



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

WAGNER TEIGI IGARASHI

**INTENSIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM
FUNÇÃO DA DURAÇÃO E PORCENTAGEM DE
MOLHAMENTO FOLIAR DETERMINADO PELO
ESPAÇAMENTO ENTRELINHA**

Londrina
2013

WAGNER TEIGI IGARASHI

**INTENSIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM
FUNÇÃO DA DURAÇÃO E PORCENTAGEM DE
MOLHAMENTO FOLIAR DETERMINADO PELO
ESPAÇAMENTO ENTRELINHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab.

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

I24i Igarashi, Wagner Teigi.

Intensidade da ferrugem asiática da soja em função da duração
e porcentagem de molhamento foliar determinado pelo
espaçamento entrelinha / Wagner Teigi Igarashi. – Londrina,
2013.
43 f. : il.

Orientador: Otávio Jorge Grigoli Abi-Saab.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina,
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Ferrugem asiática – Teses. 2. Fungos-da-ferrugem – Teses. 3. Soja – Doenças e
pragas – Influência do clima – Teses. 4. Soja – Semeadura – Teses. I. Abi-Saab, Otávio
Jorge Grigoli. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.2:633.34

WAGNER TEIGI IGARASHI

**INTENSIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM FUNÇÃO
DA DURAÇÃO E PORCENTAGEM DE MOLHAMENTO FOLIAR
DETERMINADO PELO ESPAÇAMENTO ENTRELINHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva
UEL – Londrina - PR

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Balan
UEM – Maringá - PR

Prof. Dr. Seiji Igarashi
UEL – Londrina - PR

Prof. Dra. Cristiane Gonçalves Gardiano
IAPAR – Londrina - PR

Orientador Prof. Dr. Otávio Jorge Grigoli Abi Saab
UEL – Londrina – PR

Londrina, 21/02/2013

DEDICATÓRIA

À toda minha família, em especial meu pais Oscar e Noemia, aos meus irmãos Vitor e Lucas, à minha namorada Sayuri, e aos meus avós paternos (Tokuzo e Siorio (*in memoriam*), e maternos (Takeshi (*in memoriam*) e Mitsuko)

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos às pessoas e instituições que tornaram possível a realização deste trabalho:

Ao meu orientador Professor Otávio Jorge Grigoli Abi Saab pelos ensinamentos, conselhos, a constante orientação neste trabalho e sobretudo ao apoio, confiança e amizade.

Ao meu tio e Professor Seiji Igarashi pelo incentivo, ensinamentos e orientações, que me motivaram a perseverar para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Marcelo Augusto de Aguiar e Silva por enriquecer o trabalho com seus conhecimentos e contribuições durante o mestrado.

À Professora Inês Cristina de Batista Fonseca pela ajuda na interpretação das análises estatísticas.

Aos Professores José Alexandre de França, Maria Bernadete de Moraes de França e alunos de pós graduação de Engenharia Elétrica pelo desenvolvimento dos sensores de molhamento foliar e no aporte técnico na utilização dos mesmos.

Aos colegas de pós-graduação, em especial Gustavo Migliorini de Oliveira, Mayra Suemy Ishikawa, Karina Aline Alves, Vagner Amado Belo de Oliveira.

Aos colegas estagiários da fitopatologia da UEL – Daniel Rebello, Gian Watanabe, Henrique Kaneko, Jessyka Aline Zago, Rafael Maeoka, Rafael Hayashida, Rafael Toda, Ricardo Suzuki e Emerson Hoshino, pela amizade, convivência e contribuições para o experimento.

Aos técnicos da fazenda e do laboratório de fitopatologia da UEL, em especial ao Técnico José Antonio Rocha pela convivência e pelo apoio pratico nas etapas experimentais.

À Universidade Estadual de Londrina e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de realização desse projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), por conceder a bolsa estudos.

IGARASHI, Wagner Teigi. **Intensidade da ferrugem asiática da soja em função da duração e porcentagem de molhamento foliar determinado pelo espaçamento entrelinha.** 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da utilização de dois espaçamentos entrelinhas sobre a duração do período de molhamento foliar (horas) e porcentagem de molhamento foliar (%), ambos em quatro alturas, correlacionando com a chegada dos primeiros uredosporos e intensidade da ferrugem asiática da soja (FAS). O experimento foi instalado na área experimental da Fazenda Escola da UEL no ano agrícola de 2011/2012, utilizando a cultivar Potência RR, com espaçamentos entre linhas de 0,45 e 0,80 m e densidade de plantas de 42,22 pl.m⁻² e 23,75 pl.m⁻², respectivamente. Os dados agrometeorológicos foram coletados por um equipamento desenvolvido na UEL denominado “Árvore eletrônica de molhamento”, onde a duração do período de molhamento (DPM) e a porcentagem de molhamento foram mensurados em quatro alturas (1,7; 0,9; 0,6 e 0,3 m). Os tratamentos foram dispostos com dois espaçamentos e quatro repetições, com uma Árvore em cada parcela, totalizando oito equipamentos na área. Quando a soja se encontrava no estágio V4, foram instalados quatro coletores de esporos SIGA para determinar a chegada dos primeiros esporos da FAS. As avaliações de doenças foram realizadas considerando nível de intensidade da FAS, uma vez por semana em quatro pontos aleatórios da parcela. Adotou-se o delineamento estatístico de parcelas pareadas inteiramente ao acaso e foram feitos testes estatísticos descritivos e não-paramétricos para correlacionar as variáveis. O tratamento com espaçamento de 0,80 m não diferiu estatisticamente do tratamento com espaçamento de 0,45 m quanto a severidade da FAS e produtividade por unidade de área. O aumento do espaçamento proporcionou menor porcentagem de molhamento no terço médio do dossel da soja (0,6 m). A detecção de esporos no coletor SIGA evidencia a importância do monitoramento das condições ambientais e da favorabilidade ambiental da lavoura, e não início imediato de controle químico. O aumento do espaçamento de 0,45 m para o de 0,80 m proporcionou maior produção de vagens por planta.

Palavras-Chave *Phakopsora pachyrhizi*. Microclima. Densidade de semeadura. Coletor de esporos.

IGARASHI, Wagner Teigi. **Intensity of soybean rust due to the duration and percentage of leaf wetness duration determined by the spacing between rows.** 2013. 43 p. Masters Dissertation – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2013.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of two row spacings on the leaf wetness duration (hours) and percentage of leaf wetness (%), both in four heights, correlating with the arrival of the first uredospore and intensity of soybean rust (FAS). The experiment was installed in the experimental farm of University of Londrina (UEL) in the agricultural year 2011/2012, using the cultivar Potência RR, with row spacing of 0.45 and 0.80 m and with 42.22 pl . m⁻² and 23.75 pl. m⁻² plant density. Agrometeorology data was gathered by a device developed at UEL called "Electronic Tree", where leaf wetness was measured in four heights (1.7, 0.9, 0.6 and 0.3 m). The treatments were two row spaces by four repetitions, with one tree in each plot, totality of eight equipments in the area. When soybean was in stage V4, four spore-trap SIGA were installed to determine the arrival of the first spores of FAS. Evaluations of disease were made considering the level of intensity of rust, one time per week in four random points in the plot. The statistical design of completely randomized paired plots was adopted, and statistical tests were descriptive and non-parametric variables to correlate. Treatment with row spacing of 0.80 m was not statistically different from treatment with row spacing of 0.45 m as the severity of FAS and productivity per unit area. The increased row spacing resulted in a smaller percentage of leaf wetness in the middle third of the soybean canopy (0.6 m). The detection of spores in the SIGA spore-trap highlights the importance of monitoring environmental conditions and environmental favorability of the crop, not the beginning of immediate chemical control. The increased spacing of 0.45 m to 0.80 m highest yield of pods per plant.

Key words *Phakopsora pachyrhizi*. Microclimate. Seed density. Spore-trap.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1	Esquema demonstrativo da distribuição das parcelas do experimento	25
Figura 3.2	Esquema demonstrativo da parcela e seus pontos de avaliação.....	26
Figura 3.3	Área abaixo da curva de progresso da doença	27
Figura 3.4	Distribuição pluviométrica, temperatura e umidade relativa média durante o período experimental.....	29
Figura 3.5	Número de uredósporos totais capturados em coletor de esporos SIGA, nas safras 2011/2012 na Fazenda Escola da UEL, Londrina, PR.....	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1	Principais características da cultivar de soja BMX Potência RR.....	25
Tabela 3.2	Mediana da DPM no espaçamento de 0,45 m do período avaliado	29
Tabela 3.3	Mediana da DPM no espaçamento de 0,80 m do período avaliado	30
Tabela 3.4	Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 22 ao dia 28 de dezembro de 2011	31
Tabela 3.5	Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 9 ao dia 15 de janeiro de 2012	32
Tabela 3.6	Avaliações de severidade da FAS feitas durante a safra 2011/2012 de soja.....	33
Tabela 3.7	Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 16 ao dia 29 de janeiro de 2012	34
Tabela 3.8	Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 01 ao dia 07 de fevereiro de 2012	34
Tabela 3.9	Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 14 ao dia 20 de fevereiro de 2012	35
Tabela 3.10	Valores da mediana observados para a altura final da planta, número de ramificações/planta, número de vagens/planta e peso de vagens/planta, analisados pelo Teste de Mann Whitney	36
Tabela 3.11	Valores da mediana para umidade dos grãos, peso de mil grãos, peso total e produtividade	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS)	12
2.1.1 Histórico	12
2.1.2 Sintomatologia.....	13
2.1.3 Controle	13
2.2 MONITORAMENTO DOS UREDÓSPOROS ANTES DA INFECÇÃO PRIMÁRIA	15
2.3 INFLUÊNCIA DA CHUVA SOBRE A FAZ	15
2.4 DPM E TEMPERATURA	16
2.5 INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA NA SOJA	18
3 ARTIGO: INTENSIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO DETERMINADO PELO ESPAÇAMENTO ENTRELINHA	20
3.1 INTRODUÇÃO	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.2.1 Instalação Do Experimento	24
3.2.2 Coleta E Análise De Dados	27
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.3.1 Dados Meteorológicos	28
3.3.2 Dados De Molhamento Foliar	29
3.3.3 Aparecimento De Uredósporos No Ar E Sintomas Da Faz.....	30
3.3.3.1 Detecção dos primeiros uredósporos	30
3.3.3.2 Detecção dos primeiros sintomas	32
3.3.4 Condições Meteorológicas E Avaliação Da Severidade Da Ferrugem	33
3.3.5 Características Agronômicas	35
3.3.6 Produtividade.....	36
3.4 CONCLUSÃO	37
4 CONCLUSÕES GERAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., tem um grande potencial destrutivo da lavoura. Em condições favoráveis à doença as perdas podem ultrapassar 70% da produção, sendo necessárias aplicações de fungicidas para seu controle, aumentando o custo de produção em áreas de cultivo de soja no Brasil.

As condições ambientais influenciam diretamente na incidência de doenças, existindo formas de se manejar o microclima da área através de práticas culturais para se minimizar perdas. Dentre as práticas utilizadas na cultura da soja está o espaçamento entrelinhas de cultivo, que pode variar de recomendações de 40 até 50 cm, dependendo da região produtora.

Sabe-se que a utilização de menores espaçamentos entrelinha proporciona o fechamento mais rápido da cultura, culminando no manejo eficaz de plantas daninhas. No entanto, essa condição de adensamento dificulta a proteção química em todo o dossel da planta, principalmente no terço médio e inferior, além de criar um microclima de menor circulação de ar, menor temperatura, e conseqüentemente, maior umidade. Esta umidade favorece o molhamento foliar, termo geral utilizado para designar a presença de água na forma líquida sobre a parte aérea dos vegetais.

A duração do período de molhamento (DPM) é de grande importância para epidemiologia de doenças de plantas, uma vez que a permanência de água sobre as superfícies vegetais desempenha papel fundamental em alguns processos epidemiológicos tais como a infecção e a esporulação. Em relação à FAS, a DPM associada com a temperatura é um fator crítico para que ocorra a infecção. De maneira geral, temperaturas entre 18 e 26°C e DPM superior a 10 horas diárias, estão associadas às condições ótimas para que se desenvolva uma epidemia severa de doenças em plantas.

O emprego de sensores eletrônicos facilitou a medida da DPM. Atualmente existem vários modelos de sensores, entretanto, eles apenas acusam a presença do molhamento, não quantificando sua porcentagem. Como a severidade da ferrugem é proporcional à área foliar molhada, o desenvolvimento de sensores que quantifiquem a porcentagem de molhamento foliar é importante e permitirá indicar com maior exatidão as condições de molhamento favoráveis ou não para o desenvolvimento epidemiológico da doença.

Apesar de todas estas informações, não se sabe ao certo o quanto a DPM é realmente modificada pelo aumento ou redução do espaçamento entrelinhas. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da utilização de dois espaçamentos entrelinhas sobre a duração do período de molhamento foliar (horas) e porcentagem de molhamento foliar (%), ambos em quatro alturas, correlacionando com a chegada dos primeiros uredosporos e intensidade da ferrugem asiática da soja (FAS).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA (FAS)

2.1.1 Histórico

A FAS causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi*, foi constatada primeiramente no Japão, em 1903, posteriormente na Ásia em 1914 e na década de 1990 na África (URBEN; MENDES, 2003). Segundo Godoy e Arias (2003), a ferrugem asiática se encontra presente na maioria dos países que cultivam soja no oriente (países da Ásia e Austrália). No Havaí, foi detectada pela primeira vez em 1994, e atingiu o continente Africano em 1996 sendo inicialmente detectada em Uganda, posteriormente no Zimbabwe e na Zâmbia, em 1998; e na África do Sul em 2001. No continente Sul Americano, foi detectada pela primeira vez em 2001, no Paraguai e posteriormente no Brasil (YORINORI; PAIVA, 2002b).

No Brasil, esta doença foi identificada primeiramente no Estado do Paraná também em 2001, possivelmente procedente do Paraguai (URBEN; MENDES, 2003). Também houveram constatações posteriores nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso (YORINORI; PAIVA, 2002b).

Yorinori et al., (2003) afirmam que, na safra 2002/2003, a ferrugem afetou quase 100% da área cultivada de soja no Brasil. As regiões mais atingidas no período foram o oeste da Bahia, norte do Mato Grosso, todo o estado de Goiás e o noroeste de Minas Gerais (UTIAMADA, 2003). Segundo Balardin (2003), a ocorrência da ferrugem foi extremamente severa, principalmente na região do cerrado baiano, onde o patógeno encontrou uma combinação de fatores favoráveis ao desenvolvimento epidêmico (época de semeadura, re-semeaduras, áreas com cultivares de ciclo médio, médio-tardio e tardio).

Em levantamento sobre a ferrugem asiática no Brasil na safra 2010/2011, o Consórcio antiferrugem (BRASIL, 2012) destaca que todos os Estados produtores de soja apresentaram a incidência da doença, entretanto, em virtude da ocorrência localizada da ferrugem nesta safra as perdas não puderam ser estimadas.

2.1.2 Sintomatologia

Os sintomas da FAS podem surgir em qualquer momento do ciclo fenológico da cultura, porém tem acontecido de forma mais frequente em plantas em estágio reprodutivo (JULIATTI, 2004). Este fato se deve ao microclima formado no interior do dossel das plantas quando chegam ao estágio reprodutivo, que possibilitam condições ambientais decisivas para o patossistema da cultura da soja (ALVES et al., 2006).

Segundo Yorinori e Paiva (2002a), os primeiros sintomas da ferrugem são caracterizados por minúsculos pontos (no máximo 1 mm de diâmetro) mais escuros que o tecido sadio da folha, de uma coloração esverdeada a cinza esverdeada. Os sintomas mais comuns da ferrugem asiática são lesões de cor palha (TAN) a marrom-escuras ou marrom-avermelhada (RB), ou manchas com uma a muitas urédias (pústulas), que encerram os uredósporos e com o desenvolvimento da doença, as lesões adquirem forma poligonal, delimitadas pelas nervuras secundárias, podendo alcançar um tamanho de dois a três milímetros (YORINORI, 2003).

Segundo Utiamada (2003), à medida que prossegue a esporulação, o tecido ao redor das primeiras urédias escurece, formando as lesões que são facilmente visíveis em ambas as faces da folha. Os sintomas iniciais da ferrugem podem ser confundidos com outras doenças da soja, como a septoriose (*Septoria glycines*), que forma um halo amarelo ao redor da lesão necrótica, que é angular e castanho-avermelhada e também causa queda de folhas (YORINORI, 2003; BALARDIN, 2003; EMBRAPA SOJA, 2006).

A infecção por *P. pachyrhizi* causa rápido amarelecimento e queda prematura das folhas impedindo a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho do grão e, conseqüentemente, maior a perda do rendimento e da qualidade (GODOY; CANTERI, 2004).

2.1.3 Controle

O fungo *P. pachyrhizi* pode passar de uma safra para outra sobrevivendo em plantas hospedeiras como a soja guaxa, lavouras de multiplicação de sementes no inverno, em baixo de irrigação por pivô central, soja perene, e outras espécies leguminosas (UTIAMADA, 2003). Por isso a importância do “vazio sanitário”, que teve início em 2006 nos estados de Mato Grosso e Goiás, constituindo-se em um período de 90 dias sem a cultura de soja durante a entressafra, com eliminações de plantas voluntárias e cultivos comerciais. Desta forma, é

possível reduzir o inóculo nas primeiras semeaduras, diminuindo assim a possibilidade de incidência da doença no período vegetativo e, conseqüentemente, racionalizando o número de aplicações de fungicida (GODOY et al., 2006).

Os uredósporos da ferrugem da soja germinam em três a seis horas de molhamento sob temperaturas de 14 a 29°C, porém, a germinação e penetração no tecido da folha pode ocorrer com temperaturas variando de 8 a 26°C (SINCLAIR; HARTMAN, 1999).

Estudos mais recentes (FURTADO et al., 2010) mostraram que os esporos de FAS germinam e formam estruturas infectantes durante a época de chuvas em menos de 4 horas a 23 °C. No entanto, se após essas 4 horas houver interrupção no molhamento, os esporos perdem sua capacidade infectiva, indicando tempo insuficiente para a penetração das hifas e intolerância a períodos secos após o início do processo de germinação. Quando as plantas inoculadas foram submetidas a molhamento foliar de 12 horas contínuas, a severidade da FAS foi de 30%.

O mínimo de horas de molhamento contínuas requeridas para o desenvolvimento da FAS é de 6 horas, sendo 10 horas consideradas ótimas, com temperaturas entre 18 e 26°C, uredosporos viáveis e soja suscetível (MELCHING et al., 1989; BALARDIN, 2003). Balardin (2003) relata também que a destruição de hospedeiros secundários para reduzir o inóculo para a próxima safra e o aumento dos teores de fósforo no solo pode reduzir a incidência da doença. Segundo o mesmo autor, cultivares de ciclo precoce podem apresentar menor dano já que tendem a completar o ciclo antes que o nível de inóculo seja epidêmico.

Para o manejo da FAS, recomenda-se vistoriar a lavoura desde o início do crescimento da soja e, principalmente quando estiver em estágio reprodutivo, pois ao primeiro sinal da doença, e havendo condições favoráveis (chuva e/ou abundante formação de orvalho), poderá haver a necessidade de aplicação de fungicidas (YORINORI; PAIVA, 2002a; BALARDIN, 2003).

Devido à agressividade dessa doença, o monitoramento contínuo é essencial para que a medida de controle possa ser adotada no momento correto, a fim de se evitar reduções de produtividade. O método de controle, através do uso de fungicidas, só é eficiente quando baseado em um criterioso levantamento e conhecimento da ocorrência da doença em lavouras vizinhas ou na propriedade (YORINORI, 2005).

A grande dificuldade dos agricultores é identificar os sintomas iniciais da doença, fazendo com que adotem o controle químico calendarizado, feito em estádios pré estabelecidos da soja (GODOY et al., 2009). De acordo com os mesmos autores esta

estratégia pode promover adequada supressão da doença, porém está em desacordo com os fatores que influenciam as epidemias, podendo induzir a aplicações desnecessárias e proporcionando aumento de custos.

2.2 MONITORAMENTO DOS UREDÓSPOROS ANTES DA INFECÇÃO PRIMÁRIA

Com a adoção de diversas medidas de controle do potencial de inóculo no período de entressafra, a vinda de novos esporos para instalação do ciclo primário na lavoura é adiada, o que propicia a utilização de armadilhas caça-esporos como forma prática de se acompanhar a chegada dos esporos na área (DEL PONTE; ESKER, 2007; IGARASHI et al., 2010; FORMENTO et al., 2010; BALARDIN, 2010).

Para Iamamoto (2009) e Igarashi et al. (2010), os programas atuais de controle químico da ferrugem asiática da soja deveriam levar em consideração a aplicação preventiva somente após o momento em que o inóculo tenha sido detectado, antes da infecção.

Para a efetivação dessa estratégia, a utilização de armadilhas caça-esporos instaladas em lavouras propiciaria o acompanhamento da evolução do inóculo e a elaboração de mapas de previsão de epidemia da doença, podendo alertar tanto técnicos quanto produtores, quanto aos riscos de infecção pela presença do patógeno (DEL PONTE et al., 2004; SILVA; PRABHU, 2005; VON QUALEN; YANG, 2006; ISARD et al., 2007; IAMAMOTO, 2009).

Segundo Balardin (2010), existe grande expectativa de que as armadilhas caça-esporos possam ser ferramentas disponíveis para o manejo econômico e eficiente da ferrugem asiática nas próximas safras.

2.3 INFLUÊNCIA DA CHUVA SOBRE A FAZ

A ocorrência de chuvas durante a safra de soja influencia a ferrugem asiática de diversas maneiras, contribuindo ou não para que a doença ocorra. A chuva está associada a vários fatores ambientais, pois além da água precipitada que altera a umidade ambiental, tende a diminuir a temperatura e a causar rajadas de vento.

Dependendo de como a chuva é formada, a turbulência provocada pelo vento atua como um fator de disseminação dos esporos de ferrugem carregando-os do dossel das plantas para serem depositados em outros locais. A deposição dos esporos pode ocorrer de

duas maneiras: pela ação da gravidade (deposição seca) e pelas gotas de chuva (deposição úmida), sendo a segunda maneira mais crítica para a ocorrência de epidemias, uma vez que fornece condições para que a infecção ocorra. (DEL PONTE, 2008).

Estudos nos EUA mostraram que a chuva pode ser um importante fator de disseminação de uredósporos da ferrugem asiática. Através de coletas semanais de chuva analisadas por teste de PCR (Reação em Cadeia da Polimerase), foi observado que 5,2% dos ensaios mostraram resultados positivos de DNA para *P. pachyrhizi*, em 2005, e 17,8% em 2006 em relação ao mesmo período de tempo (BARNES, 2009).

No entanto, segundo Dufalt et al. (2010), dependendo da intensidade e da duração da chuva subsequente à deposição úmida de esporos, pode haver a remoção os mesmos por lavagem das folhas, diminuindo as chances de ocorrência da infecção. Beck (2006) em seu ensaio constatou que a chuva reduziu drasticamente a liberação de uredósporos do dossel da cultura por um período de 24 a 48 horas após esse evento.

Por outro lado, Del Ponte et al. (2006a) em seus estudos com 34 campos experimentais no Brasil durante 3 épocas de plantio consecutivas, observaram haver uma forte correlação entre severidade final da doença com precipitação pluviométrica (acima de 1 mm), do que com as variáveis temperatura máxima e mínima.

Del Ponte (2006b) e Canteri et al. (2007), relataram que a chuva exerce forte influência sobre a epidemia de FAS, porém não é apenas o clima ou o ambiente que regulam as epidemias, pois o progresso da doença é fortemente influenciado pela quantidade do inóculo inicial que explica grande variação na severidade da doença em semeaduras antecipadas ou tardias.

2.4 DPM E TEMPERATURA

A permanência de água sobre a planta é quantificada pela Duração do Período de Molhamento (DPM) e é um dos parâmetros agrometeorológicos mais importantes que influenciam no processo infectivo e na severidade de diversas doenças fúngicas. A condensação na superfície das plantas, promovida pelo orvalho, chuva, irrigação ou nevoeiro, fornece condições necessárias para a germinação e infecção do tecido foliar pelo patógeno (GUYOT et al., 2005). Este parâmetro é usado em modelos de simulação e sistemas de alerta de muitas doenças (HUBER; GILLESPIE, 1992; KIM et al., 2002; DALLA MARTA et al., 2004; PAPASTAMATI et al., 2004) que orientam produtores a utilizar a pulverização de

fungicidas de maneira racional, fazendo o controle químico somente quando realmente for necessário (GILLESPIE et al., 1993).

Apesar da sua importância a DPM é uma variável difícil de ser medida, pois não depende exclusivamente das condições atmosféricas, mas também da sua interação com a estrutura, composição e fisiologia do dossel da cultura (MAGAREY, 1999; MADEIRA et al., 2002; SENTELHAS et al., 2005; MARTA et al., 2007). No entanto, muitos sensores foram desenvolvidos para quantificá-la, uma vez que a estimativa por modelos empíricos ou físicos é extremamente complexa, de difícil aplicação e validação nas condições de campo, devido às complexas interações da atmosfera com a cultura e por exigirem muitas variáveis meteorológicas (SENTELHAS et al., 2005; MARTA et al., 2007).

O aumento do uso de estações meteorológicas automáticas em todo mundo, inclusive no Brasil, a redução do custo de sistemas eletrônicos de aquisição de dados, a precisão e a facilidade da obtenção de dados contínuos, têm contribuído para o aumento do uso de sensores eletrônicos. Esses sensores podem simular uma folha (sensores do tipo folha artificial) ou serem instalados diretamente no tecido vegetal (sensores de contato direto com as superfícies das plantas). No primeiro caso, pequenos eletrodos são fixados em estruturas artificiais que simulam uma folha, por exemplo, placa de circuito impresso (GILLESPIE; KIDD, 1978; ARMSTRONG et al., 1993) ou tubos de acrílico (GILLESPIE e DUAN, 1987). Já no segundo caso, os eletrodos são fixados diretamente nos órgãos vegetais. Em ambos os casos, a presença de água provoca redução da resistência entre os eletrodos, cuja a informação é armazenada num sistema de aquisição de dados (GILLESPIE et al., 1996; MADEIRA et al., 2002).

Uma das limitações na utilização dos sensores eletrônicos, é que eles apenas acusam a presença do molhamento, não quantificando sua porcentagem. Como a severidade da ferrugem é proporcional à quantidade e a duração da área foliar molhada (BEDENDO, 1995), o desenvolvimento de sensores que quantifiquem a porcentagem de molhamento foliar é importante e permitirá indicar com maior exatidão as condições de molhamento favoráveis ou não para o desenvolvimento epidemiológico da doença.

Outro aspecto importante para produzir dados precisos da DPM em cultivos agrícolas é o número de sensores necessários para caracterizar essa variável. Como a DPM é influenciada pela estrutura, arquitetura e altura das plantas (HUBER; GILLESPIE, 1992; DALLA MARTA et al., 2005; SENTELHAS et al., 2005), a interação da copa com a atmosfera promove diferentes microclimas dentro da cultura, podendo partes do dossel vegetativo apresentarem-se úmidas enquanto outras apresentarem-se secas. Portanto, para

garantir a correta caracterização da DPM é necessária a instalação de sensores em diferentes partes do dossel da cultura, o que se torna inviável devido ao alto custo de alguns sensores.

2.5 INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA NA SOJA

De acordo com as recomendações técnicas para o manejo da cultura da soja no Brasil, o espaçamento entre linhas de cultivo é de 40 a 50 cm (EMBRAPA, 2011). Inicialmente, o espaçamento entrelinhas de soja era estabelecido com o objetivo de adequar a população de plantas na área, proporcionando mais rapidamente o fechamento do cultivo. Segundo Carvalho e Velini (2001), com o fechamento do dossel, é determinado o momento no ciclo da soja, em que a cultura passa a exercer o controle cultural sobre as plantas daninhas. Por esta razão tem sido comum a utilização de menores espaçamentos em lavouras comerciais. No entanto, com o advento dos herbicidas pós-emergência, essa razão perdeu importância (EMBRAPA, 2011).

Do ponto de vista fitossanitário, o cultivo mais adensado de soja pode ser desfavorável. Heiffig et al. (2006) destaca que em densidades maiores há o rápido fechamento nas entrelinhas, estabelecendo condições de menor circulação de ar e maior umidade, o que pode favorecer a incidência de doenças. Entre estas doenças podemos destacar o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a antracnose (*Colletotrichum truncatum*) e a ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), os quais se beneficiam com o adensamento de plantas (ELMORE, 2004; LEE et al., 2003; EMBRAPA, 2006; MADALOSSO et al., 2006).

A condição mais favorável para patogênese se estabelece principalmente no terço inferior pelo microclima, onde a temperatura sofre menores alterações e o orvalho tem sua evaporação retardada, determinando a duração do período de molhamento foliar superior a 10 horas por dia (BALARDIN, 2002).

Com a utilização de espaçamentos maiores e menores densidades de plantas por área, pode-se estabelecer características diferenciadas do ponto de vista da patogênese, melhoria na qualidade da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários e na produtividade. Embrapa (2011) destaca que com a melhoria na qualidade operacional das semeadoras modernas, associadas melhor qualidade de sementes produzidas no país e com a adoção do tratamento químico de sementes, é possível reduzir a população de plantas mantendo bons rendimentos.

Para Madalosso et al. (2010), o espaçamento de 60 cm entrelinhas em relação ao de 40 cm, proporcionou menores valores de doença acumulada e aumento de

produtividade, visto que o maior espaçamento maximizou as características da tecnologia de aplicação, com acréscimo de penetração e cobertura de gotas devido à exposição das folhas do terço médio e inferior. Debortoli et al. (2006) verificaram diferenças de produtividade superior a 1 t.ha^{-1} quando a pressão de ferrugem asiática foi maior no espaçamento de 30 cm em relação ao de 45 cm.

O fato da condição à patogênese ser desfavorecida pelo aumento do espaçamento e pela melhor retenção do fungicida, evidencia a importância da interação do manejo fitotécnico, controle químico das doenças e a tecnologia utilizada na aplicação. A associação com o manejo fitotécnico pode proporcionar melhor adequação no manejo fitossanitário bem como favorecer o desenvolvimento fenológico da planta pela maior exposição de suas folhas à luminosidade (MADALOSSO, 2007)

3 ARTIGO:

INTENSIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA DA SOJA EM FUNÇÃO DA DURAÇÃO DO PERÍODO DE MOLHAMENTO DETERMINADO PELO ESPAÇAMENTO ENTRELINHA.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da utilização de dois espaçamentos entrelinhas sobre a duração do período de molhamento foliar (horas) e porcentagem de molhamento foliar (%), ambos em quatro alturas, correlacionando com a chegada dos primeiros uredosporos e intensidade da ferrugem asiática da soja (FAS). O experimento foi instalado na área experimental da Fazenda Escola da UEL no ano agrícola de 2011/2012, utilizando a cultivar Potência RR, com espaçamentos entre linhas de 0,45 e 0,80 m e densidade de plantas de 42,22 pl.m⁻² e 23,75 pl.m⁻², respectivamente. Os dados agrometeorológicos foram coletados por um equipamento desenvolvido na UEL denominado “Árvore eletrônica de molhamento”, onde a duração do período de molhamento (DPM) e a porcentagem de molhamento foram mensurados em quatro alturas (1,7; 0,9; 0,6 e 0,3 m). Os tratamentos foram dispostos com dois espaçamentos e quatro repetições, com uma Árvore em cada parcela, totalizando oito equipamentos na área. Quando a soja se encontrava no estágio V4, foram instalados quatro coletores de esporos SIGA para determinar a chegada dos primeiros esporos da FAS. As avaliações de doenças foram realizadas considerando nível de intensidade da FAS, uma vez por semana em quatro pontos aleatórios da parcela. Adotou-se o delineamento estatístico de parcelas pareadas inteiramente ao acaso e foram feitos testes estatísticos descritivos e não-paramétricos para correlacionar as variáveis. O tratamento com espaçamento de 0,80 m não diferiu estatisticamente do tratamento com espaçamento de 0,45 m quanto a severidade da FAS e produtividade por unidade de área. O aumento do espaçamento proporcionou menor porcentagem de molhamento no terço médio do dossel da soja (0,6 m). A detecção de esporos no coletor SIGA evidencia a importância do monitoramento das condições ambientais e da favorabilidade ambiental da lavoura, e não início imediato de controle químico. O aumento do espaçamento de 0,45 m para o de 0,80 m proporcionou maior produção de vagens por planta.

Palavras-chave *Phakopsora pachyrhizi*. Microclima. Densidade de semeadura. Ccoletor de esporos.

INTENSITY OF SOYBEAN RUST DUE TO THE LEAF WETNESS DURATION DETERMINED BY THE SPACING BETWEEN ROWS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of two row spacings on the leaf wetness duration (hours) and percentage of leaf wetness (%), both in four heights, correlating with the arrival of the first uredospore and intensity of soybean rust (FAS). The experiment was installed in the experimental farm of University of Londrina (UEL) in the agricultural year 2011/2012, using the cultivar Potência RR, with row spacing of 0.45 and 0.80 m and with 42.22 pl . m⁻² and 23.75 pl. m⁻² plant density. Agrometeorology data was gathered by a device developed at UEL called "Electronic Tree", where leaf wetness was measured in four heights (1.7, 0.9, 0.6 and 0.3 m). The treatments were two row spaces by four repetitions, with one tree in each plot, totality of eight equipments in the area. When soybean was in stage V4, four spore-trap SIGA were installed to determine the arrival of the first spores of FAS. Evaluations of disease were made considering the level of intensity of rust, one time per week in four random points in the plot. The statistical design of completely randomized paired plots was adopted, and statistical tests were descriptive and non-parametric variables to correlate. Treatment with row spacing of 0.80 m was not statistically different from treatment with row spacing of 0.45 m as the severity of FAS and productivity per unit area. The increased row spacing resulted in a smaller percentage of leaf wetness in the middle third of the soybean canopy (0.6 m). The detection of spores in the SIGA spore-trap highlights the importance of monitoring environmental conditions and environmental favorability of the crop, not the beginning of immediate chemical control. The increased spacing of 0.45 m to 0.80 m highest yield of pods per plant.

Key-words *Phakopsora pachyrhizi*. Microclimate. Seed density. Spore-trap.

3.1 INTRODUÇÃO

No Brasil a ferrugem asiática da soja (FAS), causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Syd. & P. Syd., foi identificada primeiramente no Estado do Paraná em 2001, possivelmente procedente do Paraguai (URBEN; MENDES, 2003). Também houve constatações em anos posteriores nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Mato Grosso (YORINORI; PAIVA, 2002b).

A infecção por *P. pachyrhizi* causa rápido amarelecimento e queda prematura das folhas impedindo a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo ocorrer a desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a perda do rendimento e da qualidade (GODOY, CANTERI, 2004). O transporte dos uredósporos da *P. pachyrhizi* ocorre facilmente pelo vento, a longas distâncias, o que favorece a contaminação de áreas vizinhas (UTIAMADA, 2003; YORINORI et al., 2003; EMBRAPA SOJA, 2006).

A ocorrência de chuvas durante a safra de soja influencia a ferrugem asiática de diversas maneiras, contribuindo ou não para que a doença ocorra. Dependendo de como a chuva é formada, a turbulência provocada pelo vento atua como um fator de disseminação dos esporos de ferrugem carregando-os do dossel das plantas para serem depositados em outros locais (DEL PONTE, 2008). No entanto, segundo Dufalt et al.(2010), dependendo da intensidade e da duração da chuva subsequente à deposição úmida de esporos, pode remover os mesmos por lavagem das folhas, diminuindo as chances de ocorrência da infecção.

Os sintomas iniciais da FAS são de difícil percepção, fazendo com que os agricultores adotem o controle químico calendarizado, feito em estádios pré-estabelecidos da soja (GODOY et al., 2009). De acordo com os mesmos autores esta estratégia pode promover adequada supressão da doença, porém está em desacordo com os fatores que influenciam as epidemias, podendo induzir a aplicações desnecessárias e proporcionando aumento de custos.

Estas dificuldades propiciam a adoção de armadilhas caça-esporos como forma prática de se acompanhar a chegada dos esporos na área e possibilitar a técnicos e produtores uma melhor definição sobre o momento de se efetivar a primeira aplicação de fungicida (DEL PONTE; ESKER, 2007; IGARASHI et al., 2010; FORMENTO et al., 2010; BALARDIN, 2010).

Os sintomas da FAS podem surgir em qualquer momento do ciclo fenológico da cultura, porém tem acontecido de forma mais frequente em plantas em estágio reprodutivo (JULIATTI, 2004). Este fato se deve ao microclima formado no interior do dossel

das plantas quando chegam ao estágio reprodutivo, que formam condições ambientais decisivas para o patossistema da cultura da soja (ALVES et al., 2006).

A condição mais favorável para patogênese se estabelece principalmente no terço inferior pelo microclima, onde a temperatura sofre menores alterações e o orvalho tem sua evaporação retardada, determinando a duração do período de molhamento foliar superior a 10 horas por dia (BALARDIN, 2002). Com a utilização de espaçamentos maiores e menores densidades de plantas por área, pode-se estabelecer características diferenciadas do ponto de vista da patogênese, tecnologia de aplicação e produtividade.

Estudos recentes (FURTADO et al., 2010) mostraram que os esporos de FAS germinam e formam estruturas infectantes durante a época de chuvas em menos de 4 horas de molhamento a 23 °C. No entanto, se após estas 4 horas houver interrupção no molhamento, os esporos perdem sua capacidade infectiva, indicando tempo insuficiente para a penetração das hifas e intolerância a períodos secos após o início do processo de germinação. Balardin (2003) relata que 10 horas por dia de molhamento foliar e temperaturas entre 18 e 26°C são ótimas para que se desenvolva uma epidemia severa.

Este molhamento foliar ou permanência de água sobre a planta é quantificada pela Duração do Período de Molhamento (DPM), uma variável difícil de ser medida, já que não depende exclusivamente das condições atmosféricas, mas também da sua interação com a estrutura e composição do dossel da cultura e sua fisiologia (MAGAREY, 1999; MADEIRA et al., 2002; SENTELHAS et al., 2005; MARTA et al., 2007).

Muitos sensores foram desenvolvidos para quantificar a DPM, uma vez que a estimativa por modelos empíricos ou físicos é extremamente complexa, de difícil aplicação e validação nas condições de campo, devido às complexas interações da atmosfera com a cultura e por exigirem muitas variáveis meteorológicas (SENTELHAS et al., 2005; MARTA et al., 2007).

Uma das limitações na utilização dos sensores eletrônicos, é que eles apenas acusam a presença do molhamento, não quantificando sua porcentagem. Como a severidade da FAS é proporcional à quantidade e a duração da área foliar molhada (BEDENDO, 1995), o desenvolvimento de sensores que quantifiquem a porcentagem de molhamento foliar é importante e permitirá indicar com maior exatidão as condições de molhamento favoráveis ou não para o desenvolvimento epidemiológico da doença. Outro aspecto importante para produzir dados precisos da DPM em cultivos agrícolas é o número de sensores necessários para caracterizar essa variável, já que a interação da copa com a atmosfera promove diferentes

microclimas dentro da cultura, podendo partes do dossel vegetativo apresentarem-se úmidas enquanto outras apresentarem-se secas.

Apesar destas informações, não se sabe ao certo o quanto a DPM é realmente modificada pelo aumento ou redução do espaçamento entrelinhas. O objetivo do trabalho foi verificar o efeito da utilização de dois espaçamentos entrelinhas sobre a duração do período de molhamento foliar (horas) e porcentagem de molhamento foliar (%), ambos em quatro alturas, correlacionando com a chegada dos primeiros uredosporos e intensidade da ferrugem asiática da soja (FAS).

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Instalação do Experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (FAZESC-UEL) no ano agrícola de 2011/2012. A área localiza-se a uma latitude de 23°34' S, longitude de 51°21' W, com altitude aproximada de 560 m, no município de Londrina, Paraná. De acordo com a classificação de climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, com geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação de seca definida. A temperatura média anual é de 21,1°C e a precipitação média anual acumulada de 1604 mm (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2012). O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2009).

Foi utilizado o cultivar BMX Potência RR, atualmente recomendado para as regiões produtoras do norte do Paraná, cujas principais características são apresentadas na tabela 3.1.

Tabela 3.1 Principais características da cultivar de soja BMX Potência RR

Características	BMX Potência RR
Ciclo médio(dias)	120 dias
Ciclo (classificação)	Semiprecoce
Hábito de crescimento	Indeterminado
Cor da flor	Branca
Cor da pubescência	Cinza
Cor do hilo	Marrom claro
Peso médio (1000 sementes)	168 (g)
Época de semeadura recomendada	15 de outubro a 30 de novembro
Reação à Cancro da haste	Resistente
Reação à Mancha olho de rã	Mediamente resistente
Reação à Pústula bacteriana	Suscetível
Reação à Crestamento bacteriano	Suscetível
Reação à Podridão parda da haste	Suscetível

Fonte BRASMAX (2012).

A área experimental adota o sistema de plantio direto, e foi precedida pela cultura de trigo. O cultivar de soja Potência RR foi semeada primeiramente na bordadura da área com a intenção de potencializar o inóculo inicial de ferrugem, no dia 19 de outubro de 2011 com espaçamento entrelinhas de 0,45 m e 19 pl. m⁻¹. O mesmo cultivar foi semeado no dia 01 de novembro de 2011, com espaçamentos entre linhas de 0,45 e 0,80 m e 19 pl. m⁻¹ linear, configurando as parcelas conforme a figura 3.1. Em ambas as semeaduras foram utilizados 300 kg/ha do fertilizante NPK (0-20-20).

Figura 3.1 Esquema demonstrativo da distribuição das parcelas do experimento

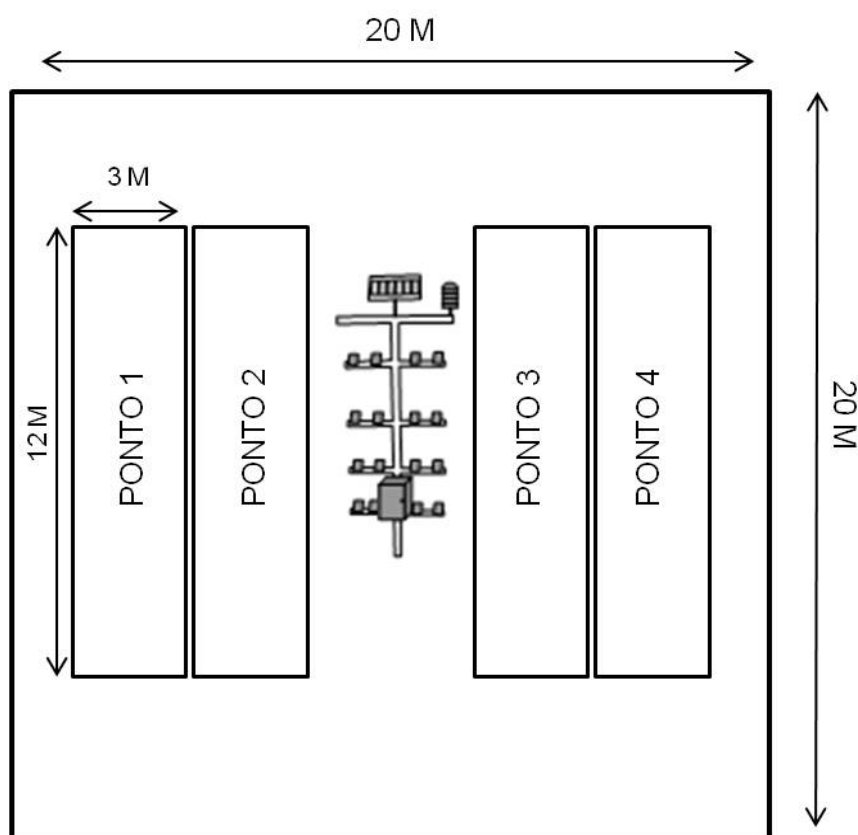
No dia 24 de novembro de 2011, quando a soja se encontrava no estágio V4, foram instaladas quatro “Coletores de esporo SIGA” (IGARASHI, BALAN, 2004) na área

experimental, para determinar o momento da chegada de primeiros esporos da FAS, a fim de poder planejar e acompanhar a evolução da mesma nas duas condições de semeadura da soja. Quanto a “Árvore Eletrônica de Molhamento” (FRANÇA et al., 2012), oito equipamentos foram instalados na área experimental no dia 19 de dezembro com a soja em V7, com distribuição central em cada parcela, equidistante 20 m entre os aparelhos (Fig. 3.1).

As áreas para avaliação de doenças foram demarcadas ao redor das “Árvores”, com 12 m de comprimento e 3,0 m de largura (Figura 3.2). A partir das “Árvores Eletrônicas” foi possível mensurar a duração e a porcentagem de molhamento foliar, a umidade relativa do ar (%) e a temperatura (°C). O molhamento foliar foi medido em quatro alturas (1,7; 0,90; 0,60 e 0,30 m) com quatro sensores em cada uma delas. A temperatura e umidade relativa do ar foram coletadas no abrigo meteorológico do mesmo equipamento, a 1,7 m de altura.

O delineamento estatístico adotado foi de parcelas pareadas inteiramente ao acaso, com dois tratamentos e quatro repetições.

Figura 3.2 Esquema demonstrativo da parcela e seus pontos de avaliação.



3.2.2 Coleta e Análise de Dados

O acompanhamento dos principais estádios das plantas de soja fundamentou-se na escala fenológica da soja elaborada e divulgada por Fehr e Caviness (1977). Quando necessário, foram adotados os tratos culturais e controles fitossanitários recomendados para a cultura de soja, exceto para o controle de doenças.

A temperatura (°C), a umidade relativa (%), a DPM e a porcentagem de molhamento foliar foram coletadas diariamente a partir do estágio V8 da soja. Os dados das “Árvores Eletrônicas de Molhamento” foram coletados automaticamente com intervalo de cinco minutos, enviados e armazenados diariamente a um servidor da UEL, durante 71 dias em quatro alturas desde o estágio fenológico V8 até R7. A precipitação foi registrada durante toda a safra através do uso de pluviômetro.

O monitoramento da flutuação de uredosporos de FAS no ar foi realizado pelo “coletor de esporos SIGA”, sendo instaladas lâminas de microscopia com fita adesiva de face dupla no “coletor”. As lâminas foram coletadas duas vezes por semana, sendo observadas em microscópio óptico comum para a identificação e contagem dos uredosporos. Após a aparição dos primeiros sintomas, foram feitas avaliações de incidência e severidade da FAS, semanalmente em quatro pontos estabelecidos da parcela (Figura 3.2), utilizando-se a escala diagramática de Godoy, Koga e Canteri (2006). Em cada ponto foram selecionados aleatoriamente quatro folíolos no terço médio da planta.

Foi calculada a curva de progresso da doença (AACPD – área abaixo da curva de progresso da doença) com base nos níveis de intensidade avaliados (Figura 3.3).

Figura 3.3 Área abaixo da curva de progresso da doença.

$$\text{AACPD} = \sum_{i=1}^{n-1} [(X_i + X_{i+1}) / 2](t_{i+1} - t_i)$$

Onde: x é a severidade da doença; n é o número de avaliações; e t é o intervalo de tempo entre as avaliações de severidade.

Quando a soja encontrava no estágio R6, foram coletadas 10 plantas em cada parcela para verificação das características agrônômicas dos dois espaçamentos (altura da planta; número de ramificações/planta; número de vagens/planta; peso de vagens/planta). Determinada a maturidade dos grãos a campo, foram colhidos manualmente 3 m² das áreas

úteis das parcelas. As plantas coletadas foram amarradas, colocadas em sacos com identificação, e levados para a trilha mecanizada. Posteriormente, as sementes foram limpas e acondicionadas em sacos de papel, sendo encaminhadas ao laboratório para determinação da umidade, peso de mil grãos e peso total.

Foram utilizadas a estatística descritiva e a não paramétrica para avaliação das variáveis obtidas, devido a disponibilidade de somente oito Árvores de molhamento, o que impossibilitou maior repetibilidade dos tratamentos necessária para utilização de outros parâmetros estatísticos.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Dados Meteorológicos

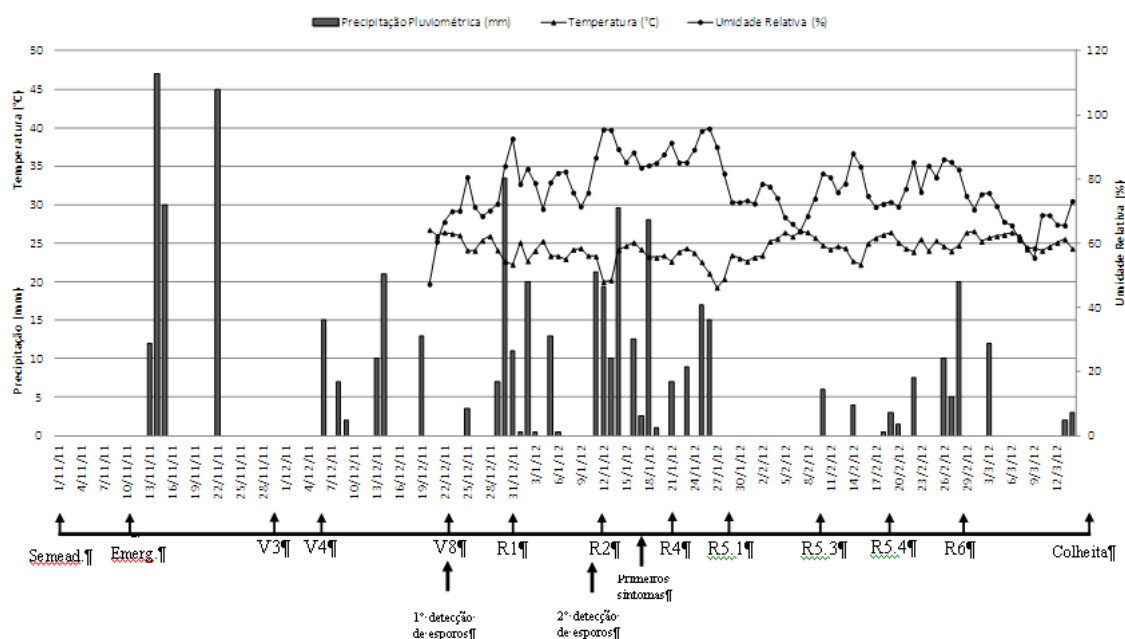
No período do experimento as condições meteorológicas apresentaram precipitação pluviométrica acumulada de 567 mm, com umidade relativa média de 78,7 %, temperatura média de 24,1°C, com temperatura mínima de 13,5°C, registrada no dia 28/01/2012 e temperatura máxima de 36,2°C, registrada no dia 19/02/2012.

A chuva ocorreu de forma irregular durante os meses, tendo novembro, dezembro, fevereiro e março abaixo da média histórica de precipitação em Londrina (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2012). Ocorreram veranicos em momentos críticos da cultura, o que prejudicou o desenvolvimento e a produtividade da soja. Logo após a semeadura no dia 1 de novembro de 2011, houve uma estiagem de 13 dias, o que desfavoreceu a emergência uniforme da lavoura. O experimento também passou por períodos de estiagem durante os estádios V3 e V8, o que pode ter afetado o desenvolvimento vegetativo da cultura, e R5.1, prejudicando a formação e enchimento dos grãos (Fig. 3.4).

A ocorrência de veranicos também desfavoreceu o estabelecimento da ferrugem asiática da soja (FAS), já que de acordo com Isard et al. (2007) e Del Ponte e Esker (2007), para disseminação do patógeno é imprescindível a ação da chuva para desencadear os processos de transporte e deposição de uredósporos para regiões não contaminadas. Além disso, os veranicos favorecem temperaturas elevadas acima de 30 °C, umidade relativa abaixo de 40 % e forte insolação, fatores adversos ao desenvolvimento da FAS.

Apesar da ocorrência de temperaturas máximas superiores a 30°C durante a safra, de acordo com Del Ponte (2007), a temperatura no dossel da cultura pode não refletir a mesma temperatura do ar medida acima do dossel.

Figura 3.4 Distribuição pluviométrica, temperatura e umidade relativa média durante o período experimental.



3.3.2 Dados De Molhamento Foliar

Nas tabelas 3.2 e 3.3 observa-se que a mediana do total de dias analisados, tanto no espaçamento de 0,45 m como no de 0,80 m, apresentaram um padrão parecido quando se considera a DPM de todas as alturas. Isso é um indicativo de que o número de horas de molhamento detectadas no sensor, sem considerar a porcentagem, não difere independente da altura em que o dado foi coletado. Estes dados corroboram com os resultados obtidos em trabalho apresentado por Santos (2008), quando os dados de DPM do topo e do interior do dossel da cultura de algodão não diferiram.

Tabela 3.2 - Mediana da DPM no espaçamento de 0,45 m do período avaliado

Altura	Duração do Período de Molhamento (horas) ¹		
	DPM	DPM>50%	DPM>75%
1,7 m	11,4 (12,4 - 10,0)	3,5 (5,6 - 1,9)	0,0 (1,3 - 0,0)
0,9 m	12,3 (13,9 - 11,3)	6,2 (8,8 - 3,6)	1,4 (3,1 - 0,0)
0,6 m	12,7 (14,6 - 11,6)	8,4 (9,8 - 6,1)	1,8 (3,9 - 0,2)
0,3 m	12,9 (15,0 - 11,6)	6,8 (8,8 - 5,0)	1,2 (2,5 - 0,0)

¹ DPM: Duração do período de molhamento detectado pelos sensores durante 24 horas; DPM>50%: Duração do período de molhamento com valores acima de 50% detectado pelos sensores durante 24 horas; DPM>75%: Duração do período de molhamento com valores acima de 75% detectado pelos sensores durante 24 horas.

Tabela 3.3 - Mediana da DPM no espaçamento de 0,80 m do período avaliado

Altura	Duração do Período de Molhamento (horas) ¹		
	DPM	DPM>50%	DPM>75%
1,7 m	11,3 (12,7 - 10,4)	3,3 (6,0 - 1,5)	0,0 (1,0 - 0,0)
0,9 m	12,4 (13,9 - 11,7)	5,7 (8,1 - 2,6)	0,0 (1,6 - 0,0)
0,6 m	12,3 (13,4 - 11,5)	5,0 (7,6 - 1,1)	0,0 (0,4 - 0,0)
0,3 m	12,8 (14,8 - 11,7)	5,9 (8,3 - 4,5)	0,6 (2,2 - 0,0)

¹DPM: Duração do período de molhamento detectado pelos sensores durante 24 horas; DPM>50%: Duração do período de molhamento com valores acima de 50% detectado pelos sensores durante 24 horas; DPM>75%: Duração do período de molhamento com valores acima de 75% detectado pelos sensores durante 24 horas.

No entanto, quando se compara os valores de DPM>50% e DPM>75% acima (1,7 m) e no dossel da cultura (0,9; 0,6; 0,3 m), os dados nos levam a interpretar que, apesar de haver uma mesma DPM em cada uma das alturas, a porcentagem em que as mesmas permanecem molhadas é variável. Isto ocorre devido às distintas coberturas foliares sobre os sensores em função dos espaçamentos entrelinhas, protegendo-os da ação do vento, chuva e radiação solar.

Sendo assim, comparando-se os dois espaçamentos verifica-se que a 1,7 m os dados de porcentagem de DPM são similares, uma vez que não sofrem influência direta das folhas. Já as três alturas dentro do dossel da soja estão parcialmente cobertos pela folhagem com diferentes proporções nos espaçamentos utilizados, sendo sujeitas a diferentes porcentagens de DPM. No topo (0,9 m) e na base (0,3 m) existe pouca diferença na porcentagem de DPM por serem similares nos dois espaçamentos, com os sensores bem expostos na parte superior e pouco expostos na parte inferior. No terço médio (0,6 m) pode-se destacar a divergência entre os espaçamentos de 3,4 horas para DPM>50% e de 1,8 horas para a DPM>75%. A divergência nos valores pode ser atribuída às características de cada espaçamento, sendo que na distância de 0,45 m a soja fecha a linha com maior densidade que em 0,8 m pela maior proximidade das plantas. Com a linha menos densa, o maior espaçamento sofre maior influência do ambiente externo ao dossel da soja, e por isso permanece com uma menor porcentagem de molhamento.

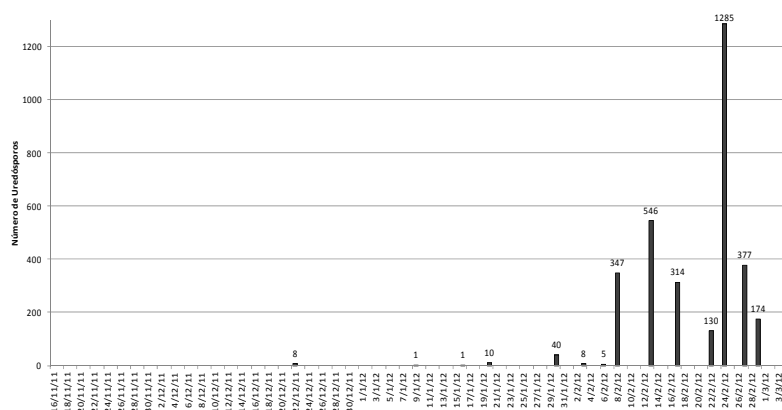
3.3.3 Aparecimento de Uredósporos no Ar e Sintomas da Faz

3.3.3.1 Detecção dos primeiros uredósporos

Os primeiros uredósporos do fungo *P. pachyrhizi* foram capturados pelo coletor de esporos SIGA no dia 22/12/2011 (figura 3.5). De acordo com vários autores

(BLUM, DIANESE, 2001; TENUTA et al., 2006; DEL PONTE et al., 2007; ISARD et al., 2007; IAMAMOTO, 2009; IGARASHI et al., 2010; FORMENTO et al., 2010; BALARDIN, 2010), a utilização de armadilhas caça-esporos é uma forma prática de se acompanhar a chegada dos esporos e sua evolução na área, podendo alertar tanto a técnicos quanto produtores sobre os riscos de infecção vinculados à presença do patógeno.

Figura 3.5 - Número de uredósporos totais capturados em coletor de esporos SIGA, nas safra 2011/2012 na Fazenda Escola da UEL, Londrina, Pr.



Após a constatação dos primeiros uredósporos de FAS no coletor de esporos, não foram encontrados sintomas a campo. Observou-se nos sete dias posteriores à detecção, choveu 3,5 mm em apenas no dia 25/12, com temperatura média de 25,4 °C, UR média de 71% e que a média de DPM para os dois espaçamentos foi semelhante, de aproximadamente 11 horas (Tabela 3.4)

Tabela 3.4 - Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 22 ao dia 28 de dezembro de 2011.

Data	Alt.	Duração do Período de Molhamento (horas)			
		DPM	DPM >50%	DPM	DPM >50%
22 - 28 dez (V8)	0,9 m	11,7	3,6	12,4	4,1
	0,6 m	11,3	4,3	12,4	2,8
	0,3 m	9,0	3,6	8,3	2,7
	Média	10,7	3,9	11,0	3,2

De acordo com Melching (1989), o mínimo de 6 horas de molhamento contínuos são requeridas para que a FAS se desenvolva. No entanto, pode ser que o molhamento constatado nos sensores não tenha sido contínuo e secado em determinados momentos do dia, já que os valores médios de DPM >50% se apresentaram abaixo de 4h

(Tabela 3.4). Segundo Furtado (2010), se após 4 horas de molhamento houver uma interrupção, os esporos perdem sua capacidade infectiva, indicando tempo insuficiente para a penetração das hifas e intolerância a períodos secos após o início do processo de germinação.

Os baixos valores da porcentagem de DPM podem ser explicados pela baixa umidade relativa do ar média ($\approx 71\%$), e à baixa precipitação (3,5 mm) neste período e com plantas ainda em desenvolvimento vegetativo, sem o fechamento do dossel. O dia com maior favorabilidade foi o dia 23 de dezembro, com DPM>50% média de cerca de 7 horas para os dois espaçamentos.

3.3.3.2 Detecção dos primeiros sintomas

Quando apareceram uredósporos de ferrugem pela segunda vez no coletor no dia 9 de janeiro (figura 3.5), as condições ambientais estavam bem diferentes da primeira vez em que foi feita a captura. Janeiro teve uma precipitação de 204 mm bem distribuídos, bem próxima da média histórica de Londrina que é de 218,5 mm (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 2012), com alta umidade relativa do ar. Nos sete dias seguintes à segunda detecção de uredósporos, choveu 48 mm em 4 dias, com temperatura média de 23,1 °C e UR média de 90%. Com condições ambientais favoráveis, os primeiros sintomas da FAS foram detectados no dia 16 de janeiro de 2012, sendo aferida uma incidência de 8% das folhas amostradas. Neste período, a cultura estava no estágio fenológico R3, que representa o início da formação das vagens. Dentre os dias monitorados após a infecção, o dia 12 de janeiro foi o mais favorável, com DPM>50% acima de 20 horas em ambos os espaçamentos. Na tabela 3.5 pode-se observar que as médias de DPM foram superiores aos valores apresentados na tabela 3.4.

Tabela 3.5 - Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 9 ao dia 15 de janeiro de 2012.

Data	Alt.	Duração do Período de Molhamento (horas)			
		DPM	0,45 m DPM >50%	DPM	0,80 m DPM >50%
09 - 15 jan (R2)	0,9 m	15,3	5,5	15,5	4,4
	0,6 m	15,5	8,3	14,0	3,3
	0,3 m	16,3	9,5	16,5	8,2
Média		15,7	7,8	15,3	5,3

* incidência: 8%.

O momento da detecção dos primeiros esporos não definiu a época de surgimento dos primeiros sintomas, devido à baixa porcentagem de molhamento foliar (tabela 3.4) que não possibilitou a ocorrência de infecção na lavoura. Somente após 25 dias da constatação dos primeiros esporos foram encontrados os primeiros sintomas na lavoura.

3.3.4 Condições Meteorológicas e Avaliação da Severidade da Ferrugem

Foram feitas sete avaliações de FAS durante a safra, do estágio R2 ao R6 da soja com intervalo de cerca de sete dias cada uma, de acordo com a favorabilidade das condições de tempo (tabela 3.6).

Tabela 3.6 - Avaliações de severidade da FAS feitas durante a safra 2011/2012 de soja.

Trat.		Severidade de ferrugem (%)						AACPD (%)	
		10/jan R2	16/jan R3	30/jan R5.1	08/fev R5.3	16/fev R5.4	21/fev R5.5		27/fev R6
1 (0,45)	Média	0,00	0,01	0,18	0,37	0,45	1,18	3,39	0,518
	C.V. (%)	-	76,594	31,826	10,984	26,473	31,714	38,788	21,73
2 (0,80)	Média	0,00	0,01	0,16	0,30	0,54	1,03	2,76	0,456
	C.V. (%)	-	86,066	20,113	30,542	28,981	50,672	32,667	13,65

AACPD – Área abaixo da curva de progresso da doença.

Conforme descrito anteriormente, os sintomas da FAS foram constatados a partir do dia 16 de janeiro, sete dias depois da segunda detecção de esporos pelo coletor de esporos SIGA. A partir do dia 30 de janeiro, aferiu-se uma incidência de 71% de FAS nas folhas amostradas. Apesar do aumento da quantidade de folhas infectadas, a severidade evoluiu lentamente, atingindo cerca de 0,2 %. Nos sete dias anteriores à avaliação, as condições foram favoráveis com temperatura média de 22,1 °C, umidade relativa média de 87,1 %, precipitação total de 41 mm, e DPM acima de 14 horas. O dia 26 de janeiro apresentou maior número e horas de molhamento, com DPM acima de 22 horas. No entanto, verificou-se pelos dados da tabela 3.7 que a DPM>50% médio para o espaçamento de 0,45m foi abaixo de seis horas de molhamento, e a DPM>50% médio para o espaçamento de 0,8m foi abaixo de três horas, sendo insuficiente para causar a FAS a níveis epidêmicos. Apesar da diferença entre os valores coletados nos dois espaçamentos, não se pode notar diferença na intensidade da doença.

Tabela 3.7 - Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 16 ao dia 29 de janeiro de 2012.

Data	Alt.	Duração do Período de Molhamento (horas)			
		DPM	0,45 m DPM >50%	DPM	0,80 m DPM >50%
16 - 29 jan (R5.1)	0,9 m	13,9	4,2	12,7	1,4
	0,6 m	15,2	6,5	13,5	0,7
	0,3 m	16,2	5,9	15,1	6,9
	Média	15,1	5,5	13,8	3,0

* incidência: 71%; severidade: 0,2%

Outros fatores que podem ter afetado a progressão da ferrugem é a baixa quantidade de inóculo inicial (DEL PONTE, 2006b; CANTERI, 2007) e flutuação de esporos detectados no período (figura 3.5), e as chuvas subsequentes (DUFFALT, 2010), que podem carregar os esporos para o solo, lavando as folhas e impedindo que haja a penetração e infecção na planta.

O mês de fevereiro, diferentemente do mês anterior, teve chuvas irregulares, com longos períodos sem chuva, desfavorecendo a progressão da FAS no experimento. Logo no início, um veranico com 14 dias sem chuva deixou os dias mais quentes ($\approx 25,4^{\circ}\text{C}$) e com menor umidade relativa do ar ($\approx 71,4\%$). Apesar disso, os dados da tabela 3.8 indicam molhamento foliar, pela formação de orvalho, com valores de DPM totais de cerca de 12 horas e DPM>50% médio entre seis e sete horas nos dois espaçamentos. Na avaliação do dia 8 de fevereiro, a cultura estava no estágio fenológico R5.3, com o dossel bem fechado, favorecendo a manutenção do orvalho por maior tempo. A FAS avançou lentamente, com uma incidência de 84%, e baixos índices de severidade ($\approx 0,3\%$), sugerindo que o ambiente não foi favorável o bastante para uma epidemia. Durante este período houve um aumento na flutuação de esporos detectados pelo coletor (figura 3.5), mostrando um crescimento na esporulação e liberação de esporos pelas folhas infectadas.

Tabela 3.8 - Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 01 ao dia 07 de fevereiro de 2012.

Data	Alt.	Duração do Período de Molhamento (horas)			
		DPM	0,45 m DPM >50%	DPM	0,80 m DPM >50%
01 - 07 fev (R5.3)	0,9 m	11,5	7,5	12,1	6,9
	0,6 m	12,3	8,7	12,1	6,7
	0,3 m	12,3	6,1	12,5	4,9
	Média	12,0	7,4	12,2	6,2

* incidência: 84%; severidade: 0,3%

A avaliação feita no dia 16 de fevereiro apresentou dados de 93% de incidência com 0,5% de severidade, com temperatura média de 24,1 °C e umidade relativa média de 80,3 %. Com a maior pressão de inóculo, e as condições ambientais favoráveis, a severidade da FAS começou a aumentar de maneira significativa (Tabela 3.6).

Na avaliação do dia 21 de fevereiro, foi constatado 1 % de severidade da doença na soja em estádio R5.4, com DPM>50% média diária acima de 7 horas para os dois espaçamentos (tabela 3.9), temperatura média de 24,7 °C e umidade relativa média de 76,3 %. Os dias 19 e 20 de fevereiro foram favoráveis à infecção da FAS para ambos os espaçamentos, com DPM acima de 13 horas, DPM>50% acima de 10 horas e DPM>75% acima de 7 horas.

Tabela 3.9 - Duração do Período de molhamento média em três alturas do dossel da soja, nos espaçamento entrelinha de 0,45 m e 0,80 m, do dia 14 ao dia 20 de fevereiro de 2012.

Data	Alt.	Duração do Período de Molhamento (horas)			
		0,45 m		0,80 m	
		DPM	DPM >50%	DPM	DPM >50%
14 - 20 fev (R5.4)	0,9 m	12,0	7,5	13,0	7,4
	0,6 m	12,7	8,5	12,7	7,7
	0,3 m	13,5	8,1	13,4	7,3
	Média	12,7	8,0	13,1	7,5

* severidade: 1,0%

No dia 29 de fevereiro, a severidade da ferrugem chegou a aproximadamente 3%, com a soja no estádio R5.5. No entanto, com o grão cheio, as folhas da soja começaram a entrar em processo de senescência, o que impediu a realização de mais avaliações. A FAS chegou em estádio avançado da soja, com pouca quantidade de inóculo inicial e com períodos em que não houve favorabilidade ambiental, demorando a se estabelecer e progredir na lavoura. Deste modo, mesmo sem o controle químico a doença não ocorreu de forma epidêmica e não apresentou diferenças de severidade entre os dois espaçamentos estudados.

3.3.5 Características Agronômicas

Na tabela 3.10 observa-se que as plantas dos espaçamentos de 0,45 m e de 0,80 m entrelinhas não diferiram estatisticamente quanto à altura final de plantas e número de ramificações na planta. Isso mostra que a maior densidade por unidade de área proporcionada pelo espaçamento de 0,45 m e a maior competição intraespecífica não foram suficientes para

alterar estas características. Isto porque as distintas densidades foram estabelecidas pelo espaçamento entrelinhas, sem alteração na quantidade de plantas por metro linear. Segundo Heffig et al.(2006), quando se tem uma alta densidade de plantas na linha, há uma menor disponibilidade de produtos da fotossíntese para o crescimento vegetativo, com menor formação de ramos, sendo os fotoassimilados destinados ao crescimento das plantas em altura.

Tabela 3.10 – Valores da mediana observados para a altura final da planta, número de ramificações/planta, número de vagens/planta e peso de vagens/planta, analisados pelo Teste de Mann Whitney.

Esp. (m)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Altura final da planta (cm)	Nº Ramif.	Nº de vagens/planta	Peso de vagens/planta (g)
0,45	422.000	87,1	5,7	56,0	59,8
0,80	238.000	88,4	5,5	80,9	77,7
p-valor bilateral		0,7327	0,8174	0,0555	0,2272

Por outro lado, quando analisamos o número de vagens produzidas por planta, observa-se um maior número de legumes em plantas que se desenvolveram no espaçamento de 0,80 m entrelinhas. Podemos observar que o teste de Mann Whitney revela diferenças significativas quanto a esta característica. Outros autores (MARTINS et al., 1999; PEIXOTO et al., 1999; PIRES et al., 2000) compartilham com o mesmo resultado, e chegam a conclusão de que em função da planta de soja ajustar-se ao espaço disponível, ora aumentando, ora diminuindo a sua altura e, principalmente tem-se que o número de vagens por planta é o componente da produção mais influenciável pelas condições de manejo e do ambiente de produção.

3.3.6 Produtividade

Conforme citado anteriormente, a distribuição das chuvas não foi favorável à cultura de soja, com períodos de estiagem que prejudicaram a produtividade. O veranico ocorrido do dia 27 de janeiro até 9 de fevereiro de 2012, coincidiu com o enchimento dos grãos (R5.1), o que pode ter interferido no seu peso. O peso de mil grãos dos dois espaçamentos (tabela 3.11) foi baixo da média da cultivar que é de 168 g apresentado na tabela 3.1, o que pode explicar a baixa produtividade da área experimental.

Quando analisamos a população nos espaçamentos, o manejo com 0,45 m tem uma densidade maior de plantas, com pelo menos 184 mil plantas.há⁻¹ a mais. No entanto, o aumento do número de vagens por planta no espaçamento de 0,8 m da cultivar utilizada (tabela 3.10), foi suficiente para compensar a redução da densidade de plantas por unidade de área. Com isso, o manejo com maior densidade de plantas se equiparou em produtividade com a de menor densidade (tabela 3.11). Este resultado está de acordo com os encontrados por Tourino (2002), quando a produtividade aumentou com a redução da densidade de plantas.

Tabela 3.11 - Valores da mediana para umidade dos grãos, peso de mil grãos, peso total e produtividade.

Esp. (m)	Pop. (pl ha ⁻¹)	Umidade (%)	Peso de Mil grãos (g)	Peso Total (kg)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
0,45	422.000	10,0	112,0	0,82	2725,0
	C.V (%)	1,0	3,3	12,9	12,9
0,80	238.000	10,2	114,1	0,79	2637,5
	C.V (%)	2,6	1,8	10,2	10,2

3.4 CONCLUSÃO

O tratamento com espaçamento de 0,80 m com menor densidade de plantas, não diferiu estatisticamente do tratamento com espaçamento de 0,45 m com maior densidade de plantas quanto à severidade final da FAS.

O tratamento com maior densidade de plantas (0,45 m) não diferiu estatisticamente do tratamento com menor densidade de plantas (0,80 m) quanto a produtividade por unidade de área.

Em ambos os tratamentos foram constatados DPM semelhantes nas quatro alturas analisadas. No entanto, quando se verifica em que porcentagem a DPM se encontra em cada altura, os valores são diferentes, destacando a importância de sensores capazes de aferir a porcentagem de molhamento foliar.

Os resultados da detecção de esporos no coletor SIGA evidenciam a importância do monitoramento das condições ambientais e da favorabilidade ambiental da lavoura, e não início imediato de controle químico da doença.

4 CONCLUSÕES GERAIS

O aumento do espaçamento proporcionou uma melhor penetração da radiação solar e maior aeração terço médio da soja (0,60 m), com conseqüente menor DPM acima de 50% e 75% para o tratamento com 0,80 m em relação ao tratamento com 0,45 m.

A detecção dos primeiros uredósporos de FAS não significou o início da doença no campo, sinalizando a importância do monitoramento das condições ambientais no progresso da ferrugem e na tomada de decisão de controle fitossanitário.

O número de vagens/planta foi o componente de produção mais afetado pelo aumento do espaçamento de 0,45 m para o de 0,80 m, com maior quantidade de vagens/planta no maior espaçamento.

REFERÊNCIAS

- ALVES, S. A. M.; FURTADO, G. Q.; BERGAMIM FILHO, A. Influência das condições climáticas sobre a ferrugem da soja. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Ferrugem Asiática da Soja**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2006. p.37-59.
- ARMSTRONG, R.; BARTHKUR, N.N.; NORRIS, E. (1993) A comparative study of three leaf wetness sensors. **International Journal of Biometeorology**, v.37, p.7-10, Campbell Scientific, Model 237- leaf wetness sensor. Campbell Scientific Inc, Logan, 1996.
- BALARDIN, R.S. **Bases para o manejo da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)**. Workshop, p. 341-342. Disponível em: <http://www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/Contenidos/workshops/roya_01.pdf> Acessado em: 19 mar. 2012.
- BALARDIN, R. Armas contra a ferrugem. **Revista Cultivar**, Pelotas, RS, n. 55, p.20-23, ago. 2003. Ano V.
- BALARDIN, R. S. **Doenças da soja**. Santa Maria: Ed. do Autor, 2002. 100 p.
- BARNES, C. W., SZABO, L. J., BOWERSOX, V. C. Identifying and quantifying *Phakopsora pachyrhizi* spores in rain. **Phytopathology**, 99:328-338, 2009.
- BECK, L.F. **Urediniospores release and escape from rust-infected soybean fields**. 2006 National Soybean Rust Symposium. St. Louis. Poster 38, 2006. Disponível em: <http://plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soybeanrust>, acessado em 25 nov. 2012.
- BEDENDO, I.P. **Ambiente e doença**. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIN, A. Manual de fitopatologia. 3ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, p.331-341.
- BLUM, L.E.B.; DIANESE, J.C. Padrões de liberação de urediniosporos e desenvolvimento da ferrugem do jambeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.6, p.845-850, jun, 2001.
- BRASIL. **Consórcio antiferrugem**. Disponível em: <<http://www.consorcioantiferrugem.net>>, acessado em 25/02/2013.
- BRASMAX. **BMX Potência RR**. Disponível em: <<http://www.brasmaxgenetica.com.br/frontend/html/potencia.html>> Acesso em: 24 set. 2012.
- CANTERI, M.G.; TSUKAHARA, R.Y.; SILVA, O.C. Monitoramento das variáveis ambientais para controle da ferrugem asiática da soja. In: XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 2007, Maringá. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília : SBF,. v.32. p.65-66, 2007.
- CARVALHO, F.T.; VELINI, E.D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura da soja. I - cultivar iac-111. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.19, n.3, p.317-322, 2001.
- DALLA MARTA, A., MAGAREY, R., ORLANDINI, S., Modelling leaf wetness duration and downy mildew simulation on grapevine in Italy. **Agriculture and Forest of Meteorology**. v. 132, 84-95, 2005.

DALLA MARTA, A., et al. Influence of different sensor positions on leaf wetness duration measurements and their effect on the simulation of *Plasmopara viticola*. **Idojaras**, v.108, p. 253-263, 2004.

DEBORTOLI, M. P. et al. Efeito do arranjo de plantas sobre o progresso de ferrugem asiática na soja. **Revista da Sociedade Brasileira de Fitopatologia**, v.31, n.1, p.129, 2006.

DEL PONTE, E.M.; ESKER, P.D. Meteorological factors and Asian soybean rust epidemics – a system approach and implications for risk assessment. **Scientia Agricola**, v. 65, nspe, dez 2008.

DEL PONTE, E.M.; ESKER, P.D. Considerações epidemiológicas na avaliação de risco e manejo da ferrugem asiática da soja. In: **XL Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 2007, Maringá. Fitopatologia Brasileira, 2007. v. 32. p. S58-S60.

DEL PONTE, E.M.; et al.. Predicting severity of asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, v.96, n.7, p.797-803, 2006a.

DEL PONTE, E.M. Retrospectiva e tendências em modelagem matemática e previsão de ferrugem asiática. **Revista Plantio Direto**, p.21-30, nov/dez 2006b.

DEL PONTE, E.M.; et al. Giberela do trigo – Aspectos epidemiológicos e modelos de previsão. **Fitopatologia Brasileira**, v.29, n.6, p.587-605, 2004.

DUFAULT, N. S., et al. Removal of wet deposited *Phakopsora pachyrhizi* urediniospores from soybean leaves by subsequent rainfall. **Plant Disease**, 94:1336-1340, 2010.

ELMORE, R. W. **Soybean seeding rates**. Lincoln: Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, 2004. 4p.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de Produção de Soja – Paraná – 2007**. (Embrapa Soja, Sistemas de Produção nº 5). Londrina, 2006.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil 2012 e 2013**. - Londrina: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176-2902; n.15)

FORMENTO, A. N.; SOUZA, J.; CRACOGNA, M. **Sampling urediniospores of *Phakopsora* spp. With spore trap in Argentina**. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/infocenter/topic/soyeanrust/symposium/posters/9.pdf>> Acessado em 14 jun 2012.

FRANÇA, M. B. de M. et al. Distributed wireless data acquisition system for prediction of fungal diseases on plantations. **IEEE Transactions On Instrumentations and Measurement**, v.6, 2012.

FURTADO, G. Q. et al. The Infection of Soybean Leaves by *Phakopsora pachyrhizi* during Conditions of Discontinuous Wetness. **Journal of Phytopathology**, v.159, p.165-170. 2010.

GILLESPIE, T.J.; DUAN, R.X.A. Comparison of cylindrical and flat plate sensors for surface wetness duration. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.40, p.61-70, 1987.

GILLESPIE, T.J., SRIVASTAVA, B., PITBLADO, R.E. Using operational weather data to schedule fungicide sprays on tomatoes in Southern Ontario. **Canadian Journal of Applied Meteorology**. v.32, p.567-573, 1993.

GILLESPIE, T.J.; HORST, G.L.; YUEN, G.Y. A site-specific sensor for measuring leaf wetness duration within turfgrass canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.81, p.145-156, 1996.

GILLESPIE, T.J.; KIDD, G.E. Sensing duration of leaf moisture retention using electrical impedance grids. **Canadian Journal of Plant Science**, v.58, p.179-187, 1978.

GODOY C.V.; et al. 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, jan-2009.

GODOY, C.V. et al. Histórico do vazio sanitário como medida de manejo da ferrugem asiática da soja. **Embrapa Soja**, CP 231, Londrina, Paraná. Abril, 2006.

GODOY, C.V.; ARIAS, A.A. Resistência Quebrada. **Revista Cultivar**, Pelotas, RS, n.55, p.28-28, ago.2003. Ano V.

GODOY, C.V.; CANTERI, M.G. Efeitos protetor, curativo, e erradicante de fungicidas no controle da ferrugem da soja causada por *Phakopsora pachyrhizi*, em casa de vegetação. **Fitopatologia Brasileira**. Brasília, DF, v.29, n.1, p.97-101, 2004.

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

GUYOT, J.; OMANDA, E.N.; PINARD, F. Some epidemiological investigations on Colletotrichum leaf disease on rubber tree. **Crop Protection**, Oxford, v.24, n.1, p.65-77, 2005.

HEIFFIG, L.S. et al. Fechamento e índice de área foliar da cultura da soja em diferentes arranjos espaciais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 2, 2006.

HUBBER, L.; GILLESPIE, T.J. Modeling leaf wetness in relation to plant disease epidemiology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 30, p. 553-577, 1992.

IAMAMOTO, M.M. Critérios baseados em sistemas de aviso: modelo baseado no monitoramento do inoculo. In: Reis, C.M (Org.), **Critérios indicadores do momento para aplicação de fungicidas visando ao controle de doenças em soja e trigo**. 1ª. Passo Fundo: Aldeia Norte, 2009. p.111-115.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Disponível em:
<http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm>, acessado em 12/11/2012.

IGARASHI, S.; et al. Manejo químico da ferrugem asiática da soja, baseado em diferentes métodos de monitoramento. **Arquivo Instituto Biológico**, v.77, n.3, p.497-504, 2010.

IGARASHI, S; BALAN, M.G. **Ferrugem na Soja**. Direto do Vale. Vale do Paranapanema. v.1, p.1-8. , 6 ago, 2004.

ISARD, S.A.; RUSSO, J.M.; ARIATTI, A. The integrated aerobiology modeling system applied to the spread of soybean rust into the Ohia River Valley during September 2006. **Aerobiologia**, v.23, p.271-282, set. 2007.

JULIATTI, F. C. Perdas causadas por doenças na cultura da soja, com ênfase na ferrugem asiática. In: **I WORKSHOP DE EPIDEMIOLOGIA DE DOENCAS DE PLANTAS**. Viçosa, MG, p.81-94. 2004.

KIM, K.S. et al. Model to enhance site-specific estimation of leaf wetness duration. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 86, n. 2, p. 179-185, 2002.

LEE, C.D. et al. Glyphosate-resistant soybean management system effect on sclerotinia stem rot. **BIOONE Online Journals** Access Control, 2003. Disponível em: <<http://www.bioone.org/perlserv/?request=get-document&issn=0890-037X&volume=019&issue=03&page=0580#N1>>. Acesso em 14/06/2012.

MADALOSSO, M.G. et al. Cultivares, espaçamento entrelinhas e programas de aplicação de fungicidas no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow em Soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n.11, p.2256-2261, nov. 2010.

MADALOSSO, M. G. **Espaçamento entre linhas e pontas de pulverização no controle de *Phakopsora pachyrhizi* Sidow**. 2007. 88 folhas. (Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – UFSM, Santa Maria, RS. 2007.

MADALOSSO, M. G. **Tecnologia de Aplicação & Manejo Cultural: Binômio da Produção**. UFSM. Santa Maria, 2006. (Informativo Técnico n. 24).

MADEIRA, A.C.; et al. A simple cloud-based energy balance model to estimate dew. **Agricultural and Forest Meteorology**, n.111, p.55-63, 2002.

MAGAREY, R.D. **A theoretical standard for estimation of surface wetness duration in grape**. Ph.D. Dissertation. Cornell University, Ithaca, NY, USA, 1999.

MARTA, A.D.; et al. Leaf wetness duration in sunflower (*Helianthus annuus*): Analysis of observations, measurements and simulations. **European Journal of Agronomy**, v.26, p.310-316, 2007.

MARTINS, M. C.; et al. Épocas de semeadura, densidade de plantas e desempenho vegetativo de cultivares de soja. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.851-858, out/dez. 1999.

MELCHING, J. S.; et al. Effects of duration, frequency, and temperature of leaf wetness periods on soybean rust. **Plant Disease**, v.73, p.117-122. 1989.

PAPASTAMATI, K.; MCCARTNEY, H.A.; VAN DEN BOSCH, F. Modelling leaf wetness duration during the rosette stage of oilseed rape. **Agricultural and Forest Meteorology**. v.123, p.69-78, 2004.

PEIXOTO, C.P.; et al. Épocas de semeadura e densidade de plantas de soja: I. Componentes da produção e rendimento de grãos. **Scientia agricola**. v.57, n.1 Piracicaba, 2000.

- PIRES, J. L. F.; et al. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.
- SANTOS, E.A.; et al. Spatial variability of leaf wetness duration in cotton, coffee and banana crop canopies. **Scientia Agricola**, v. 65, p. 18-25, 2008.
- SENTELHAS, P.C. et al. Spatial variability of leaf wetness duration in different crop canopies. **International Journal of Biometeorology**, New York, v. 49, p.363-370, 2005.
- SILVA, G.B.; PRABHU, A.S. Quantificação de conídios de *Pyricularia grisea* no plantio direto e convencional de arroz de terras altas. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p.59-573, ago 2005.
- TENUTA, A.U.; et al. Soybean rust monitoring (sentinel plots and spore traps) in Ontario, Canada. **National Soybean Rust Symposium**, St. Louis, pôster 31, 2006, p.13.
- TOURINO, M.C.C. et al. Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agrônômicas da soja. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 37, n.8, p.1071-1077, 2002.
- URBEN, A.F.; MENDES, M.A.S. Ocorrência de *Phakopsora pachyrhizi* Sydow em Soja Procedente da Bahia. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p.233, ago. 2003.
- UTIAMADA, C.A. Doenças da cultura da soja. **Correio Agrícola**, São Paulo, SP, n.02, p.04-05, jul./dez. 2003.
- VON QUALEN, R.; YANG, X.B. Spore traps help researchers watch of soybean rust. **Integrated Crop Management**, v.16, p.496, junho 2006.
- YORINORI, J.T. A ferrugem “Asiática” da soja no continente americano: evolução, importância econômica e estratégias de controle. In JULIATTI, F.C.; POLIZEL, A.C. HAMAWAKI, O.T. (Org.) In: **WORKSHOP BRASILEIRO SOBRE A FERRUGEM ASIÁTICA**, 1., 2005, Uberlândia. Coletânea. Uberlândia: EDUFU, 2005. p.21-37.
- YORINORI, J.T. et al. Evolução da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil, de 2001 a 2003. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.28, p.210, ago. 2003.
- YORINORI, J.T. Soja: Ferrugem asiática; doença recente e preocupante. **Correio Agrícola**, São Paulo, SP, n 01, p.16-21, jan/jun. 2003.
- YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M. Ferrugem da soja: *Phakopsora pachyrhizi* Sidow. Londrina, PR: **Embrapa Soja** (CNPSo), maio, 2002a (folder 08-2002).
- YORINORI, J.T.; PAIVA, W.M. Peste vermelha. **Revista Cultivar**, Pelotas, RS, n. 41, p.16-18, jul. 2002b.