual de Londrina

UNIOESTE - Universidade Estadual do Oeste do Paraná

UR máx. - Umidade relativa máxima

UR mín. - Umidade relativa mínima

US\$ - Dólar Americano

USDA - Departamento da Agricultura dos Estados Unidos da América

V - Valor da saturação por bases trocáveis do solo

Zn - Zinco

% - Porcentagem

* - Significância a 5% de probabilidade pelo teste F (Fisher)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 Cultura da Soja	19
2.1.1 Botânica, origem e importância.....	19
2.2 Ferrugem Asiática.....	20
2.2.1 História e distribuição geográfica.....	20
2.2.2 Sintomatologia.....	21
2.2.3 Morfologia	22
2.2.4 Epidemiologia.....	22
2.2.5 Hospedeiros do patógeno.....	23
2.2.6 Perdas	24
2.2.7 Resistência genética do fungo	25
2.2.8 Controle químico	26
2.2.9 Medida preventiva	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1 Caracterização do Experimento.....	29
3.1.1 Local e clima da área experimental	29
3.1.2 Caracterização do solo.....	30
3.1.3 Dados meteorológicos	30
3.2 Delineamento Experimental	32
3.3 Descrição do Experimento.....	37
3.4 Condução do Experimento	39
3.4.1 Cultivar utilizada	39
3.4.2 Controle de plantas daninhas.....	40
3.4.3 Preparo do solo	40
3.4.4 Adubação	41
3.4.5 Semeadura	41
3.4.6 Instalação do coletor de uredósporos	41

3.4.7 Tratos Culturais	42
3.4.7.1 Adubação em cobertura	42
3.4.7.2 Controle de pragas	42
3.4.8 Identificação dos estádios fenológicos da soja	43
3.4.9 Colheita da soja dos experimentos	45
3.5 Variáveis Analisadas nos Experimentos.....	46
3.5.1 Variáveis relacionadas ao estudo das doenças	46
3.5.1.1 Incidência da ferrugem asiática	46
3.5.1.2 Severidade da ferrugem asiática	46
3.5.2 Variáveis agronômicas analisadas	47
3.5.2.1 Plantas por área.....	47
3.5.2.2 Vagens por planta	47
3.5.2.3 Grãos por vagem.....	47
3.5.2.4 Peso de 100 grãos	48
3.5.2.5 Produtividade.....	48
3.6 Análise Estatística	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5 CONCLUSÕES	58
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7 ANEXOS	65

1 INTRODUÇÃO

A soja é originária da Manchúria, região da China. Esta planta pertence à classe das dicotiledôneas, família Leguminosae e subfamília Papilionaceae, e a espécie cultivada é *Glycine max* (L.) Merrill. Esta planta possui sistema radicular do tipo pivotante, com a raiz principal bem desenvolvida e raízes secundárias em grande número, que podem estar infectadas por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, via pelos radiculares formando os nódulos. A fixação biológica de nitrogênio pode, dependendo de sua eficiência, fornecer todo o N que a soja necessita. A soja apresenta ainda caule herbáceo, ereto com porte variando de 0,60 a 1,50 metros, cujas folhas são alternadas, longas pecioladas, composta por três folíolos ovalados ou lanceolados, com comprimento variável entre 0,5 a 12,5 cm (EMBRAPA SOJA, 2009).

Nos últimos anos, tem-se observado a participação crescente do Brasil no complexo mundial de soja, mediante aumento de sua produção e produtividade nas diferentes regiões produtoras. Entretanto, a longevidade deste êxito depende da estabilidade deste complexo, o qual está condicionado a riscos, sendo as doenças um dos principais fatores limitantes para os incrementos na produtividade (ARIAS, 2004).

A soja ocupa posição de destaque na economia mundial, tendo como maior produtor os Estados Unidos com uma produção aproximadamente de 90 milhões de toneladas, o Brasil com 75 milhões de toneladas, como segundo maior produtor, resultando em uma produção total aproximada de 264 milhões de toneladas (USDA, 2011). Em termos de Brasil a soja ocupa posição de destaque em nossa economia, devido à dimensão da área cultivada e do volume de produção de grãos. Na safra 2010/2011 o Brasil produziu 75 milhões de toneladas em uma área plantada de 24 milhões de hectares (CONAB, 2011). O Paraná obteve uma produção de aproximadamente 15 milhões de toneladas em uma área de 4,6 milhões de hectares (SEAB, 2011).

A importância econômica das doenças varia de ano para ano e de região para região, dependendo das condições climáticas de cada safra. Os danos anuais de produção por doenças são estimadas em cerca de 15 a 20%, entretanto, algumas doenças podem ocasionar danos de quase 80% (EMBRAPA SOJA, 2009).

Segundo Yorinori (2002), existem cerca de 50 doenças de soja catalogadas no Brasil e, dentre essas doenças, a ferrugem asiática é a que vem provocando maiores níveis de danos à cultura, devido a sua rápida disseminação e virulência.

A ferrugem asiática tem como agente etiológico o fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow, que possui rápida disseminação, principalmente através do vento, e depende de hospedeiro alternativo ou da própria soja para sobreviver, através das plantas voluntárias, guaxas, que nascem a partir de grãos perdidos na colheita ou nos cultivos sob irrigação. Em razão de sua grande variabilidade genética, o fungo gera com rapidez novas raças virulentas, tornando-se um desafio para os produtores e pesquisadores.

Na safra de 2000/2001, o continente americano estava livre da ferrugem asiática da soja, no entanto, em 2001, o fungo foi encontrado no Paraguai, no Brasil e na Argentina em 2002, na Bolívia em 2003, bem como nos Estados Unidos em 2004 (SCHENEIDER et al., 2005). Na safra de 2002/2003, o fungo atingiu as principais regiões produtoras de soja no Brasil e, segundo Yorinori et al. (2003), o custo devido as perdas e aplicações de fungicidas foi de pelo menos US\$ 1,126 bilhão.

Devido ao potencial de perdas que esta doença pode ocasionar, as empresas produtoras de fungicidas têm recomendado o controle utilizando-se de produtos químicos de modo preventivo, sem identificar a presença do fungo e sem avaliar as condições climáticas, provocando grandes prejuízos econômicos aos produtores e ao meio ambiente (Consórcio Antiferrugem, 2010). No entanto, segundo Reis (2004), se não considerarmos os fatores determinantes na ocorrência de doenças, ou seja, planta suscetível, patógeno e ambiente favorável, é possível perceber que esses sistemas de alerta possuem falhas em sua metodologia, pois a tomada de decisão independe da presença do patógeno na área, considerando apenas a presença do hospedeiro e de condições ambientais favoráveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar qual o melhor estágio fenológico na cultura da soja, para realizar aplicação de fungicida, visando o controle da ferrugem asiática tendo por base a presença ou não de uredósporos no coletor de esporos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar a presença e quantificar a incidência e severidade da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja na safra 2010/11;
- Avaliar o momento mais adequado para realizar a primeira aplicação de fungicidas visando o controle da ferrugem asiática, utilizando como critério a presença ou não do esporo de *P. pachyrhizi* no coletor de esporos;
- Realizar aplicações de fungicida dentro da fase reprodutiva em alguns estádios específicos para avaliar a eficiência no controle da ferrugem asiática na cultura da soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cultura da Soja

2.1.1 Botânica, origem e importância

A soja ocupa uma posição de destaque em nível mundial, tanto na produção como em consumo. Caracteriza-se por ser uma espécie leguminosa e autógama, com $2n = 40$ cromossomos, planta que pertence a classe das dicotiledôneas, Família leguminosae, subfamília papilionaceae, e espécie *Glycine max* (L.) Merrill (CAPELLARI et al., 2006). Originária do leste da China e reconhecida como uma das mais antigas plantas cultivadas do planeta, sua evolução começou com o aparecimento de plantas oriundas de cruzamentos naturais, entre duas espécies de soja selvagem que foram domesticadas e melhoradas por cientistas chineses (EMBRAPA SOJA, 2009).

A espécie cultivada atualmente é tipicamente herbácea, anual e de dias curtos. De ampla adaptação a climas tropicais e subtropicais (SEDIYAMA et al., 2005), apresenta grande diversidade genética e morfológica, devido a fatores ambientais, como sensibilidade ao fotoperíodo e temperatura, que podem alterar a expressão genética, produzindo diversos fenótipos. Na quase totalidade das cultivares, todos os órgãos estão cobertos de pêlos ou tricomas, exceto os cotilédones (MÜLLER, 1981). Suas flores são completas e ocorrem em racemos terminais ou axilares, em número de 2 a 35 por racemo, sendo de cor roxa ou branca. Devido ao efeito pleiotrópico do loco W1, as plantas com flores roxas apresentam hipocótilo roxo e aquelas com flores brancas apresentam hipocótilo verde (SEDIYAMA et al., 1981).

A produção mundial de soja na safra 2010/2011 foi de aproximadamente 264 milhões de toneladas, e cultivou uma área de aproximadamente 104 milhões de hectares (USDA, 2011). Somente atrás dos Estados Unidos, o Brasil é o seu segundo maior produtor, sendo responsável por 28% da produção mundial, produzindo 75 milhões de toneladas em uma área de 24 milhões de hectares (CONAB, 2011).

Os teores altos de óleo (20%) e proteína (40%), aproximadamente, somando aos níveis adequados de produtividade de grãos, nos mais diversos ambientes, faz da soja uma das leguminosas mais importantes de todo mundo, sendo atualmente a principal fonte de proteína vegetal disponível (VELLO e SILVA, 2006). De alto valor biológico e muito versátil, a soja dá origem a produtos e subprodutos muito usados pela agroindústria, indústria química e de alimentos, e seu uso mais conhecido é como óleo refinado, obtido a partir do óleo bruto

(EMBRAPA SOJA, 2009). Além disso, a soja possui diversos compostos, tais como: minerais, vitaminas e compostos bioativos (isoflavonas, saponinas, fitatos, inibidores de proteases) que fazem dela uma opção alimentar saudável e popular entre as pessoas preocupadas em melhorar a qualidade de vida (CARRÃO-PANIZI, 2006) e também como fonte de energia renovável através de utilização desta como biodiesel.

2.2 Ferrugem Asiática

2.2.1 História e distribuição geográfica

Originária do Continente Asiático, a ferrugem asiática da soja (*P. pachyrhizi*), considerada uma das mais severas doenças na cultura da soja, foi relatada pela primeira vez no Japão em 1902 (REIS et al., 2004). Em 1934 já se encontrava em toda a Ásia e Sul da Austrália, em 1951 na Índia, 1994 no Hawaii, 1996 na África, em 1998 na Zâmbia e no Zimbábue, 1999 na Nigéria, 2000 em Moçambique, 2001 no Sul da África e na safra 2000/2001 no Paraguai e Brasil (ALMEIDA et al., 2005; YORINORI e LAZZAROTTO, 2004; YORINORI et al., 2005). Após a primeira identificação no Brasil, esta doença se dispersou rapidamente pelo continente americano, causando severos danos de produção de até 75% na América do Sul.

A ferrugem da soja, causada pelo fungo *P. pachyrhizi*, foi identificada pela primeira vez no Continente Americano em março de 2001, no Paraguai e, no Brasil, no Oeste do Estado do Paraná. Amostras de folhas infectadas foram analisadas por meio de técnicas moleculares no laboratório do USDA/ARS, EUA (Foreign Disease-Weed Science Research Unit) e comparadas com amostras de *P. meibomiae*, sendo realizada a confirmação da introdução de *P. pachyrhizi* na América do Sul (ALMEIDA et al., 2005).

Apenas na safra 2000/01 uma epidemia de ferrugem da soja, causando perdas de até 50% no rendimento de grãos em cultivares mais susceptíveis, ocorreu no Paraguai, no município de Pirapó (YORINORI, 2002). No Brasil, o mesmo pesquisador observou em lavoura comercial da região Oeste do Paraná, com os mesmos sintomas. A maior severidade foi registrada em cultivares de ciclo tardio. Na safra 2001/2002 no Brasil, a ferrugem ocorreu nos estados do RS, PR, MG, MT, MS, SP, TO, RS e SC, e o primeiro relato de ocorrência na Argentina (YORINORI et al., 2005).

Talvez a principal diferença entre as duas formas de ferrugem da soja seja a agressividade, maior na forma *P. pachyrhizi* e *P. meibomiae* é considerada nativa na América

do Sul notadamente menos agressiva, raramente causando perdas significativas, e ocorrendo no Brasil nas regiões do Cerrado e na Região Sul (YORINORI e LAZZAROTTO, 2004).

Na safra 2002/03 Piuga et al. (2003) realizaram levantamento em diferentes regiões do Brasil, constatando a presença simultânea das duas espécies em amostras das regiões Sul no município de Passo Fundo (RS) e Ponta Grossa (PR), e no Centro-Oeste no Estado de Minas Gerais onde a doença ocorreu na safra 2003/04 já em meados de dezembro nos primeiros estádios vegetativos da cultura.

Em função da fácil disseminação do fungo, no ano de 2002, a ferrugem asiática já se encontrava em 60% da área cultivada no país, e no ano seguinte chegou a 90% (BERGAMIN FILHO, 2006). Atualmente a ferrugem asiática vem ocorrendo em quase 100% das regiões produtoras no Brasil, cuja intensidade está intimamente relacionada aos fatores climáticos de cada região, principalmente aquelas onde ocorrem maiores precipitações pluviométricas e formação de orvalhos, proporcionando maior molhamento foliar.

2.2.2 Sintomatologia

A ferrugem asiática, em razão de sua agressividade, pode ocorrer em qualquer estágio fenológico da planta de soja (EMBRAPA SOJA, 2009). Esta doença é descrita pela fase uredinal e telial (ONO et al., 1992). Em relação à fase uredinal da *P. phachyrhizi*, condições ótimas de temperatura, ao redor de cinco dias após a penetração, tornam possível a visualização dos primeiros sintomas da doença, os quais geralmente iniciam-se no terço inferior do dossel da planta.

Os sintomas são bastante semelhantes aos da ferrugem americana podendo aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento em cotilédones, folhas e hastes, sendo os sintomas nas folhas os mais característicos da doença. Os primeiros sintomas são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo de 1 mm de diâmetro) mais escuro do que o tecido sadio da folha, de uma coloração esverdeada a cinza-esverdeada, com correspondente protuberância (úredia) na página inferior da folha. As urédias são predominantes na face abaxial da folha, mas podem, esporadicamente, aparecer na face adaxial das folhas. Progressivamente, as urédias, adquirem cor castanho-claro a castanho-escuro, abrem-se em pequeno poro, expelindo os uredósporos. Os uredósporos, inicialmente de coloração hialina (cristalina), tornam-se bege e acumulam-se ao redor dos poros ou são carregados pelo vento. À medida que prossegue a esporulação, o tecido da folha ao redor dos primeiros urédias, adquire coloração castanho-clara (lesão do tipo “TAN”) a castanho-avermelhada (lesão do tipo

“reddish-brown-RB) formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha (ALMEIDA et al., 2005).

Com o desenvolvimento da doença, as lesões adquirem forma poligonal, delimitadas pelas nervuras secundárias, podendo alcançar 2 a 5 mm de diâmetro (GODOY et al., 2006) e podem ser visualizadas posicionando-se a folha contra o sol ou contra um fundo claro.

O diagnóstico de infecção inicial de campo dessa doença é também dificultado pelos sintomas iniciais que podem ser confundidos com sintomas de outras doenças, como pústula bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* Nakano Dye) e mancha parda (*Septoria glycines* Hemmi) (YORINORI et al., 2003), fazendo-se necessário um diagnóstico rápido e preciso, pois o controle é mais eficiente em aplicações preventivas e ou no início da infecção.

Quanto à fase telial, as lesões podem atingir pecíolos, vagens e hastes, mas são mais abundantes nas folhas, principalmente na face abaxial e nas bordas dos folíolos das folhas do terço inferior do dossel da planta de soja, onde as formações de pústulas são mais evidentes e numerosas. Estas regiões da planta são mais atingidas por serem áreas com maior umidade, ou seja, microclima que favorece a germinação, penetração e infecção dos esporos (VELLO et al., 2002; YORINORI & YUYAMA, 2008). Segundo Furtado (2007) a ferrugem asiática é mais severa nos trifólios mais velhos de plantas de soja.

2.2.3 Morfologia

Dois tipos de esporos são conhecidos em *P. pachyrhizi*: uredósporos e teliósporos. Os uredósporos (15-24 µm x 18-34 µm) são os mais comuns e se constituem na fase epidêmica da doença. São ovóides a elípticos, largos, com paredes com 1 µm de espessura, densamente equinulados e variando de incolor a castanho-amarelo pálidos. *P. pachyrhizi* apresenta grande variabilidade patogênica e, através do uso de variedades diferenciadoras, várias raças tem sido identificadas. Em Taiwan, foram identificadas nove raças e no Japão, onze. No Brasil, a quebra de resistência em uma safra evidenciou a existência de raças. Quatro genes dominantes de resistência com herança independente são conhecidos e denominados como *Rpp1* – *Rpp4* (ALMEIDA et al., 2005).

2.2.4 Epidemiologia

A *Phakopsora pachyrhizi* é um fungo basideomiceto pertencente à ordem Uredinales, que possui rápida disseminação, principalmente pelo vento, podendo atingir longas distâncias.

Não há evidências da transmissão da doença por sementes. O fungo é um parasita obrigatório ou biotrófico porque vive apenas em hospedeiros vivos. Portanto, para sobreviver, depende de hospedeiros alternativos ou a própria soja (EMBRAPA SOJA, 2009).

O ciclo da doença se inicia a partir de plantas hospedeiras que liberam os uredósporos, os quais se disseminam pelo vento, depositando-se sobre as folhas das plantas de soja. Quando as condições ambientais são favoráveis para a ocorrência da doença, inicialmente, os uredósporos (esporos) emitem o tubo germinativo, e em seguida o apressório. Esta estrutura desenvolve-se em direção à superfície da planta e perfura a cutícula e a parede celular através de força mecânica e enzimática, infectando o hospedeiro (AMORIN, 2005). A dispersão por longas distâncias dos esporos é atribuída principalmente às tempestades de vento (ISARD et al., 2005).

O fungo *P. pachyrhizi* e espécies relacionadas são únicos em sua habilidade para penetração direta na epiderme; a maior parte dos patógenos de ferrugens entra na folha pela abertura dos estômatos. A penetração direta nas células epidérmicas e a indução não específica do apressório no processo de infecção podem ajudar no entendimento da ampla gama de raças do patógeno, para o desenvolvimento de cultivares resistentes (MILES, 2006).

As ferrugens são doenças classificadas como policíclicas, pelo fato que estes patógenos completam vários processos monocíclicos durante o mesmo ciclo da cultura, sendo que a taxa de infecção dependerá do número de processos monocíclicos e da capacidade reprodutiva do patógeno (BALARDIN et al., 2005).

A penetração ocorre de forma direta através da cutícula. O processo de infecção depende da disponibilidade de água livre na superfície da folha, sendo necessário no mínimo seis horas, com um máximo de infecção ocorrendo com 10 a 12 horas de molhamento foliar. Temperatura entre 15 e 28 °C são favoráveis para infecção (ALMEIDA et al., 2005). No Brasil a maioria das cultivares tem se mostrado suscetíveis a *P. pachyrhizi*, mesmo no estágio vegetativo, embora infecções logo após o início da floração causem maiores danos (BROMFIELD, 1984). No entanto, Hartman, Wang & Tchanz (1991) relatam que a severidade da ferrugem asiática aumenta durante o estágio fenológico de enchimento das vagens.

2.2.5 Hospedeiros do patógeno

Desde sua primeira descrição em folhas de *Glycine max* subsp. soja, ou soja silvestre, no Japão, foram realizados inúmeros relatos do *P. pachyrhizi* em várias espécies de

leguminosas ao redor do mundo, primeiramente na Ásia, seguido da Austrália, África, América do Sul, e mais recentemente da América do Norte. Previamente a sua introdução na América do Norte, em 2004, o fungo foi relatado em aproximadamente 90 espécies hospedeiras, contudo, a consolidação de algumas destas espécies diminuiu o número em 77 espécies e em 40 gêneros. Após 2004, uma avaliação em casa de vegetação de 176 espécies de leguminosas da subfamília Papilionoideae, ampliou-se a taxa de hospedeiros em 75 espécies em 12 gêneros, e em a subsequente avaliação de campo adicionou cinco espécies e duas subespécies (SLAMINKO; HARTMAN, 2008).

Segundo relato dos mesmos autores, atualmente ocorrem aproximadamente 150 espécies em 53 gêneros de leguminosas da família Fabaceae. Todas estas espécies hospedeiras pertencem a um grupo monofilético dentro da subfamília Papilionoideae. Tal faixa de hospedeiros pode ser considerada incomun entre patógenos causadores de ferrugens (FREDERICK, 2005). Aproximadamente 120 espécies hospedeiras conhecidas estão na América do Norte e podem desempenhar um papel na epidemiologia da ferrugem asiática como hospedeiros que sobrevivem durante o inverno e servem como fontes de inóculo para a soja (SLAMINKO & HARTMAN, 2008).

No Brasil, podem ser citados alguns hospedeiros como a *Crotalaria alanceolata*, a mucuna preta (*Mucuna cochinchinesis*), o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) o caupi (*Vigna unguiculata*), o carrapicho (*Desmodium* sp.), e o guandu (*Cajanus cajan*), entre outros (EMBRAPA SOJA, 2009). Contudo, o hospedeiro de maior preocupação atualmente, principalmente para os E.U.A., é o kudzu (*Pueraria lobata*), por ser extremamente prolífico e por servir de fonte de inóculo do *P. pachyrhizi* durante o inverno. Nativo do Japão e China, o kudzu se adaptou bem às condições climáticas do continente americano (EMBRAPA SOJA, 2009; YORINORI & YUYAMA, 2008; PIVONIA & YANG, 2004), e no Brasil está presente nos municípios de Palmeira, no Paraná, e em Santo Angelo e Carazinho, no Rio Grande do Sul. Juntamente com a soja, onde o inóculo é mantido pelos cultivos de entressafra, o kudzu pode ser considerado responsável pelas epidemias da doença no Brasil (YORINORI et al., 2009).

2.2.6 Perdas

A ferrugem da soja, nas últimas safras, principalmente na de 2003/04, causou enormes perdas à sojicultura nacional, gerando uma redução de 4,6 milhões de toneladas, o

que corresponde ao valor de US\$ 1,22 bilhão de dólares de prejuízo (YORINORI & LAZZAROTTO, 2004).

Em função da sua fácil disseminação com o vento pode ser encontrada praticamente em todas as regiões produtoras do Brasil com redução de até 75% de produtividade. Danos de 80% a 90% foram registradas na Austrália e na Índia, respectivamente, em Taiwan foram registrados danos de 70% a 80% (ALMEIDA et al., 2005). Os maiores danos são observados quando a ferrugem asiática atinge grandes percentuais de severidade, promovendo desfolha prematuramente das plantas de soja e provocando aborto e queda das vagens (YORINORI et al., 2003). Os autores relatam ainda, que a ferrugem asiática provocou perdas acima de 1100 kg há⁻¹ no Paraguai, na safra 2000/01. Segundo Balardin et al. (2005), a ferrugem asiática foi identificada na região do Planalto do estado do Rio Grande do Sul, causando danos de até 48% na produtividade, na safra 2001/02.

2.2.7 Resistência genética do fungo

A resistência de plantas a doenças ocorre por mecanismos que impedem ou limitam a atividade do patógeno na planta hospedeira (CARNEIRO, 2007). Os mecanismos de resistência identificados a *P. pachyrhizi* incluem a resistência vertical, horizontal e a tolerância (HARTMAN et al., 2005). Alguns autores não consideram a tolerância como um mecanismo de resistência.

Em Taiwan, já foram identificadas nove raças do *P. pachyrhizi* e no Japão 18 raças (YAMAOKA et al., 2002). A existência de raças dificulta o controle através da resistência vertical (ALMEIDA et al., 2005).

Kato e Yorinori (2006), inoculando 13 isolados do patógeno em 14 diferentes cultivares de soja, confirmaram a existência de diferentes raças patogênicas no Brasil. Segundo Hartman et al. (2005) o isolado brasileiro é o mais agressivo de todos, até o momento. Possivelmente o fungo possui a habilidade de acumular genes para virulência (BONDE et al., 2006). Desta forma, a luta contra o patógeno torna-se um grande desafio para os pesquisadores.

Para a resistência vertical da ferrugem asiática, estão referenciados até o momento cinco genes independentes: *Rpp1* (PI 200492, Komata), *Rpp2* (PI 230970), *Rpp3* (PI 462312, Ankur), *Rpp4* (PI 459025, Bing nan) (BROMFIEL e HARTWIG, 1983), e *Rpp5* (PI 200456). Entretanto, devido à resistência vertical não ser duradoura, já foi relatado que as fontes de resistência dos genes *Rpp1* a *Rpp4* apresentaram suscetibilidade em condições de campo

(HARTMAN et al., 2005). No Brasil, somente os genes *Rpp2* e *Rpp4* continuam efetivos contra os isolados brasileiros, enquanto que as resistências conferidas pelos genes *Rpp1* e *Rpp3* foram quebradas em 2003, dois anos após a detecção da ferrugem asiática no Brasil (ARIAS et al., 2006).

No entanto, a Fundação MT e TMG - Tropical Melhoramento & Genética, lançou na safra 2008 a primeira soja inox – cultivar resistente à ferrugem asiática. Para a safra 2012 estará no mercado mais duas cultivares de soja inox a TMG 801 e TMG 803, que têm como principal característica a resistência ao fungo causador da ferrugem asiática e boa adaptação ao cerrado brasileiro (FUNDAÇÃO MT, 2011).

2.2.8 Controle químico

O controle da ferrugem asiática da soja depende de um conjunto de medidas para que os danos e as perdas sejam minimizados (JULIATTI et al., 2005) e exigem monitoramento, treinamento e capacitação constantes na adoção das práticas de manejo da cultura. Os fungicidas, até o momento, consistem no principal método utilizado para o controle da doença (GARCIA et al., 2008). A ferrugem asiática da soja tem manifestado maiores percentuais de controle, em aplicações de fungicidas do grupo químico dos Triazóis misturados as Estribilurinas quando aplicado de forma preventiva (Tabela 1), segundo Andrade & Andrade (2002) e Soares et al. (2004).

Os mecanismos de ação dos fungicidas do grupo químico dos triazóis, dizem respeito à ação destes na inibição da biossíntese de ergosteróis (ISE), cuja função está relacionada a manutenção da integridade da membrana a qual está presente em todos eucarióticos. A redução da disponibilidade de ergosterol (principal esterol presente em fungos) resulta na disrupção da membrana e o escoamento eletrolítico. Segundo Azevedo (2001), são fungicidas sistêmicos muito efetivos no controle de agentes patogênicos em culturas. Já o mecanismo de ação das estribilurinas ocorre através da inibição da respiração mitocondrial, por meio do bloqueio da transferência de elétrons no complexo citocromo-bc₁, através da inibição da óxido-redutase de ubihidroquinona-citocromo c (REIS e BRESOLIN, 2004).

Tabela 1. Lista de fungicidas indicados na safra 2009/2010, comercialmente para controle da ferrugem asiática da soja.

INGREDIENTE ATIVO	NOME COMERCIAL	DOSE L p.c. ha ⁻¹
Tebuconazol	Folicur	0,50
Ciproconazol	Alto 100	0,30
Azoxystrobina + ciproconazol	Priori Xtra ¹	0,30
Piraclostrobina + epoxiconazol	Opera ²	0,50
Trifloxistrobina + tebuconazol	Nativo ³	0,50
Picoxistrobina + ciproconazol	Aproach Prima ⁴	0,30
Trifloxistrobina + ciproconazol	SphereMax ³	0,15
Azoxistrobina + tetraconazol	Domark XL ⁵	0,60

¹Adicionando Nimbus 0,5% v/v, ²Adicionando Assist 0,5 l ha⁻¹, ³Adicionando Áureo 0,5 lha⁻¹, ⁴Adicionando Nimbus 0,5 l ha⁻¹, ⁵Adicionando Nimbus 0,6 l ha⁻¹.

Fonte: XXXI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil. Londrina. Embrapa Soja, 2010.

Nas condições brasileiras, os principais agravantes para o controle da ferrugem asiática são a extensão territorial das lavouras e a monocultura continuada, favorecendo a maior produção de inóculo e disseminação deste, além do aparecimento de diferentes isolados/raças do patógeno. O clima favorável, falhas nas aplicações de fungicidas, alta densidade de plantas, períodos de semeadura, além da sobrevivência do patógeno em plantas volutárias de soja e plantas daninhas ou outras espécies hospedeiras que sobrevivem no período da entressafra, que se estende de setembro a janeiro, são fatores suplementares que diminuem a eficiência do controle da doença (UNFRIED, 2007).

Segundo Fundação MT (2011), Yorinori e Yuyama (2008), para o aumento da eficiência no controle químico da ferrugem, algumas práticas culturais são recomendadas, entre elas: a) rotação de culturas; b) semeadura da soja na época recomendada; c) evitar o prolongamento do período da semeadura, pois segundo Juliatti et al. (2005), em plantios tardios a doença tende a ser mais severa; d) monitoramento da lavoura com auxílio de lupa de 20 X de aumento; e) controle preventivo, com aplicação de fungicida antes do aparecimento da doença (quando o potencial ainda é baixo) e controle curativo, com a aplicação de fungicida com o aparecimento dos sintomas iniciais da doença; f) fazer a rotação de princípios ativos quando for realizar mais de uma aplicação; g) monitoramento da lavoura procurando identificação precoce da ferrugem; h) utilizar tecnologia de aplicação recomendadas para

obter boa cobertura foliar e penetração do produto no dossel da planta, e respeitando as condições climáticas durante as aplicações; i) uso de cultivares mais precoces, pois desta forma o fungo tem menos tempo para causar redução da produtividade, já que a cultura fica menos tempo no campo, de acordo com Silva et al. (2007); j) uso de densidade de plantas na linha e espaçamento entre as linhas que permitam bom arejamento foliar e escolha correta dos equipamentos de pulverização.

A pulverização deve atingir o máximo de área foliar, com fungicidas de maior período residual e sistemicidade e de acordo com a Embrapa Soja (2010), produtores e técnicos devem estar atentos às informações de sua região. Diante disso, o Consórcio Anti-ferrugem, estabelecido em 2004, através de um esforço cooperativo entre vários segmentos do complexo soja, gera e difunde informações que melhoram a eficiência do controle da ferrugem asiática, possibilitando o acompanhamento anual de sua evolução ao nível nacional e em tempo real. As informações são enviadas para Embrapa Soja e disponibilizadas através da internet pelo site: www.consorcioantiferrugem.net.

2.2.9 Medida preventiva

Outra medida e recomendada por todos os estados brasileiros produtores de soja, é o “Vazio Sanitário”, que consiste na proibição do cultivo da soja durante a entressafra e na eliminação de plantas voluntárias de soja dos campos de cultivos e de áreas adjacentes. O objetivo do vazio sanitário é a redução do inóculo inicial para atrasar o início da epidemia. Essa medida, associada ao plantio de cultivares precoces, logo no início do zoneamento e época recomendada para o plantio, faz com que as plantas completem a maior parte de seu ciclo livres do patógeno, reduzindo o número de aplicações de fungicidas e garantindo maior produtividade e lucratividade (CARNEIRO, 2007). Entretanto, devido a sua agressividade, a ferrugem asiática continua causando perdas econômicas significativas. Segundo Calvo et al. (2008), no Brasil, o uso de fungicidas na produção de soja tem aumentado de aproximadamente U\$ 100 milhões a quase U\$ 800 milhões, desde o aparecimento da ferrugem. Somando a isso, os fungicidas aumentam a preocupação em relação à poluição dos solos e águas, e também à toxicidade para plantas, humanos e animais (OLOKA et al., 2008). Desta forma, o monitoramento da lavoura com auxílio de coletores de uredósporos é uma ferramenta mais viável, tanto do ponto de vista econômico como ambiental, e de grande importância estratégica no controle da ferrugem asiática, contribuindo para a redução do uso de fungicidas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização do Experimento

3.1.1 Local e clima da área experimental

Os experimentos foram conduzidos em condições de campo, sem irrigação, na safra 2010/2011, em uma propriedade rural particular localizada no município de Goioerê, no Estado do Paraná, situado geograficamente na latitude 24°13'46'' Sul e 53°03' 33'' de Longitude Oeste e em altitude de aproximadamente 459 metros em relação ao nível do mar (Figura 1).

O clima predominante da região é o mesotérmico subtropical úmido (Cfa), com temperaturas mínimas inferior a 18°C e temperaturas máximas acima de 22°C e precipitações pluviométricas de 1.200 a 1.500 mm anuais, segundo a classificação de Köppen (INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ – IAPAR, 2010).



Figura 1. Imagem do local onde foram conduzidos os experimentos, safra 2010/2011, no Município de Goioerê – PR/ UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011.

Fonte: Google Eart, 2011.

3.1.2 Caracterização do solo

O solo da área de implantação dos experimentos é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico - LVe-1, profundo, de textura argilosa (Bhering & Santos, 2008), o qual apresenta declividade média ao redor de 5% (relevo suave ondulado). A análise do solo foi realizada pelo Laboratório de Química Agrícola e Ambiental, do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE, *campus* de Marechal Cândido Rondon a qual apresentou os seguintes resultados: P (mg dm^{-3}) = 13,78, pH (CaCl_2) = 5,06; MO (g dm^{-3}) = 28,02, todos os demais elementos em ($\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$), para $\text{H}^+\text{+Al} = 4,88$; $\text{Al}^{+3} = 0,15$; $\text{K}^+ = 0,19$; $\text{Ca}^{+2} = 2,32$; $\text{Mg}^{+2} = 1,44$, SB = 3,95 e CTC = 8,83, V (%) = 44,73 e Al (%) = 3,66. Foi aplicado 1,2 ton ha^{-1} de calcário dolomítico com PRNT de 90% baseado na análise do solo e para obter uma saturação de bases de 70%, semelhantemente foi aplicado 308 kg há^{-1} do formulado 02-24-16 com 8,8% de Ca, 3,8% de S, 0,050% de B, 0,250% de Zn, de acordo com Malavolta (1989).

3.1.3 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram registrados durante o período do experimento utilizando um Termo-higrômetro Datalogger Portátil de marca HOMIS (Figura 2), modelo 494 e para as precipitações utilizou-se um Pluviômetro (Figura 3), cujos dados estão apresentados na Tabela 2.

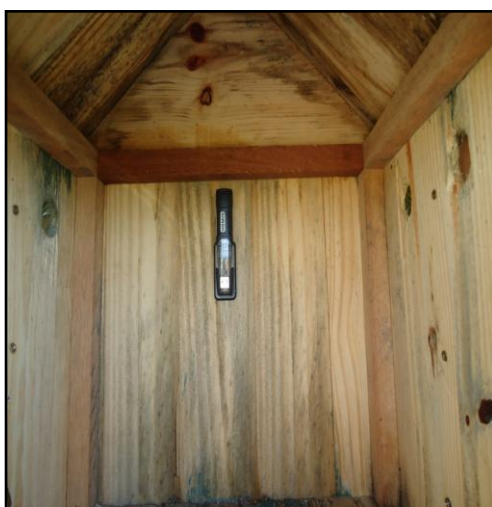


Figura 2. Datalogger Portátil, com abrigo.
Foto: SARTO, 2011.



Figura 3. Pluviômetro.
Foto: SARTO, 2011.

Tabela 2. Resumo dos dados referente a temperatura média, precipitação e umidade relativa, para o período da condução dos experimentos, no município de Goioerê - PR, na safra 2010/2011, UNIOESTE/CCA/PPGA

Período	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)	Umidade Relativa (%)
24/10 a 30/10/10	18	44	60
31/10 a 06/11/10	16	10	64
07/11 a 13/11/10	19	0	51
14/11 a 20/11/10	19	48	62
21/11 a 27/11/10	17	43	55
28/11 a 04/12/10	27	111	94
05/12 a 11/12/10	23	147	89
16/12 a 18/12/10	21	42	81
19/12 a 25/12/10	24	58	79
26/12 a 01/01/11	23	44	78
02/01 a 08/01/11	24	28	74
09/01 a 15/01/11	24	64	77
16/01 a 22/01/11	24	37	79
23/01 a 29/01/11	24	28	78
30/01 a 05/02/11	24	21	80
06/02 a 12/02/11	23	142	89
13/02 a 19/02/11	24	89	81
20/02 a 26/02/11	23	24	74
27/02 a 04/03/11	22	40	76

3.2 Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições para os dois experimentos. Cada experimento foi constituído por oito tratamentos em dois ambientes (com e sem coletor de uredósporos) resultando em 16 tratamentos no total para os dois experimentos. Os tratamentos foram os seguintes:

EXPERIMENTO 1

- T₁** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₁ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₂** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₂ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₃** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₃ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₄** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₄ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₅** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₅ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₆** Com coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₆ se constatar presença de esporos da ferrugem
- T₇** Sem controle
- T₈** Com controle total, realizando aplicações de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) a cada 15 dias

EXPERIMENTO 2

- T₁** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₁
- T₂** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₂
- T₃** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₃

- T₄** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₄
- T₅** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₅
- T₆** Sem coletor de esporos e aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) no estágio fenológico R₆
- T₇** Sem controle químico
- T₈** Com controle total, realizando aplicações de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) a cada 15 dias

No experimento 1 com coletor de uredósporos indicando ou não o momento da aplicação em R₁ (T - 1), R₂ (T - 2), R₃ (T - 3), R₄ (T - 4), R₅ (T - 5), R₆ (T - 6), T - 7 (sem controle) e T - 8 (com controle total); no experimento - 2 foi aplicado nas mesmas épocas do experimento - 1, porém sem considerar o coletor de uredósporos, como indicador do momento de aplicação de fungicida na soja. O tratamento - 7 foi sem aplicação de fungicida e o tratamento - 8, chamado de controle total, onde se realizou pulverizações quinzenalmente. A mistura de azoxystrobina + cyproconazole na dose de 0,3 L ha⁻¹ com óleo mineral a 0,5%, foi aplicada utilizando pulverizador costal pressurizado a CO₂ (Figura 4), com barra provido com quatro pontas do tipo leque modelo 110.02 LD e regulado a pressão de trabalho com 40 lbs pol⁻², a velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹ e volume de calda ajustado para 200 L ha⁻¹.



Figura 4. Pulverizador costal pressurizado a CO₂
(Foto: SARTO, 2011)

Segundo Igarashi (2004) o coletor de esporos, sem patente, foi desenvolvido com objetivo de monitorar ocorrência de uredósporos de *P. pachyrhizi* na cultura da soja, visando determinar a presença do fungo aliado as condições climáticas, para auxiliar no planejamento do controle da ferrugem asiática. Para viabilizar a utilização do equipamento em todas as regiões produtoras do Estado, foi criado um sistema de rede constituído por várias instituições (EMBRAPA, IAPAR, Universidades, Cooperativas, Emater, entre outras).

O equipamento é constituído por uma base, uma haste, um tubo de coletor de uredósporos, uma bateria, uma termo-higrômetro e um suporte de lâmina (Figura 5).

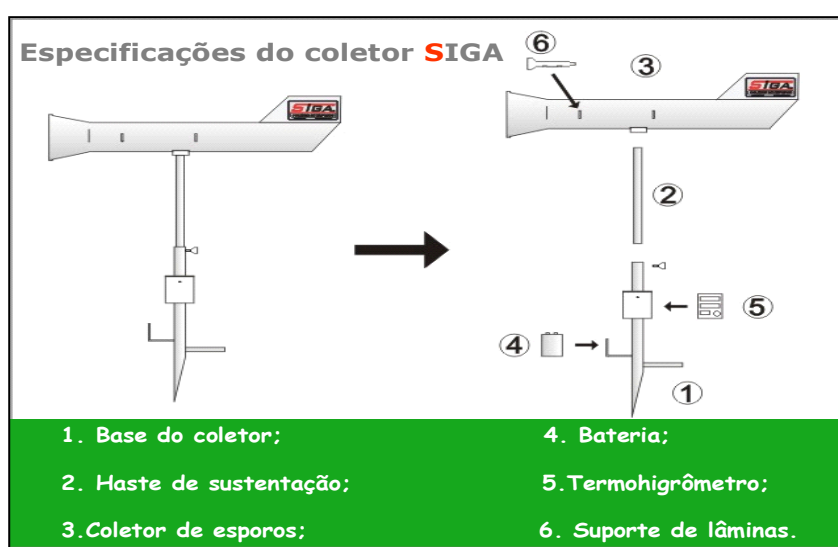


Figura 5. Foto da especificação do coletor de uredósporos.

Foto: Igarashi, 2004.

Para instalar o equipamento o primeiro passo é a fixação do coletor, introduzindo a base do mesmo no solo, até o nível do pedal de apoio, e instalar a bateria. O segundo passo é a instalação da haste de sustentação, a qual deverá ser regulada; a sua altura deverá ser de acordo com o porte da planta, obedecendo a uma altura mínima de 30 cm do ápice da mesma. O terceiro passo é o acoplamento do coletor, o mesmo deverá ser acoplado a haste de sustentação, e posteriormente apertar a borboleta à arruela interna do coletor. O quarto passo é a instalação da lâmina de coleta de esporos, e a lâmina de microscopia com fita adesiva de face dupla, deverá ser fixada e encaixada no orifício do coletor existente na parte dianteira do mesmo. Ao instalar a lâmina, será retirada a proteção do adesivo antes de instalar no coletor. O quinto passo é o acionamento do sistema, onde devemos conectar o fio do coletor à bateria de 12 volts.

As lâminas de microscopia instaladas no coletor de esporos deverão ser substituídas no mínimo a cada dois dias;

Obs.: - As lâminas coletadas deverão ser embaladas numa caixa de papel (Figura 2), para que não haja contato com nenhuma impureza, durante processamento e traslado.

As aplicações dos fungicidas foram realizadas nas parcelas dos experimentos nas datas e respectivos estádios fenológicos da soja, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Quadro resumo das aplicações de fungicidas nas parcelas dos experimentos, na cultura da soja, no município de Goioerê, UNIOESTE/CCA/PPGA, na safra 2010/2011

EXPERIMENTO 1 (COM COLETOR DE UREDÓSPOROS)		
TRATAMENTOS	DATA	ESTÁDIO FENOLÓGICO
Tratamento – 1	-	-
Tratamento – 2	-	-
Tratamento – 3	-	-
Tratamento – 4	-	-
Tratamento – 5	14/01/2011	R_{5,2}
Tratamento – 6	08/02/2011	R₆
Tratamento – 7	-	-
Tratamento – 8	16/12/2010	V ₁₀
	31/12/2010	R ₃
	16/01/2011	R _{5,2}
	03/02/2011	R _{5,5}
EXPERIMENTO 2 (SEM COLETOR)		
Tratamento – 1	19/12/2010	R ₁
Tratamento – 2	23/12/2010	R ₂
Tratamento – 3	31/12/2010	R ₃
Tratamento – 4	05/01/2011	R ₄

Tratamento – 5	14/01/2011	R ₅
Tratamento – 6	08/02/2011	R ₆
Tratamento – 7	-	-
Tratamento – 8	16/12/2010	V ₁₀
	31/12/2010	R ₃
	16/01/2011	R _{5,2}
	03/02/2011	R _{5,5}

3.3 Descrição do Experimento

A área total dos experimentos foi de 1.461 m², com quatro blocos de 365,25 m² cada, conforme croqui da área do experimento (Figura 6).

CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL																
	EXPERIMENTO 02								EXPERIMENTO 01 (Com Coletor)							
BLOCO 01	7	3	4	2	6	5	1	8	7	3	5	6	2	4	1	8
BLOCO 02	8	2	3	5	4	6	1	7	8	5	2	6	3	1	4	7
BLOCO 03	7	4	1	3	5	6	2	8	7	3	4	2	6	1	5	8
BLOCO 04	7	6	4	1	5	2	3	8	7	4	5	1	2	3	6	8

Figura 6. Croquis dos experimentos, área de soja na safra 2010/2011, no Município de Goioerê – Paraná. UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011.

Cada parcela foi constituída por oito linhas de soja no espaçamento de 0,45 cm, com 7 metros de comprimento, totalizando 25,2 m². A área útil foi constituída por duas linhas de 5 metros, perfazendo 4,5 m², onde se realizou a coleta das informações para realizar todas as avaliações (Figura 7).

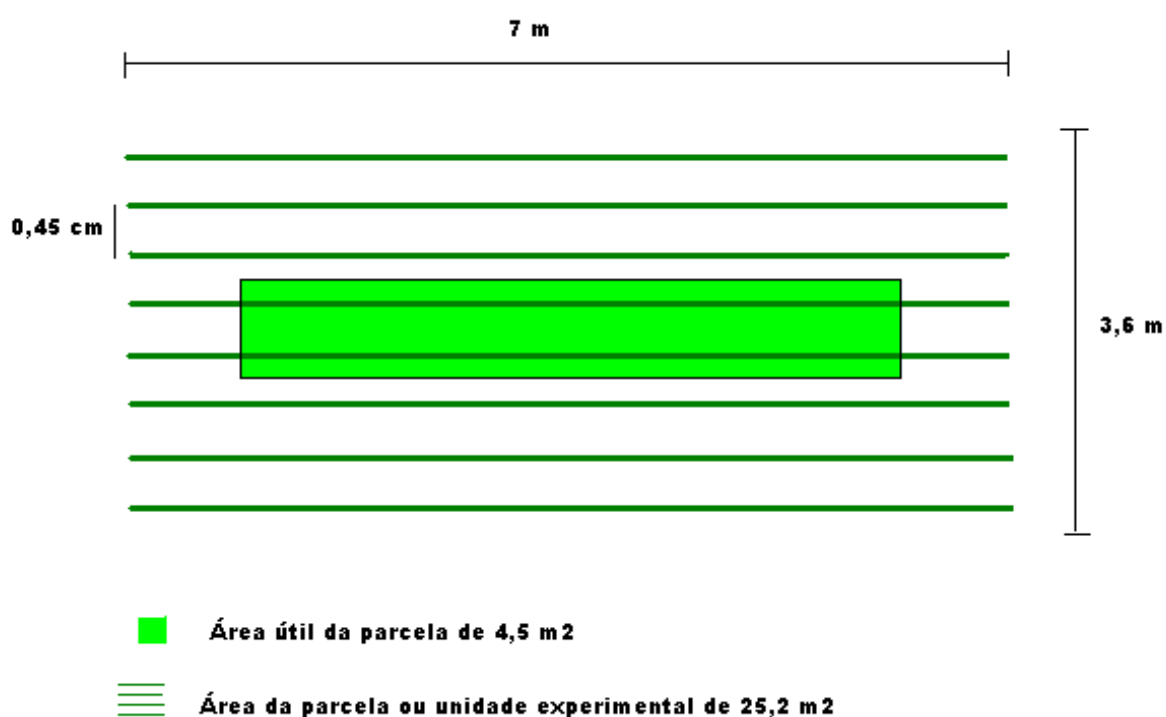


Figura 7. Croquis da parcela ou unidade experimental da área de soja na safra 2010/2011, no Município de Goioerê – PR, UNIOESTE/CCA/PPGA, 2011.

3.4 Condução do Experimento

3.4.1 Cultivar utilizada

A cultivar utilizada foi a CD-202, (soja convencional). O genótipo da soja é classificado de acordo com o hábito de crescimento (forma e estrutura morfológica) e pelos seus requerimentos em comprimento do dia e temperatura, necessárias para iniciar o desenvolvimento floral ou reprodutivo, sendo que esta característica torna-se essencial para nortear ações de manejo. Na Tabela 4 são apresentados as principais características desta cultivar.

Tabela 4. Resumo das principais características da cultivar utilizada neste trabalho.

Características	CD- 202
Ciclo total (média em dias)	130 (PR)
Ciclo vegetativo (média em dias)	60 (PR)
Hábito de crescimento	Determinado
Acamamento	Moderadamente Suscetível
Cor da flor	Branca
Cor da pubescência	Cinza
Cor do hilo	Marrom Claro
Reação aos nematóides de galha	
<i>Meloidogyne incognita</i>	Tolerante
<i>Meloidogyne javanica</i>	Suscetível
<i>Meloidogyne paranaensis</i>	Tolerante
Reação aos nematóides das lesões radiculares	
<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Moderadamente Tolerante
Reação as doenças	
Cancro da haste	Resistente
Mancha “olho de Rã”	Resistente
Oídio da soja	Moderadamente Suscetível
Tecnologia de produção recomendada	
Fertilidade do solo	Alta

Acidez do solo	Tolerante
Eficiente no uso adubação	Eficiente e responsiva
Densidade de semeadura (região baixa)	09 a 13 sementes(esp. 0,45 m)
População de plantas (região baixa)	178 a 289 mil plantas ha
Época de semeadura (região baixa)	20/10 a 30/11

Fonte: EMBRAPA SOJA, 2010.

3.4.2 Controle de plantas daninhas

O histórico da área experimental apresentava uma alta infestação de plantas daninhas, representada principalmente por: capim colchão (*Digitaria horizontalis* L.), amendoim bravo (*Euphorbia heterophylla* L.), caruru (*Amaranthus viridis* L.), picão preto (*Bidens pilosa* L.), trapoeraba (*Commelina virginica* L.), buva (*Conyza* sp.) e corda de viola (*Ipomeia* spp.).

O manejo das plantas daninhas foi realizado utilizando os seguintes herbicidas: Aminol (2,4-D), Glifosato Potássico, Paraquat + Diuron e Fomesafem + Fluazifore-P-Butílico.

O controle de plantas daninhas foi realizado utilizando aplicações com herbicidas. A dessecação na área experimental foi realizada no dia 6 de outubro de 2010, utilizando o produto Aminol (2,4-D) na dose de 1,0 L ha⁻¹ e Glifosato Potássico na dose de 2,5 L ha⁻¹ (SEAB, 2010) objetivando a dessecação das plantas daninhas existentes, e no dia 18 de outubro de 2010 foi realizada a segunda aplicação, utilizando os produtos Paraquat + Diuron com óleo mineral na dose de 2,0 L ha⁻¹ e 0,8 L ha⁻¹ respectivamente (MAPA, 2010), visando a eliminação das plantas daninhas remanescentes. No estágio fenológico V₃ foi realizada aplicação de herbicida em pós-emergência da cultura e da planta daninha, utilizado Fomesafem + Fluazifore-P-Butílico com óleo mineral na dose de 0,85 L ha⁻¹ e 0,5% respectivamente (SEAB, 2010).

3.4.3 Preparo do solo

Não foi realizado o preparo de solo na área experimental, por se tratar de área em Sistema de semeadura direto a mais de oito anos.

3.4.4 Adubação

A adubação de semeadura foi realizada utilizando o fertilizante 02-24-16 + (Ca=8,8%, S=3,8%, B=0,050% e Zn=0,250%) na dose de 308 kg ha⁻¹, com base na análise de solo, na eficiência de cada nutriente e nos valores de exportação pela cultura da soja (MALAVOLTA, 1987).

3.4.5 Semeadura

As sementes foram tratadas com Metalaxil-M + Fludioxonil utilizando a dose de 2 mL kg⁻¹ de semente e a inoculação na dose de 100 g de inoculante turfoso para cada 50 kg de semente (ANDREI, 2006), sendo a semeadura realizada com semeadora, modelo PPsolo de nove linhas, no dia 24 de outubro de 2010. O espaçamento utilizado foi de 0,45 cm entre linhas, com uma densidade 14 plantas por metro linear, sendo as sementes distribuídas a uma profundidade aproximada de 3 a 5 cm em relação a superfície do solo.

3.4.6 Instalação do coletor de uredósporos

A instalação do coletor de uredósporos “SIGA” (IGARASHI & BALAN, 2004) foi realizada logo após a implantação dos experimentos - 1 e 2. As lâminas foram trocadas a cada dois dias e imediatamente realizava-se a observação no microscópio biológico trinocular marca BM e modelo 4523 (Figura 8) com objetivo de identificar a presença dos esporos. No experimento 1, com coletor, só se realizou pulverizações quando encontrado mais de 10 uredósporos de *Phakopsora pachyrhizi* por cm².

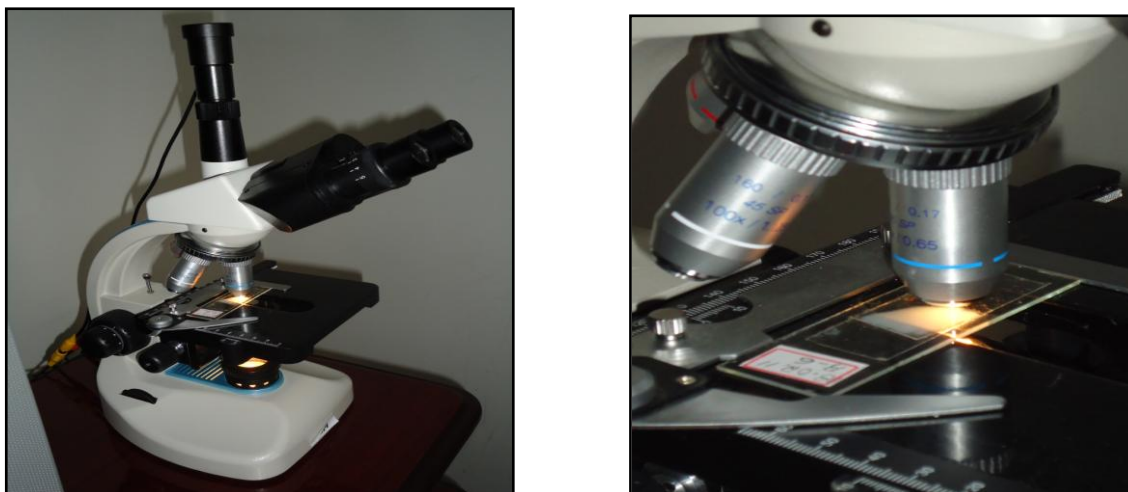


Figura 8. Microscópio biológico utilizado para avaliar e quantificar a presença de uredósporos nas lâminas do coletor, na área experimental, safra 2010/2011 UNIOESTE/CCA/PPGA, no Município de Goioerê – Paraná.
(Foto: SARTO, 2011)

3.4.7 Tratos Culturais

3.4.7.1 Adubação em cobertura

No dia 25 de novembro de 2010, foi realizada a adubação de cobertura com potássio no estágio fenológico V₅. Esta foi realizada de forma manual. Aplicou-se a dose de 100 Kg ha⁻¹ de cloreto de potássio (EMBRAPA Soja, 2009).

3.4.7.2 Controle de pragas

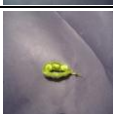
O manejo das pragas foi realizado sempre que necessário, para não interferir nos resultados do trabalho. Na oportunidade da última aplicação do herbicida foi realizado o controle da lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*) utilizando o produto fisiológico Teflubenzuron na dose de 120 mL ha⁻¹ (ANDREI, 2006). No dia 25 de novembro de 2010 (R₅) foi realizado a segunda pulverização para o controle da lagarta da soja e a falsa medideira (*Pseudoplusia includens*), utilizado o produto Teflubenzuron na dose de 120 mL ha⁻¹ (MAPA, 2011). No dia 19 de dezembro (R₁) foi realizado a terceira aplicação para controlar o percevejo marron (*Euschistus heros*), o produto utilizado foi o metamidofós na dose de 1,0 L ha⁻¹ (ANDREI, 2006) e a quarta pulverização foi realizada no dia 20 de janeiro de 2011 (R_{5.3}) utilizando-se o mesmo produto e dose para o controle do percevejo marron.

3.4.8 Identificação dos estádios fenológicos da soja

Uma das aplicações práticas do conhecimento da duração dos estádios fenológicos da soja é auxiliar no planejamento das aplicações de fungicidas para o controle das doenças, entre elas a ferrugem asiática. Sabe-se que a ferrugem normalmente inicia a sua ocorrência após o florescimento da soja e que aplicação de fungicidas é economicamente viável quando realizada até o final do estágio R₆ (no caso das cultivares precoces, é importante que a ferrugem seja mantida sobre controle até o final do ciclo, para diminuir o potencial de inóculo para as cultivares mais tardias) (FUNDAÇÃO MT, 2011).

Dessa forma, sabendo-se a duração dos estádios fenológicos das cultivares, em função da época e do local de semeadura, pode-se aplicar este conhecimento para planejar o início das pulverizações e o intervalo com que elas deverão ser realizadas, levando sempre em consideração o período de controle dos fungicidas aplicados e as condições climáticas da região (FUNDAÇÃO MT, 2011). Como o estágio fenológico das cultivares podem variar dependendo de acordo com as condições ambientais e, principalmente, com a época de semeadura da soja, e para assegurar a correta identificação dos estádios fenológicos da cultura da soja, visando a realização dos tratamentos neste experimento, foi identificado os estádios fenológicos da soja (Figura 9) para a cultivar CD-202, utilizando como parâmetros proposto por Ritchie et al. (1982).

Estádios fenológicos	Dias após a semeadura (DAS)	Características	Fotos
VE	6	Emergência = + de 50% acima do solo	
VC	10	Cotilédones totalmente expandidos	
V ₁	15	Primeiro nó, folhas unifoliadas expandidas e a Primeira folha trifoliada com as bordas não se tocando	
V ₂	19	Segundo nó, primeira folha trifoliada aberta e a segunda não tocando as bordas	
V ₃	25	Terceiro nó, segunda folha trifoliadas expandidas e a terceira não tocando as bordas	

V ₄	29	Quarto nó, terceira folha trifoliadas expandidas e a quarta não tocando as bordas	
V ₅	32	Quinto nó, quarta folha trifoliadas expandidas e a quinta não tocando as bordas	
V ₆ – V ₁₀	52		
R ₁	56	Início do florescimento	
R ₂	60	Pleno florescimento	
R ₃	68	Início de formação das vagens Canivetininho com 1,5 cm	
R ₄	73	Vagens com 2 a 4 cm	
R _{5,1}	78	Formação dos grãos de 0 a 10% de granação	
R _{5,2}	82	Formação dos grãos de 11 a 25% de granação	
R _{5,3}	87	Formação dos grãos de 26 a 50% de granação	
R _{5,4}	93	Formação dos grãos de 51 a 75% de granação	
R _{5,5}	99	Formação dos grãos de 76 a 100% de granação	
R ₆	107	Último estágio verde da soja	
R _{7,1}	112	Maturação da soja de 0 a 50% das folhas, ramos e vagens amarelos	
R _{7,2}	116	Maturação da soja de 51 a 75% das folhas, ramos e vagens amarelos	
R _{7,3}	120	Maturação da soja de 76 a 100% das folhas, ramos e vagens amarelos	

R _{8.1}	124	Desfolha da soja de 0 a 50%		
R _{8.2}	127	Desfolha da soja com + 51% de desfolha		
R ₉	129	Maturação para a colheita		

Figura 9. Quadro demonstrativo dos estádios fenológicos da cultura da soja para variedade CD 202 na safra 2010/2011, UNIOESTE/CCA/PPGA, no município de Goioerê – Estado do Paraná.
Fonte: SARTO, 2011

3.4.9 Colheita da soja dos experimentos

A colheita foi realizada no dia 4 de março de 2011, e não houve necessidade de realizar dessecação. A lavoura encontrava-se no estágio fenológico R₉. A colheita foi realizada manualmente. Foram colhidas todas as plantas da área útil de cada parcela, para realizar as avaliações.

3.5 Variáveis Analisadas nos Experimentos

3.5.1 Variáveis relacionadas ao estudo das doenças

3.5.1.1 Incidência da ferrugem asiática

A incidência da ferrugem asiática na cultura da soja foi realizada durante todo o ciclo da cultura, avaliando-se dez plantas da área útil ao acaso a cada quinze dias, considerando presença ou ausência de urédias na planta. As avaliações da incidência ocorreram nos seguintes dias e seus respectivos estádios fenológicos: 15 de novembro (V_2), 30 de novembro (V_6), 15 de dezembro (V_{10}), 30 de dezembro (R_2), 15 de janeiro ($R_{5,2}$), 30 de janeiro ($R_{5,4}$), 15 de fevereiro ($R_{7,1}$) e dia 28 de fevereiro ($R_{8,2}$) e seus resultados foram expressos em valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

3.5.1.2 Severidade da ferrugem asiática

A severidade da ferrugem asiática foi avaliada após o aparecimento das primeiras urédias nas plantas da parcela sem controle, através da identificação de um trifólio do terço inferior, um do terço médio e um do terço superior de dez plantas da área útil, e a cada sete dias foram realizadas as avaliações. Com o auxílio de uma escala diagramática (Figura 10), foi determinado o percentual de infecção (GODOY et al., 2006).

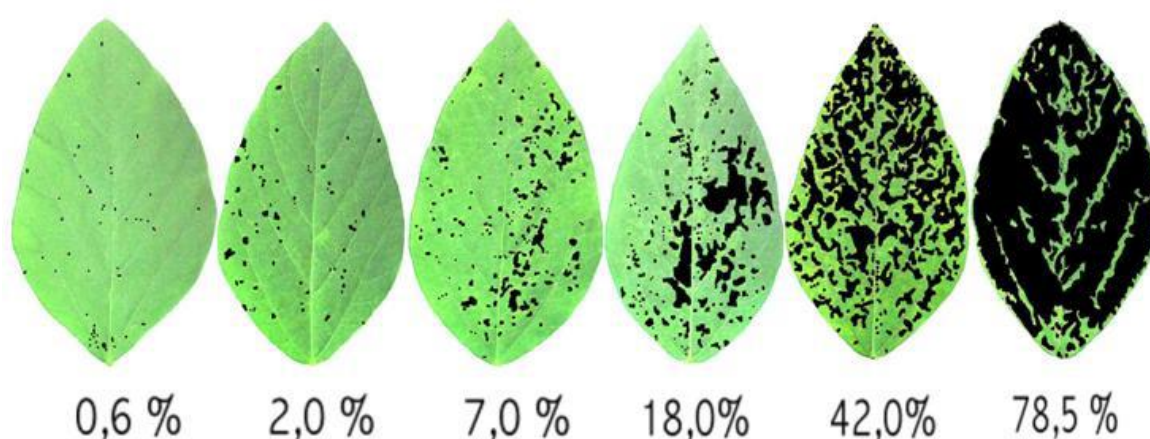


Figura 10. Escala diagramática utilizada para determinar a severidade da ferrugem asiática na cultura da soja, proposta por Godoy (2006).

A severidade foi avaliada nos dias e respectivos estádios fenológicos: 05 de janeiro (R_4), 12 de janeiro ($R_{5,1}$), 18 de janeiro ($R_{5,2}$), 25 de janeiro ($R_{5,4}$), 02 de fevereiro ($R_{5,5}$), 09 de

fevereiro (R₆), 16 de fevereiro (R_{7.1}) e 23 de fevereiro (R_{7.3}) e seus resultado foram expressos em valores da AACPD, obtidos com auxílio da fórmula proposta por Shanner e Finnley (1977):

$$AACPD = \sum^{n-1} \left[\left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) \times (T_{i+1} - T_i) \right] \text{ Onde:}$$

Y_i = proporção da doença na i-ésima observação;

T_i = tempo (dias) na i-ésima observação;

N = número total de observações.

3.5.2 Variáveis agronômicas analisadas

3.5.2.1 Plantas por área

O número de plantas por área foi avaliado através da contagem de todas as plantas da área útil no estágio fenológico R₉, que coincidiu com a operação da colheita manual.

3.5.2.2 Vagens por planta

O número de vagens por planta foi avaliado em dez plantas da área útil no estágio fenológico R₉. As plantas foram coletadas aleatoriamente onde se realizou a contagem das vagens existentes nas plantas, considerando somente as vagens que possuíam mais de um grão por vagem.

3.5.2.3 Grãos por vagem

O número de grãos por vagem foi determinado coletando aleatoriamente dez plantas da área útil no estágio fenológico R₉, e aleatoriamente observou-se uma vagem do terço médio de cada planta onde se realizou a contagem do número de grãos existentes em cada vagem, e posteriormente realizou o calculo da média de grãos por vagem.

3.5.2.4 Peso de 100 grãos

O peso de 100 grãos foi obtido através da amostra dos grãos da área útil, sendo determinado no Laboratório de Sementes da UNIOESTE de Marechal Candido Rondon. Realizou-se a contagem de oito repetições com 50 grãos (MAPA, 2009) utilizando-se um contador de sementes e posteriormente pesou-se as amostras com uma balança semi-elétrica marca Toledo com três casas decimais e obteve-se o peso médio das amostras.

3.5.2.5 Produtividade

Para avaliar a produtividade de cada parcela foi realizada a colheita de todas as plantas da área útil no estágio fenológico R₉. As mesmas foram trilhadas utilizando-se uma máquina de marca Nogueira e para a limpeza de impurezas foram passados por um jogo de peneiras com ar. Após isso foi utilizado o determinador de umidade portátil, marca Dickey - John Corporation (EUA) para determinar a umidade de colheita, padronizando a umidade dos grãos de cada parcela de acordo com a equação abaixo, e determinando assim a produtividade.

$$PS = PB \times \left[\frac{100 - \text{Umidade de colheita}}{100 - \text{Umidade desejada}} \right] \text{ Onde:}$$

PS = Peso seco

PB = Peso bruto

Umidade desejada = 13%

3.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conjunta (Anexo 1 e Anexo 2), utilizando-se do programa estatístico GENES (CRUZ, 2006) e observando-se a relação entre o maior e menor QMR inferior a sete, e quando ocorreu diferença estatística a 5% de significância, foi realizado o teste de Tukey (GOMES, 2009).

O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijk} = m + T_i + B / A_{jk} + A_j + TA_{ij} + E_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} variáveis dependentes dos tratamentos, com e sem coletor;

M média dos tratamentos;

T_i efeitos dos tratamentos estádios fenológicos R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, com e sem coletor de uredósporos;

B efeito dos blocos ou repetições;

A efeito dos ambientes, com e sem coletor;

E Efeitos dos erros experimentais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 seguem as informações referentes à quantidade de uredósporos encontrada por cm^2 na lâmina do coletor nas respectivas datas e estádios fenológicos da área experimental. Como podemos observar os primeiros esporos foram encontrados na lâmina do coletor no dia 14 de janeiro de 2011, quando a soja estava-se no estágio fenológico $R_{5.2}$, e apresentou nível para realizar a primeira aplicação de fungicida no experimento 1 (com coletor). No entanto, pode-se observar que após o aparecimento dos primeiros uredósporos no coletor, o número de esporos por cm^2 aumento rapidamente de 10 para 300 uredósporos, por se tratar de um fungo que apresenta grande severidade.

TABELA 5. Resumo da ocorrência de uredósporos no coletor, em cm^{-2} , na cultura da soja, no município de Goioerê, UNIOESTE/CCA/PPGA na safra 2010/2011.

DATA	ESTÁDIO FENOLÓGICO	Nº UREDÓSPOROS (cm^{-2})
14/01/2011	$R_{5.2}$	10
08/02/2011	R_6	300
10/02/2011	R_6	415
12/02/2011	R_6	348
14/02/2011	$R_{7.1}$	355
16/02/2011	$R_{7.1}$	330
18/02/2011	$R_{7.2}$	480
20/02/2011	$R_{7.2}$	+500
22/02/2011	$R_{7.3}$	+500
24/02/2011	$R_{7.3}$	+500

Fonte : SARTO, 2011

Analisando-se os dados da incidência da ferrugem asiática na Figura 11, pode-se observar que a doença ocorreu tardiamente, passando de 0% do estágio fenológico R_{5.2} para 20% no estágio R_{5.4}, fase em que a soja encontrava-se com os grãos de 51 a 75% de granação. Somente quando a cultura já estava com 114 dias após semeadura atingiu 70% de plantas com alguns sintomas da doença, fase em que os grãos já se apresentavam com 100% de granação e a lavoura já se encontrava em fase de maturação, com 50% das folhas, vagens e ramos amarelados.

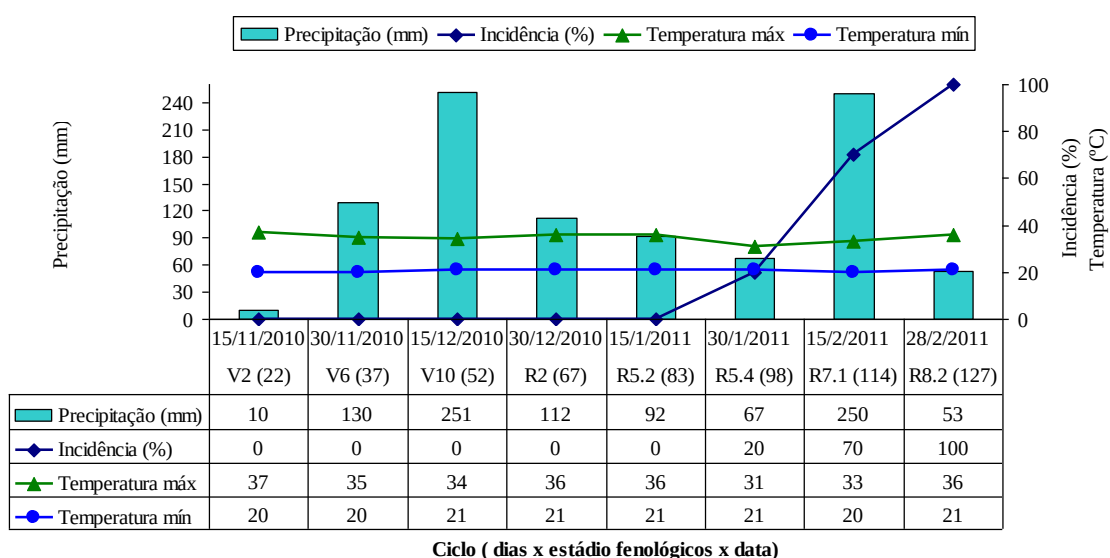


Figura 11. Incidência da ferrugem asiática, em relação à precipitação do período na cultura da soja, UNIOESTE/CCA/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011.

No entanto, com relação à severidade da doença, avaliada no terço inferior das plantas, parte da planta onde apresentou maior severidade, pode-se observar na Figura 12 que até 101 dias após a semeadura a severidade apresentava-se com valores muito baixos, de 0,6% e a lavoura já se encontrava com 100% dos grãos granados. Entretanto, somente atingiu 18% de severidade no estágio fenológico R₆, e atingindo uma severidade máxima de 42% , quando a soja encontrava-se no estágio R_{7.3} (122 dias após a semeadura) e apresentava-se com 100% das folhas, vagens e ramos amarelados. Tal fato nos indica que a severidade aumentou após o registro dos uredósporos no coletor, aliado as temperaturas mínimas do período em torno de 20°C e máxima de 33°C, e as precipitações pluviométricas do período em torno de 192 mm, proporcionando condições ambientais favoráveis à ocorrência da doença, tanto na incidência quanto na severidade.

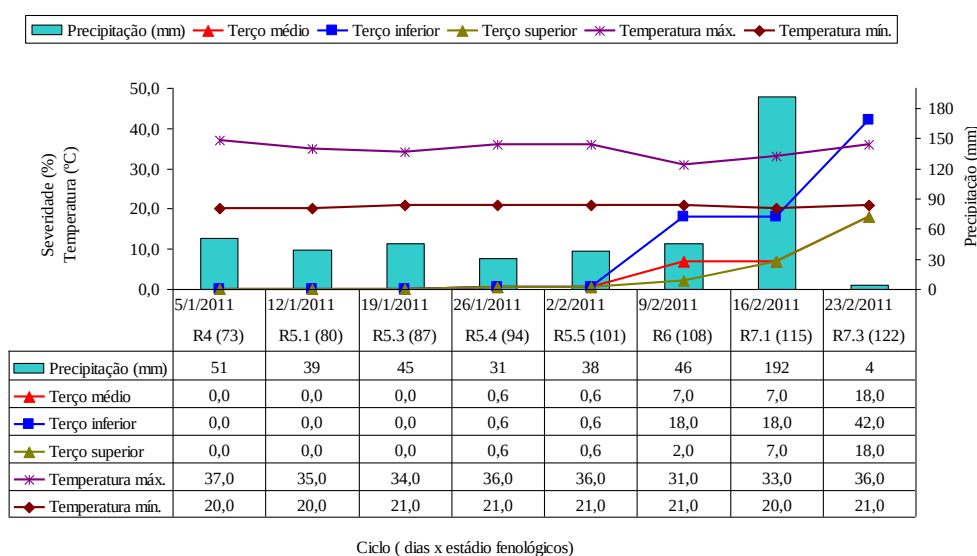


Figura 12. Severidade da ferrugem asiática da soja, em função do estágio fenológico e precipitação pluviométrica (mm), no município de Goioerê - Paraná/UNIOESTE/CCA/PPGA, na safra 2010/2011.

No anexo 1 encontram-se os resultados da análise de variância dos experimentos por ambiente, com e sem coletor de uredósporos, para as variáveis incidência e severidade da doença, que apresenta significância pelo teste F a 5% de probabilidade para as fontes de variação: Tratamentos (estádios fenológicos) e para os ambientes. Posteriormente realizou-se a análise de variância conjunta para os dois experimentos.

A utilização do coletor possibilitou a indicação do melhor tratamento quando a aplicação foi realizada no estágio R₅, como podemos observar na Tabela 6, onde a severidade da ferrugem asiática foi 31% menor em comparação a média de R₂, R₃, R₄ e R₆, que foram semelhantes. No entanto, quando se analisa os resultados obtidos do experimento sem coletor, as menores severidades ocorreram quando as aplicações foram realizadas nos estádios R₂, R₄ e R₅, os quais não diferenciaram estatisticamente do estágio R₅ no experimento com coletor. Resultados semelhantes foram encontrados por Godoy et al. (2009), em estudo sobre a eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento da aplicação sob condições de epidemia em Londrina-PR, safra 2005/2006, cujo melhor tratamento foi quando se realizou aplicações sequenciais, em R₂ e R_{5.1}, onde foi mais eficiente na redução da severidade e apresentou a maior produtividade. Ainda na safra 2006/2007, esses autores concluíram que os tratamentos com aplicações sequenciais, em R₂ e R_{5.1}, e a aplicação única em R₃ apresentaram os menores valores de severidades de ferrugem asiática, e maiores produtividades.

A menor incidência foi obtida quando realizou o controle químico no estágio R₅, apresentando valores da AACPD de 1.950 e menor severidade com valores de 100. Esses resultados corroboram aos obtidos por Silva et al. (2010), que avaliando diferentes épocas de aplicação de azoxistrobina + ciproconazole seguido de ciproconazole no controle da ferrugem asiática, obtiveram menor AACPD quando realizaram o controle químico no estágio V₆ seguido de aplicações com intervalo de 21 a 28 dias, e uma terceira aplicação entre 35 a 42 dias, garantindo maior massa de grãos e maior produtividade.

É importante salientar que aplicação calendarizada em R₂, R_{5.1} e R₃ com única aplicação, encontrada por Godoy et al. (2009) e aplicação em R₅ encontrada nesse experimento, nem sempre garante uma boa eficiência de controle. No entanto, os resultados encontrados por outros autores e neste trabalho nos indicam que as epidemias da ferrugem asiática não ocorrem nas mesmas épocas em todas as safras e considerando a variação nos padrões da doença em diferentes regiões do Brasil, devido a influência do inóculo e das condições climáticas, que são variáveis a cada safra. Isso mostra que não se justifica a adoção de um modelo único para o manejo da doença.

Tabela 6. Resultado da Incidência e Severidade no terço inferior da ferrugem asiática (AACPD) em função da época de aplicação de Azoxystrobina + cyproconazole na cultura da soja, PPGA/UNIOESTE, safra 2010/2011 em Goioerê - Paraná

Época de aplicação	Incidência (AACPD)*		Severidade (AACPD)*	
	com coletor	sem coletor	com coletor	sem coletor
T - 1 (R ₁)	2.100 Ac	2.025 Ab	238 Ac	216 Ab
T - 2 (R ₂)	2.175 Abc	1.987 Bb	323 Aab	87 Bd
T - 3 (R ₃)	2.062 Ac	1.950 Ab	323 Aab	164 Bc
T - 4 (R ₄)	2.475 Aa	2.025 Bb	323 Aab	96 Bd
T - 5 (R ₅)	1.950 Ac	1.950 Ac	100 Ad	105 Ad
T - 6 (R ₆)	2.025 Ac	2.025 Ab	302 Ab	238 Bb
T - 7 (sem controle)	2.362 Aab	2.362 Aa	369 Aa	369 Aa
T - 8 (com controle total)	675 Ad	675 Ac	10 Ae	10 Ae
Médias (AACPD)	1.978	1.875	249	161
CV (%)	6,9	3,2	9,0	13,0

*Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

Portanto, os trabalhos de pesquisa realizados atualmente, indicam que é muito importante avaliar os fatores ambientais, pois poderão apontar o momento mais propício para

as aplicações de fungicida serem mais eficientes no controle da ferrugem asiática, assim pode-se determinar o momento ideal para realizar a primeira aplicação, proporcionando-se menor custo com as aplicações, maior rentabilidade ao produtor e menor contaminação ambiental.

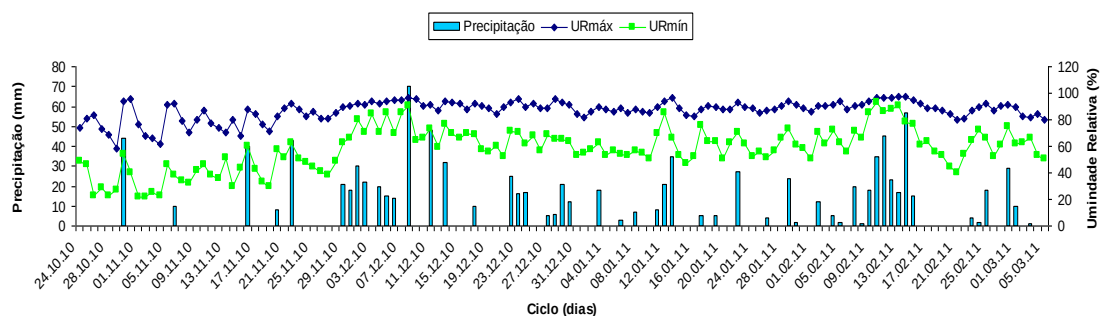
Conforme trabalhos realizados por Miles et al. (2004) e Levy. (2005), o momento da primeira aplicação é um dos fatores mais críticos para o sucesso do controle da ferrugem asiática e atrasos significativos na aplicação, após o estabelecimento da doença em níveis elevados, podem resultar em perdas significativas de produtividade.

Segundo Zambolim (2006), a prática de monitoramento de uredósporos no ar, por meio de armadilhas do tipo caça esporos, pode ser uma ferramenta valiosa na decisão do controle químico da doença. Independentemente da fonte de origem, a presença de esporos no ar indica que, se as condições climáticas forem favoráveis, muito provavelmente haverá infecção da soja nos dias subsequentes, caso a cultivar seja suscetível.

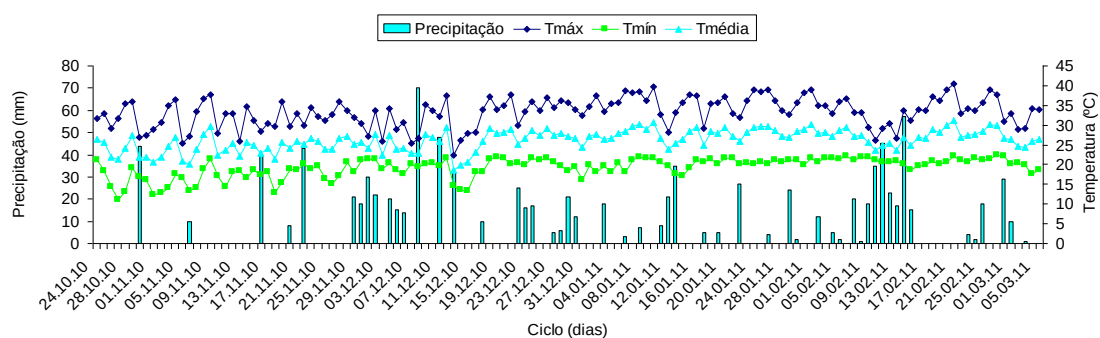
As Figuras 15 a, 15 b, 15 c apresentam os dados de precipitação pluviométrica ao longo do ciclo da cultura foi de 1.020 mm, bem distribuída durante o ciclo da soja, proporcionando elevada umidade relativa no dossel da planta, condições ideais para a ocorrência das doenças, em especial a da ferrugem asiática, mas tal fato não ocorreu, provavelmente as baixas temperaturas na fase vegetativa pode ter sido um fator desfavorável. Também pode-se verificar que o coletor de esporos só apresentou ocorrência dos uredósporos tardiamente, quando a lavoura encontrava-se no estágio fenológico R_{5.2}, confirmando que a ocorrência de fatores que levariam a uma epidemia de doença não agem isoladamente, sendo necessária a presença das três condições denominadas de tripé da doença, que são: hospedeiro suscetível, presença do patógeno (uredósporos) e condições ambientais favoráveis.

Estudos realizados por Melching et al. (1989) apresentam que o molhamento foliar contínuo, promovido por orvalho ou pela chuva, sob condições ótimas de temperatura (18°C a 26,5°C) favorece o rápido desenvolvimento da doença sendo a precipitação considerado o fator mais importante no progresso da doença nas condições de campo (TSCHANZ, 1984; DEL PONTE et al., 2006).

a)



b)



c)

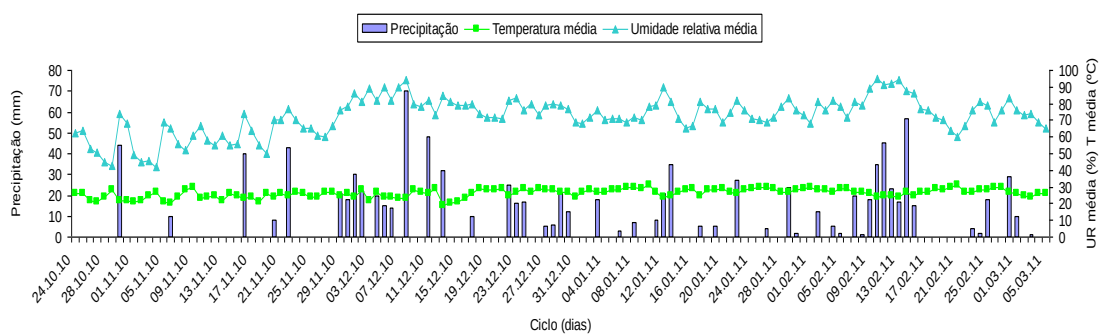


Figura 13. Dados meteorológicos referentes ao período de outubro/2010 a março/2011, na área experimental no município de Goioerê - Paraná, UNIOESTE/PPGA. a) Precipitação (mm), Umidade relativa máxima e mínima (%). b) Precipitação (mm), Temperatura máxima, mínima e média (°C). c) Precipitação (mm), Temperatura média (°C), Umidade relativa (%).

No entanto, as baixas temperaturas e precipitações registradas durante a fase vegetativa, no início do ciclo da cultura da soja, foram os fatores que permitiram maior aeração e secagem do dossel da planta, impedindo uma ocorrência de epidemia precocemente, mas pode-se observar que as altas precipitações que ocorreram na semana do dia 16 de fevereiro de 2011, temperaturas de 25 a 30°C e umidade relativa do ar de 90 a 100% proporcionaram uma elevada incidência da ferrugem e um aumento na severidade do terço inferior da planta de 18% para 42% quando a lavoura encontrava-se com 115 dias e estágio fenológico R_{7.1}. Segundo Casey (1979) e Andrade e Andrade (2002) observaram que temperaturas entre 18 a 26°C, durante 10 horas de molhamento e 20 a 25 °C, durante 6 horas de molhamento foliar, respectivamente, foram favoráveis ao desenvolvimento da ferrugem.

No anexo 2 encontram-se os resultados da análise de variância conjunta para as variáveis agronômicas onde apresentaram significância pelo teste F a 5% de probabilidade apenas para a variável produtividade, para as fontes de variação: tratamentos e ambiente.

Ao analisar as características agronômicas, observou-se que para o número de plantas por área, número de vagens por planta, número de sementes por vagem e massa de 100 grãos, não houve efeito significativo ($P < 0,05$) em relação à utilização ou não do coletor para determinar o momento da aplicação do fungicida, bem como as diferentes épocas de aplicação de azoxystrobina + cyproconazole.

Em estudo semelhante com objetivo de testar dois princípios ativos fungicidas e cinco épocas de aplicação para o controle da ferrugem asiática na região sul do Paraná, Reis et al. (2007) observaram diferença significativa na produtividade utilizando os dois diferentes ingredientes ativos, em aplicação única e duas aplicações. Entretanto, os tratamentos fungicidas que iniciaram-se em R₁ e R₂ apresentaram produtividade significativamente superior à testemunha. A aplicação realizada no início da formação de grãos, quando a doença já estava estabelecida, resultou em produtividade semelhante à testemunha sem controle.

No entanto, com relação à produtividade de grãos do experimento 2 observou-se que ao aplicar o fungicida no estágio fenológico R₆ a produtividade foi aproximadamente 22% maior em relação à aplicação quando em R₅, mas não diferiu estatisticamente quando realizou-se as aplicações nos estádios fenológicos R₂, R₄ da cultura da soja, e os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística em relação ao R₅ (Tabela 7). Para o experimento com coletor podemos observar que não apresentou diferença estatística no rendimento da cultura, quando comparado aos demais tratamentos. Entretanto, foram observadas diferenças de produtividade de 511 kg ha⁻¹ quando comparado à aplicação no estágio fenológico R₆ e à testemunha sem controle.

Tabela 7. Produtividade em função da época de aplicação de Azoxystrobina + cyproconazole na cultura da soja, no município de Goioerê – Paraná /UNIOESTE/CCA/PPGA, safra 2010/2011

Época de aplicação	Produtividade ----- kg ha ⁻¹ -----	
	Com coletor	Sem coletor
T – 1 (R ₁)	2.961 A a ¹	3.064 A b
T – 2 (R ₂)	2.881 A a	3.367 A ab
T – 3 (R ₃)	3.172 A a	3.072 A b
T – 4 (R ₄)	3.300 A a	3.392 A ab
T – 5 (R ₅)	2.868 A a	3.089 A b
T – 6 (R ₆)	3.275 B a	3.961 A a
T – 7 (sem controle)	2.764 A a	2.764 A b
T – 8 (com controle total)	2.906 A a	2.906 A b
Média (kg ha ⁻¹)	3.016	3.202
CV (%)	11,4	13,0

¹Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas na linha e mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey à 5% de significância.

5 CONCLUSÕES

O coletor de uredósporos permitiu determinar o momento mais adequado para realizar a aplicação de fungicida na soja visando o controle da ferrugem asiática.

O coletor de uredósporos indicou que o melhor momento para a aplicação foi no estágio R₅, o que condicionou a menor AACPD para a incidência da doença com valor de 1.950, e a menor AACPD para a severidade da doença com valor de 100, da ferrugem asiática na cultura da soja.

Os resultados indicaram que a utilização do coletor de uredósporos como indicador do momento da aplicação de fungicida no controle da ferrugem asiática é mais eficiente, proporcionando ao produtor menor número de aplicação para o controle desta doença.

Verificou-se que o controle químico da soja, com base no estágio fenológico da cultura, não é indicativo de controle eficiente, devido o patógeno estabelecer-se em qualquer estágio da planta durante o ciclo. A aplicação de fungicida logo após o aparecimento do patógeno (no estágio R₅), apresentando aproximadamente menos 73% de severidade quando comparado a testemunha sem controle, indica que quanto mais rápido for a identificação da chegada do patógeno na cultura mais eficiente é o controle.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.M.R.; FERREIRA, L.P.; YORINORI, J.T.; HENNING, A.A.; GODOY, C.V.; COSTAMILAN, L.M.; MEYER, M.C. Doenças da soja. In: KIMATI, L.; AMORIN, J.A.M.; REZENDE, A.; BERGAMIM FILHO, L.E.A.; CAMARGO, H. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**, v.2. Editora Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, p.569-588, 2005.
- AMORIN, L.; BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H. **Manual de Fitopatologia**. 3º ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 1, cap. 31, p. 647-670, 2005.
- ANDRADE, P.J.M.; ANDRADE, D.F.A. **Ferrugem asiática: uma ameaça a sojicultura brasileira**. Dourados: Embrapa, 2002. 11p. (Circular técnica, n.11)
- ANDREI, E. **Compêndio de Defensivos Agrícolas**. São Paulo: Andrei Editora. 2006. 672 páginas.
- ARIAS, C.A.A. Potencial genético da soja: progresso e limitações para alta produtividade. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7º ed., 2004. Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Londrina: EMBRAPA SOJA, p. 1263-1268. 2004.
- ARIAS, C.A.A.; TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; PIPOLO, A.E.; CARNEIRO, G.E.S.; ABDELNOOR, R. V.; RACHID, B. F.; RIBEIRO, A. S. Melhoramento da soja visando resistência à ferrugem asiática no Brasil. In: SOUTH AMERICAN WORKSHOP ON SOYBEAN RUST. 2006, Londrina. **Proceedings...** Londrina: EMBRAPA SOJA, p. 17, 2006.
- AZEVEDO, L.A.S. de. **Proteção Integrada de Plantas com Fungicidas: teoria, prática e manejo**. São Paulo, 230p., 2001.
- BALARDIN, R. S.; JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C.; VALE, F. X. R. Do. Ferrugem da Soja - Epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, n. 1, p. 351-395, 2005.
- BERGAMIN FILHO, A. Epidemiologia comparativa: Ferrugem da soja e outras doenças. In: ENCONTRO SOBRE MANEJO INTEGRADO: FERRUGEM DA SOJA E DOENÇAS QUARENTENÁRIAS DOS CITROS, 8., 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 1-9, 2006.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. **Mapa de solos do Estado do Paraná**: Legenda atualizada - Embrapa Floresta: Embrapa Solos: Instituto Agronômico do Paraná, 2008.
- BONDE, M.R.; NESTER, S.E.; AUSTIN, C.N.; STONE, C.L.; FREDERICK, R.D.; HARTMAN. G.L.; MILES, M.R. Evaluation of virulence of *Phakopsora pachyrhizi* and *P. meibomiae* isolates. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, n. 6, p. 708-716, 2006.
- BROMFIELD, K.R.; HARTWIG, E.E. Resistance to soybean rust and mode of inheritance. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 2, p. 254-255, 1983.
- BROMFIELD, K.R. **Soybean Rust**. American Phytopathological Society. St. Paul, innesota (Monograph n. 11). 63f. 1984.

CALVO, E.S.; KIIHL, R.A.S.; GARCIA, A.; HARADA, A.; HIROMOTO, D.M. Two major recessive soybean genes conferring soybean rust resistance. **Crop Science**, Madison, v. 48, p. 1350-1354, 2008.

CAPELLARI JR, L.; RODRIGUES, R.R.; SOUZA, V.C. **Botânica sistemática aplicada aos cursos de Engenharia Agrônômica e Engenharia Florestal**. Piracicaba: Departamento de Ciências Biológicas, ESALQ/USP, 2006. 101 p.

CARNEIRO, L.C. **Caracterização epidemiológica da resistência parcial e análise da tolerância de genótipos de soja à ferrugem asiática**. 2007. 75p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

CARRÃO-PANIZZI, M.C. Saudável, consumo direto da soja cresce entre brasileiros. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 5, p. 136-139, 2006.

CASEY, P.S. **The epidemiology of soybean rust - *Phakopsora pachyrhizi* Sydow**. Sydney, 1979. Tese (Doutorado) – University of Sydney, Sydney, 1979.

CONAB, **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em 8 de março de 2012.

CONSÓRCIO ANTIFERRUGEM. **Conheça a ferrugem**. Disponível em: <<http://consorcioantiferrugem.gov.br>> Acesso em 18 de maio de 2010.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV (MG). 382 p., 2006.

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

EMBRAPA SOJA. **Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 2009/2010**. Londrina, p. 193-248. (Embrapa Soja. Documentos, 131), 2009.

EMBRAPA SOJA, **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Acesso em: <<http://cnpso.embrapa.br>> Acesso em: 18 de agosto de 2010.

FUNDAÇÃO MT. **Doenças da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 129-135. (Boletim de Pesquisa de Soja). 2011.

FURTADO, G.Q. **Ferrugem asiática da soja: métodos de preservação dos urediniósporos e fatores relacionados à infecção do hospedeiro**. 2007. 79p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

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

GODOY, C.V.; KOGA, L.J.; CANTERI, M.G. Escala diagramática para avaliação de severidade da ferrugem da soja. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n.1, p. 63-68. 2006.

GODOY, C.V.; FLAUSINO, A.M.; SANTOS, L.C.M.; DEL PONTE, E.M. Eficiência do controle da ferrugem asiática da soja em função do momento de aplicação sob condições de epidemia em Londrina, PR. **Tropical Plant Pathology**, v.34, n.1, p. 056-061. 2009.

GOMES, F.P., **Curso de estatística experimental**, 15ª Edição, Piracicaba: FEALQ, 451 p. 2009.

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

HARTMAN, G.L.; MILES, M.R.; FREDERICK, R.D. Breeding for resistance to soybean rust. **Plant Disease**, St. Paul, v. 89, n. 6, p. 664-666, 2005.

IGARASHI, S.; BALAN, M.G. **Ferrugem na Soja**. Direto do Vale, Vale do Paraná. v.1, 1-8p. Agosto, 2004.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - (IAPAR). **Cartas climáticas**. Disponível em <http://www.iapar.br>. Acesso em: 12 de Março de 2010.

ISARD, S.A.; GAGE, S.H.; COMTOIS, P.; RUSSO, J.M. Principles of the atmospheric pathway for invasive species applied to soybean rust. **Bioscience**, v. 55, p. 851-861. 2005.

JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C.; BALARDIN, R.S.; VALE, F.X.R. Ferrugem da soja – epidemiologia e manejo para uma doença reemergente. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p. 351-395, 2005.

KATO, M.; YORINORI, J.T. Viabilidade Patogênica da *Phakopsora pachyrhizi* no Brasil. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 28., 2006, Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja – Fundação Meridional – Fundação Triângulo, p. 147-149. 2006.

KAWUKI, R. S.; ADIPALA, E.; TUKAMUHABWA, P. Yield loss associated with soya bean rust (*Phakopsora pachyrhizi* Syd.) in Uganda. **Journal of Phytopathology**, Hamburg, v. 151, n. 1, p. 7-12, 2003.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 496p., 1987.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, 1º edição. AGRIS, Brasília, 399 p., 2009.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. <http://www.agricultura.gov.br/Agrofit> Acesso em 10 de outubro de 2010.

MAPA-Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
<http://www.agricultura.gov.br/Agrofit> Acesso em 16 de janeiro de 2011.

MELCHING, J.S; DOWLER W.M; KOOGLE D.L; ROYER M.H. Effect of duration, frequency, and temperature of leaf wetness period on soybean rust. **Plant Disease**, v.73, p.117-122. 1989.

MILES, M.R.; LEVY, C.; HARTMAN, G.L. **Summary of the USDA fungicide efficacy trials to control soybean rust in Zimbabwe 2003-2004**. Integrated Pest Management Reviews, disponível em: www.ipmcenters.org/NewAlerts/soybeanrust/Zimbabwe2004EfficacyTrials.pdf, 2004.

MILES, M.R. **Evaluation of the soybean germplasm collection for resistance to soybean rust**. St. Louis: Missouri22 diapositivos: color, 2006.

MÜLLER, L.; MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. Morfologia, anatomia e desenvolvimento. In: Ed. **A soja no Brasil**, Campinas: IAC, 1981. p. 73-104.

OLOKA, H.K.; TUKAMUHABWA, P.; SENGGOBA, T.; SHANMUGASUNDRAM, S. Reaction of Exotic Soybean Germplasm to *Phakopsora pachyrhizi* in Uganda. **Plant Disease**, St. Paul, v. 92, n. 11, p. 1493-1496, 2008,

ONO, Y.; BURITICA, P.; HENNEN, J.F. Delimitation of *Phakopsora*, *physopella* and *cerotelium* and their species on leguminosae. **Mycological Research**, Cambridge, v. 96, p. 825-850, 1992.

PIUGA, F. F.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; COSTAMILAN, L. M.; OLIVEIRA, A. C. B.; GUERZONI, R. A.; NUNES JÚNIOR, J.; PAIVA, W. M. Dupla infecção de *Phakopsora pachyrhizi* e *P. meibomiae* em lavouras de soja no Brasil. In: REUNIÃO PESQUISA DA SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 25., 2003, Uberaba. **Resumos...** Uberaba: [s.n.], p. 166-167. 2003.

PIVONIA, S.; YANG, X.B. Assessment of the potencial year-round establishment of the soybean rust throughout the world. **Plant Disease**, St. Paul, v. 88, n. 5, p. 523-529, 2004.

REIS, E.M. **Previsão de doenças de plantas**. Passo Fundo, RS: Universidade de Passo Fundo, 2004.

REIS, E.M.; BRESOLIN, A.C.R. Ferrugem da soja: revisão e aspectos técnicos. In: **Doenças na Cultura da Soja**. Aldeia Norte Ltda. Passo Fundo. P. 55-70. 2004.

REIS, E.F.; LIMA NETO, V.C.; GODOY, C.V.; ROSA, C.T.; CASTANHO, H.E.; VICENTE, N.G. Controle químico da ferrugem asiática da soja na região sul do Paraná. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 319-323, 2007.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J.; THOMPSON, H.E. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1982. 20p. (Special Report, 53).

RYTTER, J. L.; DOWLER, W. M.; BROMFIELD, K. R. Additional alternative hosts of *Phakopsora pachyrhizi*, causal agent of soybean rusts. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 68, n. 11, p. 818-819, 1984.

SCHNEIDER, R.W.; HOLIER, C.A.; WHITAM, H.K.; PALM, M.E.; MCKEMY, J.M.; HERNANDEZ JR, L.E.V.Y.L.; DEVRIES-PATERSON, R. First report of soybean rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* in Continental United States. **Plant Disease**, v. 89, p. 774. 2005.

SEAB, **Secretária da Agricultura e do Abastecimento do Paraná**. Disponível em: < <http://seab.pr.gov.br> > Acesso em: 8 de março de 2012.

SEDIYAMA, T.; ALMEIDA, L.A.; MIYASAKA, S. KIIHL, R.A.S. Genética e Melhoramento. **A soja no Brasil**, Campinas: IAC, 1981. p.209-275.

SEDIYAMA, T. ; TEIXEIRA, R.C.; REIS, M.S. Melhoramento da soja. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 553-603.

SHANNER, G.E.; FINNLEY, R.F. The effects of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing in wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v. 70, p. 1183-1186, 1977.

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

SILVA, J.F.; JULIATTI, F.C.; REZENDE, A.A. Diferentes épocas de aplicação de Azoxistrobina + Ciproconazole seguido de ciproconazole no controle da ferrugem asiática. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v.26, n.2, p. 216-225, 2010.

SLAMINKO, T.L.; HARTMAN, G.L. Host range of *Phakopsora pachyrhizi*, the causal agent of soybean rust. **Phytopathology**, Columbia, v. 98, n. 6, suppl., p. S-147, 2008.

SOARES, R.M.; RUBIN, S.A.L.; WIELEWICKI, A.P. **Ferrugem asiática da soja: história, identificação e controle**. Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO – Circular Técnico nº 25 de Agosto de 2004, Porto Alegre – RS, 21p., 2004.

TSCHANZ, A.T. **Soybean rust epidemiology**: Final Report. Asian Vegetable Research and Center, Shanhua, Taiwan. 1984.

UNFRIED, J.R. **Estratégias para seleção de linhagens experimentais de soja para tolerância à ferrugem e associações com outras doenças**. 2007. 220p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

USDA, **United States Department of Agriculture**. Disponível em: < <http://usdabrazil.org.br> > Acesso em: 8 de março de 2012.

VELLO, N.A.; BROGIN, R.L.; ARIAS, C.A.A. Estratégias de melhoramento para o controle da ferrugem da soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3.; CONGRESSO

BRASILEIRO DE SOJA E MERCOSOJA, 2., 2002. Londrina. **Anais...** Londrina: EMBRAPA Soja, p. 188-196. (CNPSo: Documentos, 180), 2002.

VELLO, N.A.; SILVA, L.A.S. Genética busca atender ao consumo humano crescente. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 5, p. 60-62, 2006.

YAMAOKA, Y.; FUJIWARA, Y.; KAKISHIMA, M.; KATSUYA, K.; YAMADA, K.; HAGIWARA, H. Pathogenic Races of *Phakopsora pachyrhizi* on Soybean and Wild Host Plants Collected in Japan. **Journal of Genetics and Plant Pathology**, Japan, v. 68, n. 1, p. 52-56, 2002.

YORINORI, J.T. **Situação atual das doenças potenciais no cone sul**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2., 2002, Foz do Iguaçu, PR. Anais. Londrina: Embrapa Soja, p. 171-187, 2002.

YORINORI, J.T.; COSTAMILAN, L.M.; PAIVA, W.M., PAIVA, W.M., BERTAGNOLLI, P. F. **Ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*): identificação e controle**. Londrina: EMBRAPA/SOJA, 25p. (Documentos 204), 2003.

YORINORI, J. T.; LAZZAROTTO, J. J. **Situação da ferrugem asiática da soja no Brasil e na América do Sul**. Londrina: Embrapa Soja, 27 p. (Documentos, 236), 2004.

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

YORINORI, J.T.; YUYAMA, M.M. Doenças da soja. In:_____.**FUNDAÇÃO MT**. Rondonópolis: Fundação MT, 2008. p. 98-110. (Boletim de Pesquisa de Soja 2008).

YORINORI, J.T.; YUYAMA, M.M.; SIQUEIRA, F.V. Doenças da soja. In:_____.**FUNDAÇÃO MT**. Rondonópolis: Fundação MT, 2009. p. 180-228. (Boletim de Pesquisa de Soja 2009).

ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado da ferrugem asiática da soja**. In:_____.Ed. Ferrugem asiática da soja. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p. 73-98, 2006.

7 ANEXOS

Anexo 1. Resumo da análise de variância conjunta para a incidência e severidade no terço inferior da ferrugem asiática (AACPD) na cultura da soja, UNIOESTE/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011

Fontes de variação	GL	Incidência (AACPD) Q.M.	Severidade (AACPD) Q.M.
Blocos/coletor	6	16406.25	201.10
Blocos	3	7968.75	274.60
Bloco x coletor	3	24843.75	127.60
Estádio Fenológico	7	2194352.68*	92999.41*
Coletor	1	170156.25*	123481.96*
Estádio Fenol.x coletor	7	48816.96	21515.27
Resíduo	42	11049.11	457.77
Total	63		

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Anexo 2. Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis Agronômica na cultura da soja, UNIOESTE/PPGA, no município de Goioerê - Paraná, na safra 2010/2011

Fontes de variação	GL	Sem. vagem⁻¹ Q.M.	Vag. Planta⁻¹ Q.M.	Planta ha⁻¹ Q.M.	Massa 100 grãos Q.M.	Produtividade Q.M.
Blocos/coletor	6	0.06578	58.66245	1455300627.74	0.03942	368126.58
Blocos	3	0.11849	35.53182	1817787479.63	0.15725	362048.93
Bloco x coletor	3	0.01307	81.79307	1092813775.85	0.4616	374204.22
Estádio Fenológico	7	0.10194	132.99355	302603748.14	0.26822	574135.80*
Coletor	1	0.00141	150.98266	2282713395.06	0.22715	552978.14*
Estádio Fenol.xcoletor	7	0.07248	126.60087	333153033.56	0.16377	145087.99
Resíduo	42	0.11352	162.30066	345189416.58	0.18876	145578.00
Total	63					

*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.