



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

PRODUTIVIDADE DA SOJA E SEVERIDADE DE FERRUGEM ASIÁTICA
(*Phakopsora pachyrhizi*) INFLUENCIADAS PELA APLICAÇÃO FOLIAR COM
FONTES DE POTÁSSIO E DOSES DE TEBUCONAZOLE

ANGELO FERNANDES DE OLIVEIRA

2007

ANGELO FERNANDES DE OLIVEIRA

PRODUTIVIDADE DA SOJA E SEVERIDADE DE FERRUGEM ASIÁTICA
(*Phakopsora pachyrhizi*) INFLUENCIADAS PELA APLICAÇÃO FOLIAR COM
FONTES DE POTÁSSIO E DOSES DE TEBUCONAZOLE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Solos, para obtenção do título de
“Mestre”.

Orientadora

Prof.^a Regina Maria Quintão Lana

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- O48p Oliveira, Angelo Fernandes de, 1981-
Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de Tebuconazole / Angelo Fernandes de Oliveira. - 2007.
40 f. : il.
- Orientadora: Regina Maria Quintão Lana.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.
1. Soja - Adubação - Teses. 2. Adubação foliar - Teses. 3. Ferrugem asiática - Teses. I. Lana, Regina Maria Quintão. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 633.34: 631.81

Elaborado pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação

ANGELO FERNANDES DE OLIVEIRA

PRODUTIVIDADE DA SOJA E SEVERIDADE DE FERRUGEM ASIÁTICA
(*Phakopsora pachyrhizi*) INFLUENCIADAS PELA APLICAÇÃO FOLIAR COM
FONTES DE POTÁSSIO E DOSES DE TEBUCONAZOLE

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Solos, para obtenção do título de
“Mestre”.

APROVADA em 03 de setembro de 2007.

Prof. Dr. Carlos Ribeiro Rodrigues

UFU

Prof. Dr. Lísias Coelho

UFU

Prof. Dr. Antonio Nolla

UEM

Prof.(a). Dra. Regina Maria Quintão Lana
ICIAG-UFU
(Orientadora)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2007

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre foi a luz no meu caminho e sempre me abriu as portas.

A meus pais, que sempre lutaram por mim e puderam me dar o que tenho hoje, me ensinaram a tentar sempre ser uma pessoa melhor, sem utilizar outras pessoas como escudo ou escada, sendo o mais honesto e verdadeiro possível.

Aos meus irmãos, pelo carinho apoio e os momentos compartilhados.

A meus avôs, que sempre estiveram comigo, principalmente a meu avô Abadio que foi um dos melhores exemplos que qualquer pessoa poderia ter.

À Professora Dra. Regina Maria Quintão Lana, pelo voto de confiança, oportunidade e orientação acadêmica.

Aos diretores da Sementes Selecta de Goiatuba, em especial ao gerente da estação de pesquisa (Matheus), por terem possibilitado a realização dos experimentos na fazenda da empresa.

Aos colegas Daniel e Thiago, e aos funcionários da Sementes Selecta de Goiatuba, pelo suporte na instalação e condução dos experimentos no campo.

Aos funcionários do Laboratório de Solos do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Andréia da Silva Machado, Eduardo de Oliveira Chagas, Gilda Pereira R. Fernandes, João Batista R. Silva, Manoel Ribeiro Pires e Marinho Monteiro dos Santos, pelo apoio na realização das análises químicas dos solos e das plantas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa de estudos que possibilitou a execução deste trabalho.

Aos tios, colegas, amigos, professores, técnicos, e todos aqueles que de alguma forma me ajudaram e me acompanharam na caminhada.

Muito obrigado a todos.

Angelo Fernandes de Oliveira

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Introdução e desenvolvimento da soja no Brasil.....	03
2.2 Doenças da cultura da soja.....	04
2.3 Nutrição X Doenças de Plantas.....	05
2.4 Potássio X Doenças de Plantas.....	09
2.5 Fontes de Potássio X Doenças de Plantas.....	10
2.6 Adubação Foliar.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 Localização do experimento e caracterização da área.....	14
3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos.....	14
3.3 Preparo da área e condução do experimento.....	15
3.4 Características avaliadas.....	16
3.5 Estatística.....	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 Produção de grãos.....	18
4.2 Peso de 1000 grãos.....	21
4.3 Eficiência agronômica (EA), e Eficiência no fornecimento de K (EFK).....	22
4.4 Severidade de Ferrugem Asiática (<i>Phakopsora pachyrhizi</i>).....	24
4.5 Área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD).....	26

5 CONCLUSÕES.....	29
6 REFERÊNCIAS.....	30
ANEXOS.....	36

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Interações determinantes na severidade das doenças de plantas (HUBER, 2005).....	6
FIGURA 2 - Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja (GODOY et al., 2005).....	16
FIGURA 3. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a produtividade da soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; *efeito significativo, a 5%.....	18
FIGURA 4. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre o peso de 1000 grãos. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; **efeito significativo, a 5%.....	22
FIGURA 5. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a Severidade de ferrugem asiática (<i>P. pachyrhizi</i>), observadas nos terços médio e superior de soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; ◆ Terço Médio*; ■ Terço Superior**; ***efeito significativo, a 5%.....	25
FIGURA 6. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a AACPD, observadas nos terços médio e superior de soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; ◆ Terço Médio*; ■ Terço Superior**; ***efeito significativo, a 5%.....	27

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 - Caracterização química do solo sobre o qual foi instalado o experimento. Goiatuba-Go, safra 2006/2007.....	14
TABELA 2 - Doses de cada fertilizante e quantidade de cada nutriente aplicado para cada fonte de potássio na 1º e 2º aplicações.....	15
TABELA 3 - Doses de cada fertilizante e quantidade de cada nutriente aplicado para cada fonte de potássio na 3º aplicação.....	15
TABELA 4 - Índice médio de eficiência agronômica (EA) em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.....	23
TABELA 5 - Índice médio de eficiência no fornecimento de potássio (EFK) em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l ⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.....	23

RESUMO

OLIVEIRA, ANGELO FERNANDES DE. **Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de tebuconazole.** 2007. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Dos macronutrientes citados na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças. Relatos mostram que a nutrição potássica adequada reduziu a severidade de mais de 20 doenças bacterianas, mais de 100 doenças fúngicas e de 10 doenças causadas por vírus e nematóides em diversas culturas. Neste sentido, esse trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação foliar de fontes de potássio associadas a diferentes doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a. l⁻¹), seu efeito sobre a severidade e progresso de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e sua influência na produtividade da cultura da soja. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, em esquema fatorial (5x4), utilizando-se quatro fontes de potássio (Nitrato, Sulfato, Fosfito, Silicato), mais a testemunha, e quatro doses de fungicida (0, 250, 500, 750 ml ha⁻¹), totalizando 20 tratamentos. As doses de cada fertilizante foram determinadas com base na aplicação de 200 g ha⁻¹ de potássio, na 1ª e 2ª aplicação, e 400 g ha⁻¹ de potássio, na terceira aplicação, totalizando 800 g ha⁻¹ de potássio. Semeou-se a soja (M-Soy 8001), previamente inoculada, no dia 05/12/2006. Os componentes de produção avaliados foram: produtividade, peso de 1.000 grãos, eficiência agrônômica das fontes de K, eficiência no fornecimento de K, severidade de ferrugem e área abaixo da curva de progresso de doença (AACPD). A aplicação das diferentes fontes de potássio não apresentou efeito significativo sobre a produtividade da soja; o silicato de potássio foi a fonte que apresentou maior eficiência agrônômica e maior eficiência no fornecimento de potássio; quando avaliado a severidade no estágio R_{5.4} da soja, os tratamentos que receberam a aplicação foliar de fontes de potássio, associadas ou não ao fungicida, apresentaram no terço médio leve redução na severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

Palavras-Chave: *Phakopsora pachyrhizi*, doses de fungicida, fontes de potássio, nutrição foliar.

¹Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU (Orientadora)

ABSTRACT

OLIVEIRA, ANGELO FERNANDES DE. **Soybean yield and Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) severity affected by foliar sprays of potassium sources and tebuconazole doses.** 2007. 35 p. Dissertation (Master's in Agriculture/Soils) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia¹.

Of macronutrients cited in scientific literature, the potassium is the element that presents consistent positive results in the reduction the incidence of pests and diseases. Reports show that nutrition potassica adequately reduced the severity of more than 20 diseases bacterial, more than 100 diseases fungal and of 10 diseases caused by viruses and nematoides in diverse cultures. Thus, this study evaluated leaf sprays of potassium sources associated with different doses of the fungicide Tebuconazole (200g a.i. l⁻¹), its effect on soybean Asian rust (*Phakopsora pachyrhizi*) severity and progress and on grain yield. The experimental design was randomized blocks, in a 5 x 4 factorial scheme, using four potassium sources (Nitrate, Sulfate, Phosphite, Silicate), and a non-sprayed control, and four fungicide doses (0, 250, 500, 750 ml ha⁻¹), in a total of 20 treatments. The doses of each fertilizer was determined based on the application of 200 g ha⁻¹ potassium on the first and second sprays, and 400 g ha⁻¹ potassium on the third spray, in a total of 800 g ha⁻¹ potassium. Previously inoculated soybean (M-Soy 8001) was sown on December 05 2006. The following yield components were evaluated: yield, weight of 1,000 grains, agronomic efficacy of the K sources, and efficacy on supplying K, rust severity and area under the disease progress curve (AUDPC). The spraying of different potassium sources did not affect soybean yield significantly; potassium silicate was the source with greatest agronomic efficacy and greatest efficacy on potassium supply; rust severity, evaluated on soybean stage R_{5,4}, was slightly reduced on the lower third in the treatments with potassium sources, regardless of the association with the fungicide.

Keywords: *Phakopsora pachyrhizi*, fungicide doses, potassium sources, foliar nutrition.

¹ Supervisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU

1. INTRODUÇÃO

Como toda cultura exótica, a soja iniciou sua expansão no Brasil com ótima sanidade. No entanto, em poucos anos de cultivo as doenças começaram a aparecer, passando a representar um dos principais fatores limitantes ao aumento da produtividade e da estabilidade de rendimento (YORINORI, 2000). Cerca de 50 doenças já foram identificadas no país causando sérios prejuízos, sendo que a monocultura da soja e a adoção de práticas de manejo inadequadas têm favorecido o aparecimento de novas doenças e também o agravamento daquelas de menor importância.

Entre as principais doenças que atingem a cultura da soja, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) é a mais importante, sendo que nos últimos anos disseminou-se rapidamente por ampla área de exploração da cultura da soja na América do Sul, causando acentuados prejuízos técnicos e econômicos, que comprometem a rentabilidade dos produtores e a economia dos países onde a soja possui destaque dentro do agronegócio.

A ausência de cultivares resistentes faz com que o manejo da cultura, por meio de aplicação de defensivos, seja uma alternativa que viabiliza o cultivo da soja na presença da ferrugem (EMBRAPA, 2005). Porém, a utilização de fungicidas cada vez com maior intensidade proporciona, além da elevação dos custos de produção, a possibilidade de contaminação do ambiente.

Devido ao aumento do custo de produção e às grandes perdas na produtividade, causadas por essa doença, o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle da ferrugem torna-se cada vez mais necessário. Neste sentido, a nutrição equilibrada de plantas toma grande importância, devido à possibilidade de elevar o rendimento de grãos, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir a severidade de doenças.

Segundo Huber (2005), a nutrição de uma planta determina, em grande escala, sua resistência ou suscetibilidade à doença e a habilidade dos patógenos de causar doença. Os nutrientes interagem como a parte do componente ambiental, e a nutrição da planta, embora frequentemente não reconhecida, sempre foi um componente do controle de doenças. Uma crescente evidência deste fato é que a deficiência nutricional, ou o desequilíbrio nutricional, aumenta a suscetibilidade das plantas ao ataque de patógenos, além desta deficiência intensificar as perdas causadas pelos patógenos na produção das culturas. Tendo isso em mente, a nutrição mineral se torna uma aliada na resistência de

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

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

Contudo, um dos efeitos benéficos do potássio é o seu papel em reduzir a suscetibilidade das plantas à doenças, principalmente as causadas por fungos, por favorecer uma melhor partição de carboidratos entre a parte aérea e as raízes, devido ao melhor carregamento de açúcares no floema. Também proporciona uma maior eficiência do uso da água e melhor taxa de fotossíntese, além de afetar os processos da rizosfera por diferentes mecanismos, os quais por sua vez, podem promover resistência às doenças (HOMHELD, 2005).

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de soja, a severidade e o progresso de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e a eficiência agrônômica de fontes de potássio aplicadas via foliar e associadas a doses do fungicida Tebuconazole (200g l⁻¹).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução e desenvolvimento da soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), que hoje é cultivada no mundo, é muito diferente dos ancestrais que lhe deram origem: espécies de plantas rasteiras que se desenvolviam na costa leste da Ásia, principalmente ao longo do Rio Amarelo, na China. 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 da antiga China. Sua importância na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal, que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milho, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimônias ritualísticas na época da semeadura e da colheita (EMBRAPA, 2003).

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

Atualmente, a soja é a principal cultura do Brasil, com grande expressão na produção de grãos em área cultivada, sendo que consegue produzir a maior quantidade de proteína por quantidade de área. Além disso, é uma excelente fonte de calorías, fazendo dessa leguminosa alimento básico presente em diversas dietas.

O Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, com produtividade média estimada, nas principais regiões produtoras, em 2.652 a 2.841 kg.ha⁻¹. Sendo que, em determinadas regiões do centro-oeste brasileiro, estima-se que possa ultrapassar a média de 3.000 kg.ha⁻¹, em grande parte devido às recentes implementações tecnológicas associadas ao desenvolvimento de cultivares superiores.

Na safra 2006/2007, o Brasil teve uma produção estimada em 58,421 milhões de toneladas, superando a safra anterior em 6,16%, devido ao ganho de 16% na produtividade, em razão das condições climáticas favoráveis. Na produção de soja

destacam-se os Estados do Mato Grosso, com 26,29% da produção nacional, o Paraná, com 20,39%, o Rio Grande do Sul, com 16%, e Goiás, com 10,46% (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2007).

Nos últimos anos, a cultura da soja tem se destacado, especialmente por abrir novas fronteiras agrícolas em regiões antes limitadas ao plantio de outras espécies e da pecuária (DUTRA; HAMAWAKI; 2000). O rápido aumento da produção, do consumo e do comércio de soja no Brasil exigiu a adoção de novas tecnologias no setor. Dentre elas pode-se destacar o desenvolvimento de cultivares mais produtivas, tolerantes às condições adversas do ambiente, associado a algumas práticas culturais visando aumento de produtividade e, conseqüentemente, maior lucro.

2.2 Doenças da cultura da soja

A cultura da soja é afetada por várias doenças causadas por fungos, bactérias e vírus. Conforme a parte da planta afetada, estas doenças podem ser agrupadas como podridões de semente e da plântula, podridões de raízes, doenças da haste e do colo e doenças foliares. As doenças foliares mais importantes são o oídio (*Erysiphe diffusa*), as doenças de final de ciclo [crestamento foliar (*Cercospora kikuchii*), mancha parda (*Septoria glycines*) e antracnose (*Colletotrichum truncatum*)] e, mais recentemente, a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), que desde a sua primeira constatação no Brasil, na safra 2000/01, tem sido alvo de inúmeros estudos, face à sua agressividade e poder de dano, causando a desfolha prematura e redução drástica no rendimento de grãos (UTIAMADA, 2003).

Em condições ótimas, o dano pode variar de 10 a 80%. Estima-se que mais de 60% da área de soja do Brasil foi atingida pela ferrugem da safra 2001/2002, resultando em uma perda estimada em 569,2 mil toneladas de grãos. De acordo com Yorinori et al. (2003), a ferrugem foi o principal fator de redução de rendimento da soja na safra 2002/2003, atingindo perdas estimadas em 3,4 milhões de toneladas e danos variáveis entre 30 e 75%. Na safra 2003/2004, também ocorreram muitas perdas devido à presença desse patógeno; considerando o custo com o controle da doença e a redução da produtividade, foram calculados prejuízos de US\$ 2,08 bilhão (EMBRAPA SOJA, 2007).

Já na safra 2005/2006, as perdas de grãos de soja, devido à ferrugem, foram estimadas em 2,9 milhões de toneladas, o que correspondeu ao valor de US\$ 640 milhões (US\$ 220,50/t). Considerando a ocorrência da ferrugem em todos os estados

produtores de soja, com exceção de Roraima, e duas aplicações adicionais de fungicida, em 80% dessa área, visando controlar a doença, os gastos com controle químico (fungicidas e despesas com aplicação) atingiram a estimativa de US\$ 1,484 bilhões. Portanto, o custo ferrugem, na safra 2005/2006, atingiu o montante de US\$ 2,124 bilhões (EMBRAPA SOJA, 2007).

A infecção por *Phakopsora pachyrhizi* causa desfolha precoce e impede a plena formação dos grãos. Quanto mais cedo à desfolha, menor será o tamanho dos grãos e, conseqüentemente, maior a perda do rendimento e do peso de grãos. Em casos severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar aborto e queda das vagens, resultando em comprometimento total do rendimento (AZEVEDO et al., 2004). Além da redução de produtividade causada pela ferrugem asiática, um outro fator agravante é o alto custo com a utilização dos fungicidas para o controle da doença, diminuindo a margem de lucro do agricultor.

Devido às grandes perdas na produtividade causada por essa doença, e o aumento do custo de produção, o desenvolvimento de métodos alternativos para o controle da ferrugem torna-se cada vez mais necessário. Neste sentido, a nutrição equilibrada de plantas toma grande importância, devido à possibilidade de elevar o rendimento de grãos, melhorar a qualidade dos produtos e reduzir a severidade de doenças.

2.3 Nutrição X Doenças de Plantas

A resistência de plantas à doenças, apesar de ser geneticamente controlada, pode ser influenciada por fatores ambientais, porém a influência do ambiente tem efeitos relativamente pequenos em cultivares com elevada resistência ou suscetibilidade, mas grandes em cultivares moderadamente suscetíveis ou parcialmente resistentes. A nutrição mineral é fator ambiental e pode ser manipulada com relativa facilidade para o controle de doenças; entretanto, é necessário conhecimento detalhado de como os nutrientes minerais aumentam ou diminuem a tolerância das plantas, devido às propriedades histológicas e citológicas e, conseqüentemente, ao processo de patogênese (MARSHNER, 1995).

O conhecimento dos efeitos da nutrição mineral sobre a suscetibilidade do hospedeiro à doença tem, muitas vezes, valor prático, uma vez que a nutrição do hospedeiro está condicionada às práticas de adubação. Assim, por exemplo, a adubação com potássio em soja reduziu a intensidade de antracnose e outras doenças foliares mais

que a aplicação do fungicida Benomyl, mesmo com alta pressão de inóculo e condições ambientais favoráveis ao patógeno (SIJ et al., 1993).

A nutrição mineral do hospedeiro pode afetar a suscetibilidade e causar variações nos mecanismos bioquímicos e nas estruturas de defesa, além de influenciar nas reservas de alimento disponíveis ao patógeno. As relações entre a nutrição da planta hospedeira e as doenças de plantas foram estudadas em alguns trabalhos, sendo encontrados efeitos interessantes de nitrogênio, fósforo, potássio e alguns micronutrientes, tanto em enfermidades causadas por organismos do solo, como em doenças da parte aérea (MATTHEE e DAINES, 1969).

Segundo Huber (2005), a nutrição de uma planta determina em grande escala sua resistência ou suscetibilidade à doença, e à habilidade dos patógenos de causar doença. Conforme esquematizado abaixo (Figura 1), os nutrientes interagem como parte do componente ambiental, e a nutrição da planta, embora freqüentemente não reconhecida, sempre foi um componente do controle de doença.

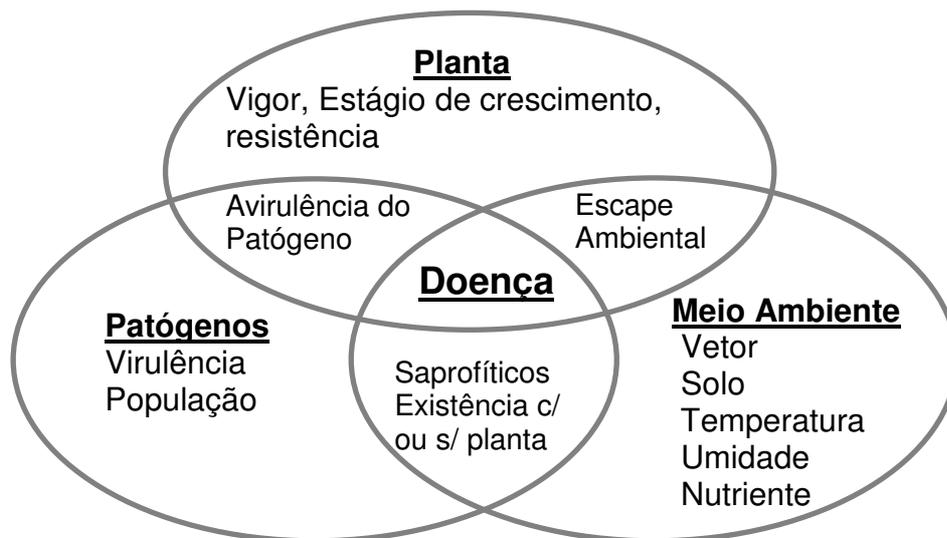


Figura 1. Interações determinantes na severidade das doenças de plantas (HUBER, 2005).

As práticas culturais, como a adição de matéria orgânica, correção da acidez do solo, elevação do pH e a irrigação, fornecem nutrientes às plantas diretamente ou tornam-os mais ou menos disponíveis para a planta, influenciando na doença. Em contraste, muitos patógenos podem alterar a disponibilidade dos nutrientes na rizosfera ou na área da infecção, para predispor as plantas a uma infecção mais severa.

Muitas doenças de planta foram controladas eficazmente integrando os efeitos de nutrientes minerais específicos e as práticas culturais que os influenciam, como resistência genética, sanidade e controles químicos (HUBER, 2005). Os nutrientes

minerais são envolvidos diretamente em todos os mecanismos da defesa como componentes integrais das células, das membranas, das enzimas e dos transportadores de elétron; ou como ativadores, inibidores e reguladores do metabolismo (HUBER, 2005). O fertilizante mineral pode reduzir a absorção (podridão da raiz), a translocação (murchas vasculares) ou os efeitos da distribuição (pontos da folha, podridão) da doença, fornecendo uma abundância maior de nutrientes para o complexo ou inibindo a virulência e a sobrevivência dos patógenos (HUBER, 2005).

Todos os nutrientes minerais essenciais são citados por influenciarem em alguma doença; entretanto, nenhum nutriente controla todas as doenças ou favorece o controle da doença em todas as plantas. De acordo com Huber (2005), o efeito de nutrientes minerais na incidência ou na severidade da doença foi determinado da seguinte forma:

- 1) observando o efeito do nutriente (fertilizante) na severidade da doença;
- 2) comparando concentrações minerais em cultivares resistentes e suscetíveis, ou tecidos;
- 3) correlacionando a disponibilidade mineral com incidência ou severidade da doença;
- 4) combinando as três formas acima.

Um elemento particular pode reduzir alguns patógenos, mas aumentar outros e ter um efeito oposto com a modificação do ambiente, da taxa ou da época da aplicação. Estas diferenças fornecem uma oportunidade de controlar várias doenças, integrando a nutrição com práticas culturais específicas ou de manejo. A flexibilidade na maioria das interações doença-nutriente permite uma utilização muito mais ampla deste controle cultural, do que é praticado presentemente. A severidade da maioria das doenças pode ser reduzida e o controle químico, biológico ou genético de muitos patógenos pode ser reforçado pela nutrição apropriada das plantas. A maior supressão de doença com a utilização de nutrientes ocorre geralmente em cultivares tolerantes ou resistentes, desde que os cultivares altamente suscetíveis não tenham a defesa fisiológica regulada por um íon mineral específico, e os cultivares imunes a uma doença, particularmente, podem ser altamente eficientes na absorção ou na utilização dos nutrientes. A maior resposta à nutrição está também em ir de um nível nutricional deficiente a um nível nutricional inteiramente suficiente para a planta. Há algumas exceções, onde o excesso de um nutriente particular mostra uma resposta diferente do que quando suficiente, mas estas situações geralmente refletem efeitos periféricos ou indiretos de um outro nutriente ou sistema (Huber, 2005). As diferentes formas (oxidadas ou reduzidas) ou as fontes (sais)

de um nutriente podem ter efeitos opostos em uma doença específica por causa dos diferentes sítios metabólicos envolvidos ou da disponibilidade do nutriente. Por exemplo, a maioria das plantas pode absorver o N do amônio e do nitrato (ou K de sais de sulfato e de cloreto); entretanto, o efeito na doença pode ser completamente diferente, dependendo da fonte aplicada. O ferro e o manganês somente podem ser absorvidos pelas plantas na forma reduzida, e P e S são absorvidos primeiramente nas formas oxidadas mais solúveis do fosfato ou do sulfato. A taxa do nutriente aplicado e a época de aplicação (estádio suscetível) também podem ser critérios úteis de manejo para controlar uma doença, sem predispor as plantas à outra.

A disponibilidade do nutriente para a planta dependerá do seu nível residual no solo, taxa e época da aplicação do fertilizante, atividade microbiana do solo, perdas sazonais, eficiência e sanidade geral da planta. Estes fatores podem ser modificados pelos diferentes fertilizantes, mudando as condições ambientais e químicas (pH, umidade, inibindo nitrificação) e também a densidade de plantas. A morfologia da raiz ou a biologia da rizosfera podem aumentar a eficiência do complexo nutricional.

De acordo com Marschner (1995), há pouca informação sobre o efeito do estado nutricional da planta nos mecanismos de defesa contra bactérias e vírus. No entanto, há claras evidências da ação contra doenças causadas por fungos e contra o ataque por pragas. No caso das doenças fúngicas nas superfícies de raízes e folhas, a proteção através da nutrição mineral balanceada seria o resultado de:

- eficiente barreira física, evitando a penetração das hifas, através de cutícula espessa, lignificação e/ou acumulação de sílica na camada de células epidérmicas;
- melhor controle da permeabilidade da membrana citoplasmática, evitando assim a saída de açúcares e aminoácidos (de que se nutrem os patógenos) para o apoplasto, ou espaço intercelular;
- formação de compostos fenólicos, com distintas propriedades fungistáticas.

Cada nutriente possui suas particularidades e suas funções distintas no controle de doenças de plantas. Quando o suprimento de N é alto, há uma alta demanda de carbono da fotossíntese via ciclo de Calvin, ficando, assim, comprometida a síntese dos metabólitos secundários pela via do ácido chiquímico (YAMADA, 2004). Em condições limítrofes de nitrogênio, ocorre o oposto, com a formação de amplo pool de compostos fenólicos e alcalóides. Assim, enquanto aplicações excessivas de P e de K são comumente sem efeito nas doenças, o excesso de nitrogênio pode favorecer doenças fúngicas, principalmente nos casos onde P e K estiverem em níveis baixos. A alta

concentração de nitrogênio reduz a produção de compostos fenólicos (fungistáticos) e de lignina das folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios, mas não aos facultativos. Como regra, todos os fatores que favorecem as atividades metabólicas e de síntese das células hospedeiras (por exemplo: adubação nitrogenada) também aumentam a resistência aos parasitas facultativos, que preferem tecidos senescentes. O N também aumenta a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que aparentemente têm maior influência que os açúcares na germinação e no desenvolvimento dos conídios, favorecendo, pois, o desenvolvimento das doenças fúngicas (MARSCHNER, 1995).

O fósforo, apesar de estar envolvido na formação de uma série de compostos bio-orgânicos e em processos metabólicos de vital importância para a planta, tem ação na resistência às doenças variável e parece não ser muito evidente (KIRALY, 1976). No entanto, Graham (1983) menciona que o maior vigor das plantas com níveis adequados de P permite que elas superem as doenças. Este autor menciona ainda que membranas celulares de plantas P-deficientes deixam vazar metabólitos para os fungos invasores.

O silício, apesar de não ser reconhecido como um nutriente essencial, é um elemento presente em grande quantidade nas gramíneas. Basta dizer que o nível considerado crítico na folha do arroz é de 5%. É conhecido na literatura o papel que o silício tem na resistência do arroz à brusone. Trabalhos mais recentes têm mostrado o efeito do silício na resistência ao ataque de patógenos de diversas culturas, entre elas a cana-de-açúcar e até mesmo a soja (DATNOFF et al., 1991; KORNDÖRFER et al., 1999; DATNOFF et al., 2001; RODRIGUES et al., 2001; RODRIGUES et al., 2003b; SANTOS et al., 2003a; SANTOS et al., 2003b).

2.4 Potássio X Doenças de Plantas

Dos macronutrientes citados na literatura científica, o potássio é o elemento que apresenta consistentes resultados positivos na redução da incidência de pragas e doenças (MARSCHNER, 1995; GRAHAM, 1983; ISMUNADJE, 1996). Relatos mostram que a nutrição potássica adequada reduziu a severidade de mais de 20 doenças bacterianas, mais de 100 doenças fúngicas e de 10 doenças causadas por vírus e nematóides em diversas culturas (RAIJ, 1990).

Henning et al. (1985) observaram na cultura da soja redução da infecção por *Colletotrichum dematium*, em decorrência da adubação potássica, e também

constataram maior infecção por *Phomopsis sp.*, em dois anos consecutivos, nos tratamentos em que o potássio não foi aplicado.

Mascarenhas et al. (1976) relatam intenso ataque da soja pelo patógeno *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* em hastes, vagens e sementes, nos tratamentos que não receberam potássio, enquanto que, nas plantas adubadas com este nutriente, houve pouco ou nenhum ataque do patógeno.

Diferenças na severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) foram observadas em lavouras de soja que apresentaram distribuição desuniforme de adubo potássico (ZANCANARO, 2004), e Sanogo e Yang (2001) observaram que a aplicação de KCL resultou em decréscimo de 36% na incidência de *Fusarium solani* (causador da síndrome da morte súbita), em comparação com a soja sem tratamento com K.

A deficiência de potássio provoca acúmulo de aminoácidos solúveis, que são nutrientes de patógenos. O teor de glutamina, por exemplo, é particularmente alto nas plantas deficientes em potássio e favorece a germinação de esporos, como os de bruzone do arroz (GRAHAM, 1983). Ela também retarda a cicatrização das feridas, favorecendo a penetração dos patógenos. A perda do turgor celular pode ser um fator físico que facilita a penetração tanto de fungos, como de insetos. O potássio tem ação clara, bem definida, na resistência às doenças causadas tanto pelos patógenos obrigatórios, como pelos facultativos.

Conforme ensaio realizado por ITO et al., (1993), a redução da incidência da queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja está relacionada com o papel do potássio nas diversas funções da planta. Em geral, esse nutriente confere maior resistência aos tecidos, aumenta a espessura das paredes celulares da epiderme e regula o funcionamento dos estômatos, atuando na redução do potencial de inóculo e promovendo rápida recuperação das injúrias.

Trabalho feito por Borkert et al. (1985) e França Neto et al., (1985) mostra que mesmo nas doses de K, onde a resposta à produção é marginal (por exemplo, 80 kg.ha⁻¹ de K₂O versus 40 kg.ha⁻¹ de K₂O) há melhoria na qualidade da semente de soja com redução da infecção por *Phomopsis sp.* e no dano por percevejo.

2.5 Fontes de Potássio X Doenças de Plantas

Fontes de potássio têm sido estudadas no controle de várias doenças de plantas, sendo que o silicato de potássio e o fosfito de potássio têm sido o foco de vários estudos

(FIGUEIREDO et al., 2007; SOUZA et al., 2007; SOUZA et al., 2007; DUARTE et al., 2007; JÚNIOR et al., 2007; BENEDETTI et al., 2007).

O silício está envolvido em vários aspectos estruturais, fisiológicos e bioquímicos da vida das plantas, apresentando papéis diversos. Dentre eles, o de dar às culturas melhores condições de suportar adversidades climáticas, edáficas e biológicas (EPSTEIN, 1994; 1995), tendo como resultado final uma maior qualidade e um aumento na produção. Contudo, um dos efeitos benéficos do silício é o seu papel em reduzir a suscetibilidade das plantas à doenças, principalmente as causadas por fungos, por protegê-las sob a forma de barreira física, evitando que haja a penetração de hifas que retiram água e sais das folhas, e também através da alteração das respostas da planta ao ataque do parasita, aumentando a síntese de toxinas (fitoalexinas), que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes (MARSCHNER, 1995).

Os fosfitos têm como precursor o ácido fosforoso (H_3PO_4), apresentando um átomo de hidrogênio no lugar de um dos átomos de oxigênio presentes nos fosfatos. Essa pequena diferença modifica o balanço de carga do fosfito e leva à perda da simetria, característica dos ortofosfatos. Na reação com o hidróxido de potássio (KOH), tem-se a formação do fosfito de potássio. Recentemente, produtos a base de fosfito de potássio têm sido indicados no controle de fungos do gênero *Phytophthora* e dos fungos de podridões do colo, raiz, tronco e frutos. De acordo com as informações de rótulo dos produtos comerciais, a aplicação de fosfito é sugerida para todo tipo de cultivo, incluindo culturas de grãos, olerícolas, ornamentais e fruteiras. Além de favorecer a prevenção e cura das enfermidades produzidas por fungos, associa-se o uso do fosfito à melhoria do estado nutricional das plantas, sobretudo nos estádios de maior aumento da atividade metabólica, quando a aplicação do produto representaria um fornecimento suplementar de nutrientes. Outros efeitos mencionados incluem o equilíbrio nutricional das plantas, melhor amadurecimento e qualidade dos frutos, além de qualidade superior na pós-colheita (NOJOSA et al., 2005).

O sulfato de potássio é geralmente fabricado pela reação do cloreto de potássio com o ácido sulfúrico (ZEHLER et al., 1986), apresentando cristais brancos ou levemente roxos, com partículas menores do que o cloreto de potássio. Contém cerca de 50% de K_2O , é menos higroscópico do que o cloreto de potássio (COELHO, 1973) e é amplamente utilizado em fertirrigação. Os relatos na literatura sobre os efeitos do sulfato de potássio sobre doenças são bastante escassos, porém, o sulfato favorece a atividade de enzimas anabólicas (carboidrases), de tal modo que o sulfato, em

comparação com o cloreto, favorece o acúmulo de carboidratos altamente polimerizados (amido) e outros componentes nitrogenados polimerizados (proteínas) (ZEHLER et al., 1986), o que pode ter efeito sobre o controle de doenças.

O nitrato de potássio é um sólido branco que contém cerca de 13% de nitrogênio (NO_3^-) e 46% de potássio (K_2O), possui excelentes propriedades físicas, tanto para a fabricação de misturas (fórmulas) de fertilizantes, como para a aplicação direta. É muito utilizado na cultura do fumo, por não conter cloro, e como fonte de nitrogênio e potássio. Pode também ser utilizado em aplicações de cobertura em fruticultura (BISSANI et al., 2004), e nos últimos anos tem sido amplamente utilizado em grandes culturas como a soja. Seu efeito sobre a incidência e/ou controle de doenças tem sido estudado. Levy (2002) verificou que a aplicação de cloreto de potássio ou nitrato de potássio reduziu a severidade da ferrugem asiática.

2.6 Adubação foliar

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

Em substituição a aplicações isoladas, visando à melhoria do estado nutricional da lavoura ou controle de determinadas doenças, atualmente uma pulverização foliar tende a ser realizada com propósitos múltiplos. Existe grande oferta de produtos tidos como multifuncionais que atuam simultaneamente como fertilizantes e protetores de planta, sendo constituídos por nutrientes, aminoácidos, ativadores de crescimento e/ou substâncias antimicrobianas. No entanto, o uso racional desses produtos ainda carece de critérios definidos com base em pesquisa científica, pois a eficiência agrônômica deles muitas vezes não se confirma para diferentes combinações de ambientes, culturas e sistemas de manejo. Portanto, antes de se definir uma substância como indutora de resistência é necessário conhecê-la e avaliar seus efeitos no controle de doenças (CAVALCANTI et al., 2005).

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de soja, a severidade e o progresso de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) e a eficiência

agronômica de fontes de potássio aplicadas via foliar e associadas a doses do fungicida Tebuconazole (200g l^{-1}).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento e caracterização da área

A área utilizada para o experimento pertence a Sementes Selecta, localizada no município de Goiatuba, Estado de Goiás, às margens da rodovia GO 320, Km 2,5. Apresenta altitude de 800 metros, latitude 17° 58' 56'' S e longitude 49° 21' 43'' O.

O experimento foi realizado sobre Latossolo Vermelho Distrófico, possuindo 37,8% de argila, baixa acidez, teor médio de fósforo, teor adequado de potássio e saturação por bases de 59% (Tabela 1).

Tabela 1: Caracterização química do solo sobre o qual foi instalado o experimento. Goiatuba-Go, safra 2006/2007.

Prof. cm	pH água 1:2,5	P	K	S	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	T	V	m	MO
		-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----	g Kg ⁻¹
0-20	6,4	5,6	50	3	2,2	0,8	0	2,2	3,1	5,3	59	0	3,1
20-40	6,3	1,1	30	5	1,6	0,4	0	2,5	2,1	4,6	45	0	2,1

*Observações: P, K = (HCL 0,05 molL⁻¹ + H₂SO₄ molL⁻¹); Al, Ca, Mg = (KCL 1 molL⁻¹); M.O. = Método Colorimétrico; SB = soma de bases/ t = CTC efetiva/ T = CTC a pH 7,0/ V = Sat. Por bases/ m = Sat. Por alumínio.

3.2 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com três repetições, em esquema fatorial (5x4), utilizando-se quatro fontes de potássio (Nitrato, Sulfato, Fosfito, Silicato), mais a testemunha, e quatro doses (0, 250, 500, 750 ml ha⁻¹) do fungicida Tebuconazole (200g i.a.l⁻¹), totalizando 20 tratamentos.

Cada parcela foi constituída de oito linhas de soja, espaçadas 0,5 m entre linhas, por 7 m de comprimento, sendo considerada a parcela útil as quatro linhas centrais, com 0,5 m de bordadura em cada extremidade, totalizando 10 m².

Os tratamentos foram aplicados três vezes, nos estádios R₂, R_{5,1} e R_{5,3}, sendo aos 50, 67 e 81 dias após a emergência. As aplicações foram feitas utilizando pulverizador costal pressurizado com CO₂, volume de aplicação de 200 l/ha, ponta tipo cone vazio (11003) e pressão de trabalho de 24 psi.

As doses de cada fertilizante foram determinadas com base na aplicação de 200 g ha⁻¹ de potássio, na 1° e 2° aplicações (Tabela 2), e 400 g ha⁻¹ de potássio na terceira aplicação (Tabela 3), totalizando 800 g ha⁻¹ de potássio.

Tabela 2: Doses de cada fertilizante e quantidade de cada nutriente aplicado para cada fonte de potássio, na 1º e 2º aplicações.

Fonte K	Dose ha ⁻¹	N	P	K	S	Si
		----- g ha ⁻¹ -----				
Fosfito de Potássio	840 ml	0	157,34	200	0	0
Silicato de Potássio	1150 ml	0	0	200	0	196,7
Nitrato de Potássio	535 g	64,2	0	200	6,4	0
Sulfato de Potássio	477 g	0	0	200	87,8	0

Tabela 3: Doses de cada fertilizante e quantidade de cada nutriente aplicado para cada fonte de potássio, na 3º aplicação.

Fonte K	Dose ha ⁻¹	N	P	K	S	Si
		----- g ha ⁻¹ -----				
Fosfito de Potássio	1680 ml	0	314,68	400	0	0
Silicato de Potássio	2300 ml	0	0	400	0	393,4
Nitrato de Potássio	1070 g	128,4	0	400	12,8	0
Sulfato de Potássio	954 g	0	0	400	175,6	0

3.3 Preparo da área e condução do experimento

O experimento foi conduzido em condições de campo, sendo que a cultura anterior de verão foi soja, e em outubro de 2006 foi semeado milho a lanço na área para formação de palhada.

A adubação de plantio foi realizada segundo recomendação da Embrapa Cerrado (2004) e para isso foi aplicado 400 kg ha⁻¹ do formulado 02-18-18.

A dessecação da área foi realizada dia 17/11/06, utilizando 2 kg ha⁻¹ de glifosato (720 g i a L⁻¹) + 0,5 l ha⁻¹ de 2,4-D (806 g i a L⁻¹).

A semeadura foi realizada dia 06/12/06, com a cultivar de soja M-Soy 8001, cultivar do grupo de maturação semi-precoce (120 dias) e de hábito de crescimento determinado.

O controle de plantas daninhas foi feito com herbicidas pós-emergentes Lactofen e Clethodim, nas doses de 0,5 e 1 L ha⁻¹, respectivamente.

O controle de lagarta da soja (*Anticarsia gemmatilis*) e do complexo de percevejos foi realizado juntamente com as aplicações dos tratamentos (dia 15/02/07, e 01/03/07, respectivamente), sendo utilizado 800 ml ha⁻¹ de Metamidofós, na 1º aplicação, e 1 L ha⁻¹ de Endosulfan + 0,5% de NaCl, na 2º aplicação.

3.4 Características avaliadas

Para avaliação da produção, foram retiradas as plantas localizadas nas quatro linhas centrais, totalizando 10 m². Posteriormente, as plantas foram trilhadas e pesou-se a massa dos grãos provenientes de cada parcela, sendo os dados transformados de kg parcela⁻¹ para kg ha⁻¹ e a umidade corrigida para 13%.

O peso de 1000 sementes foi determinado pela pesagem de oito sub-amostras de 100 sementes/parcela, segundo as prescrições estabelecidas pelas Regras de Análise de Sementes (RAS) (BRASIL, 1992) e realizada a correção da umidade para 13%.

Com base nos dados coletados de produtividade e de teor foliar de K, pode-se calcular a eficiência agronômica (EA) e a eficiência no fornecimento de K (EFK) das diferentes fontes potássicas, a partir das seguintes fórmulas (SIQUEIRA et al., 1999):

$$EA = \frac{(\text{Produtividade da fonte testada}) - (\text{Produtividade da testemunha})}{\text{Quantidade do nutriente aplicado.}}$$

$$EFK = \frac{(\text{Teor foliar de K da fonte testada}) - (\text{Teor foliar de K da testemunha})}{\text{Quantidade do nutriente aplicado.}}$$

Os valores de EA são dados em kg⁻¹ por kg ha⁻¹, ou seja, para cada kilo de nutriente aplicado, há um aumento ou redução na produtividade, em relação à testemunha de x kg ha⁻¹, e para a EFK, os valores são dados em kg⁻¹ por g kg⁻¹, ou seja, para cada kilo de nutriente aplicado, a um aumento ou redução do teor foliar de K, em relação à testemunha de x g kg⁻¹.

A severidade de Ferrugem Asiática foi avaliada utilizando-se a escala diagramática de Godoy et al. (2005) (Figura 2), estimada em folhas do terço médio e superior das plantas de soja.

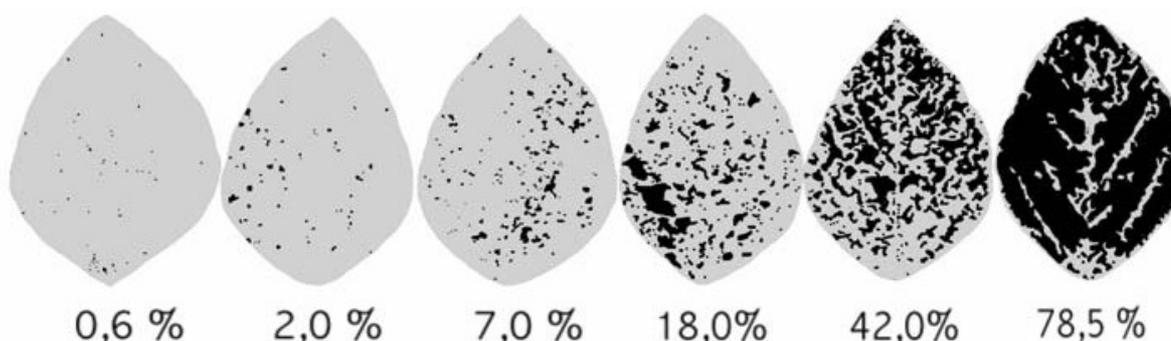


Figura 2. Escala diagramática para avaliação da severidade da ferrugem da soja (GODOY et al., 2005).

As avaliações foram realizadas em intervalos de três a quatro dias a partir da primeira aplicação dos tratamentos até o estágio R_{5.4}.

Com os dados obtidos em campo, calculou-se a área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) através da equação:

$$AACPD = \sum_i^{n-1} \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

onde, n é o número de avaliações, x é a proporção de doença e (t_{i+1} - t_i) é o intervalo de avaliações consecutivas (CAMPBELL; MADDEN, 1990). O valor da AACPD sintetiza todas avaliações de severidade da doença em um único valor.

3.5 Estatística

Os dados foram submetidos à análises da variância segundo o delineamento de blocos casualizados, com transformação de dados (raiz quadrada de x + 1), para as variáveis severidade e área abaixo da curva de progresso de doenças. A comparação das médias entre os tratamentos foi realizada com o teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. O efeito das doses de fungicida foi avaliado através de análise de regressão. A análise estatística foi realizada pelo programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de grãos

O tratamento o qual utilizou-se apenas o fungicida mostrou um incremento linear de produtividade, à medida que se aumentou a dose do fungicida. O mesmo não ocorreu quando associado às fontes de potássio, sendo que à medida que se aumenta a dose do fungicida, também ocorre um aumento na produtividade, porém quando se passa a utilizar doses maiores que 559 ml ha⁻¹, 570 ml ha⁻¹, 572 ml ha⁻¹ e 633 ml ha⁻¹ de fungicida associado às fontes de potássio (Nitrato, Fosfito, Sulfato e Silicato, respectivamente) ocorre uma tendência de redução na produtividade (Figura 3).

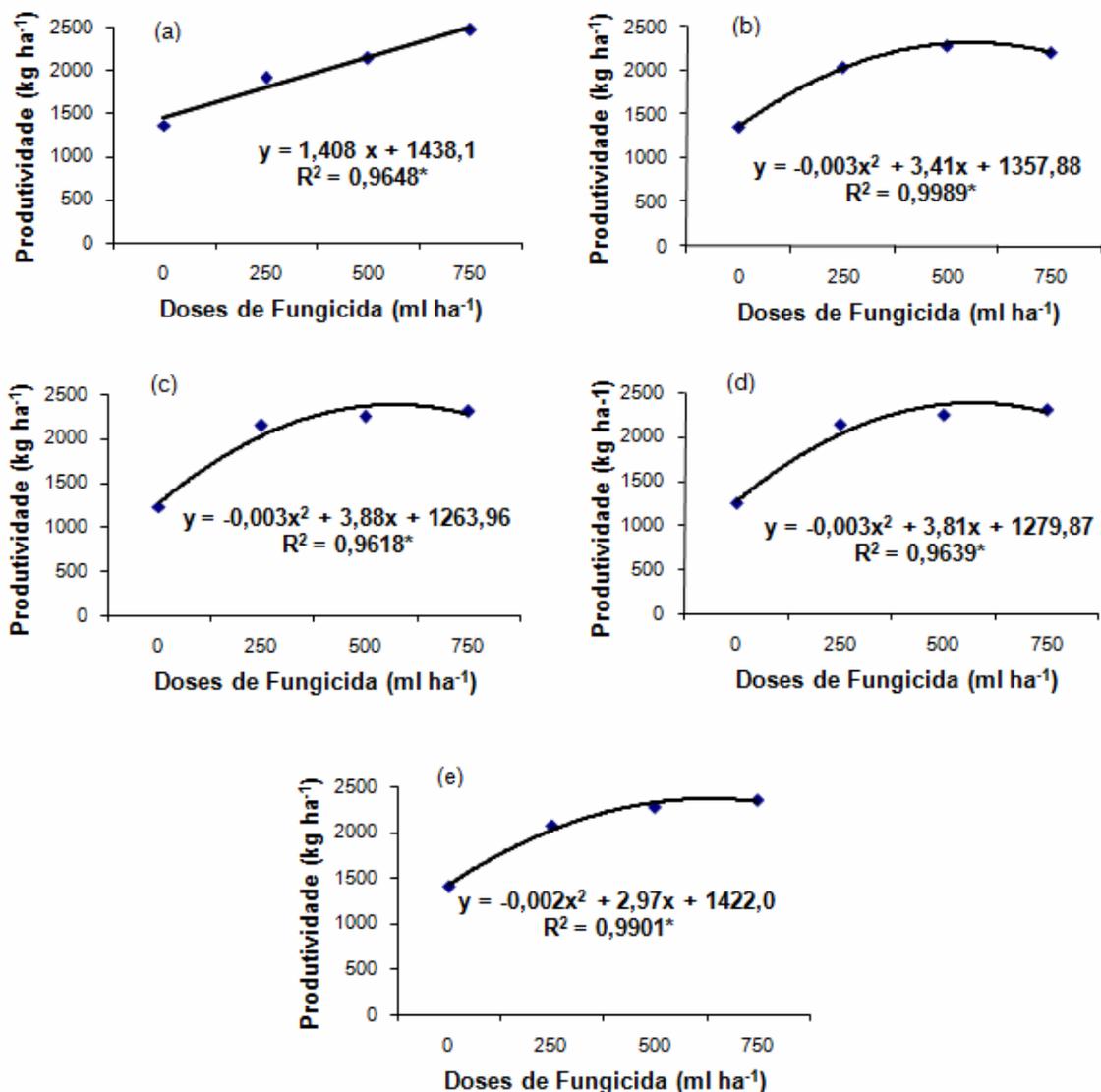


Figura 3. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a produtividade da soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; *efeito significativo, a 5%.

Esse comportamento distinto entre os tratamentos com e sem fontes de potássio pode ser justificado por uma provável fitotoxidez causada pelo fungicida, quando associado a estas fontes, já que as fontes de potássio podem afetar as características da solução, reduzindo o pH e auxiliando na absorção do fungicida.

Paradela et al. (2005) verificou fitotoxidez em mudas de café com a aplicação das doses de 500 e 1000 ml ha⁻¹ de Tebuconazole (200g i.a l⁻¹), o que mostra que mesmo na dose recomendada pela empresa (500 ml ha⁻¹) pode ocorrer fitotoxidez nas culturas. Já em trabalho realizado por Santos et al. (2005) no controle químico do cretamento gomoso do caule da melancia, o tratamento com trifloxistrobina + propiconazole (87,5 g L⁻¹ + 87,5 g L⁻¹) foi eficiente no controle da doença nas folhas, porém não resultou em boa produtividade, fato que foi associado a sintomas de fitotoxidez nas plantas.

Quanto ao comportamento diferenciado entre as fontes, apesar de não ter sido significativo, pode ser justificado pelo efeito do íon acompanhante na velocidade de absorção. Segundo Dechen e Neves (1988), a adubação foliar é baseada no fato de que as plantas têm capacidade de absorver nutrientes através de suas folhas. Nestas, a velocidade de absorção do elemento é influenciada pelo íon acompanhante e pela forma que o elemento se encontra na solução. Em cafeeiro, o MgNO₃, MgCl₂ e o MgSO₄ são absorvidos pelas folhas na ordem de velocidade decrescente, exemplificando o efeito do íon acompanhante.

Apesar das curvas mostrarem uma tendência de redução da produtividade nas doses mais altas de fungicida, foi observado um valor médio de 2.324,83 kg ha⁻¹ de grãos, quando aplicados 750 ml ha⁻¹ de Tebuconazole (200g i.a l⁻¹), sendo 76% superior aos tratamentos sem a aplicação do fungicida (1.317,28 kg ha⁻¹), independente das fontes de potássio aplicadas. Esse valor é próximo ao obtido por Pereira et al., (2005), sendo que a testemunha atingiu a produtividade de 1.438 kg ha⁻¹, já a parcela tratada com Tebuconazole apresentou produtividade 88% superior (2701 kg.ha⁻¹).

Quando comparado os valores de produtividade entre os tratamentos dentro de cada dose de fungicida, não foi encontrado efeito significativo a aplicação dos diferentes adubos foliares (fontes de potássio).

Este fato provavelmente pode ser atribuído ao potássio presente no solo estar na faixa de suprimento adequado (50 mg dm⁻³), além de ter sido fornecido mais 72 kg ha⁻¹ de K₂O via adubação de base.

Alguns trabalhos têm mostrado que, quando os teores de K-extraível no solo estão acima de 60 mg dm^{-3} , as respostas da soja à aplicação de K são, em geral, pouco expressivas (BEM, 1981), concordando com o nível crítico estabelecido para o Estado de São Paulo (RAIJ, 1991). Borkert et al. (1993) estabeleceram um nível crítico de 40 mg dm^{-3} para um solo de textura argilosa do Estado do Paraná, enquanto Souza (1984) estabeleceu um nível crítico de 50 mg dm^{-3} de K-disponível para um latossolo argiloso de cerrado do Brasil Central.

Segundo Faquin (2005), a taxa de absorção foliar de fósforo é duas vezes maior na planta deficiente em P do que naquela bem nutrida, que recebeu o nutriente adequadamente via radicular, mostrando que a capacidade de absorção foliar pode ser variável, dependendo da concentração interna do elemento, isto é, do estado nutricional da planta.

Segundo Malavolta et al. (1997), a taxa de crescimento de uma planta, de modo genérico, é afetada pelo teor do nutriente no seu tecido. Na faixa de concentração, chamada zona de deficiência ou zona de ajustamento, um pequeno incremento no teor do nutriente, conseguido por fertilização, por exemplo, acarreta grande crescimento da planta, muitas vezes apresentando uma relação linear entre aumento no teor foliar e produção. Acima da concentração crítica, que é aquela suficiente para gerar 90% do crescimento máximo, os aumentos na concentração não afetam apreciavelmente o crescimento nem a produção. Na zona adequada, o teor foliar aumenta sem que a produção o faça, há aí um desperdício do fertilizante ou do adubo aplicado, representando um consumo de luxo, podendo o elemento ser estocado no vacúolo, como alternativa ao metabolismo. Esta zona (adequada) pode ser ampla para os macronutrientes, como o potássio, e tende a ser estreita para os micronutrientes que atingem antes a concentração crítica tóxica, que é aquela suficiente para acarretar redução de 10 % no crescimento.

Outros fatores como: a cultivar ter sido semeada tarde (06/12); o estresse hídrico ocorrido durante a fase reprodutiva e o ciclo da cultivar ter se adiantado 20 dias podem ter interferido nos resultados e mascarado os dados. Lembrando também que a primeira aplicação do fungicida foi feita apenas sete dias após a identificação dos primeiros sintomas de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), e segundo resultados obtidos por Andrade e Andrade (2002), no controle químico da ferrugem asiática, um atraso de sete dias na aplicação do fungicida (após a detecção da doença) já foi suficiente para um aumento na desfolha de 82%, em relação às parcelas submetidas ao tratamento com

fungicida efetuado quando do aparecimento da doença. Portanto, esse fato também pode justificar a baixa produtividade obtida nos tratamentos.

4.2. Peso de 1000 grãos

Os tratamentos com silicato de potássio e a testemunha (sem a aplicação de K_2O) apresentaram resposta linear à aplicação de doses de fungicida, sendo que quando associado silicato de potássio ao fungicida, se obteve um maior peso médio de 1000 grãos, $100,47\text{ g}^{-1}$, contra $93,46\text{ g}^{-1}$ da testemunha, apresentando diferença significativa, pelo teste de Tukey, a 5%, porém não diferindo estatisticamente das outras fontes (Figura 4).

Este comportamento diferenciado do silicato de potássio em relação às demais fontes de K, principalmente quando o utiliza associado à maior dose de fungicida (750 ml ha^{-1}), pode ser explicado pelo seu efeito sobre as características da solução, já que, quando utilizado silicato de potássio, houve uma menor redução do pH da solução do que quando utilizado as demais fontes, e segundo Faquin (2005), no pH 3, a absorção de zinco é bem menor que a conseguida no pH 6, mostrando que o H^+ inibe competitivamente a absorção de cátions, que nesse caso ocorre com o K^+ , o qual tem sua absorção mais favorecida ao redor do pH 7. Este fato pôde ser observado, pois o silicato de potássio apresentou maior eficiência no fornecimento de K, em relação às demais fontes, principalmente quando associado à altas doses de fungicida (Tabela 5).

As demais fontes de potássio apresentaram comportamento semelhante entre si, sendo que, com a utilização de 250 ml ha^{-1} de fungicida, se obteve um acréscimo médio de 24,95 gramas (31,5%), em relação aos tratamentos sem fungicida. No entanto, com doses maiores do fungicida associado a estas fontes de potássio, houve uma tendência de redução no peso de 1000 grãos (Figura 4), o que não ocorre quando utilizado apenas o fungicida. Esse fato reforça a hipótese de fitotoxidez causada pelo fungicida, quando utilizado em altas doses e associado às fontes de potássio.

Já o menor peso de grãos, nos tratamentos que não receberam fungicida, pode ser atribuído à infecção por doenças foliares de final de ciclo e por *Phakopsora pachyrhizi*, que causa a desfolha mais cedo e como consequência maior perda do rendimento e do peso de grãos. Em casos severos, quando a doença atinge a soja na fase de formação das vagens ou início da granação, pode causar aborto e queda das vagens, resultando em comprometimento total do rendimento (AZEVEDO et al., 2004).

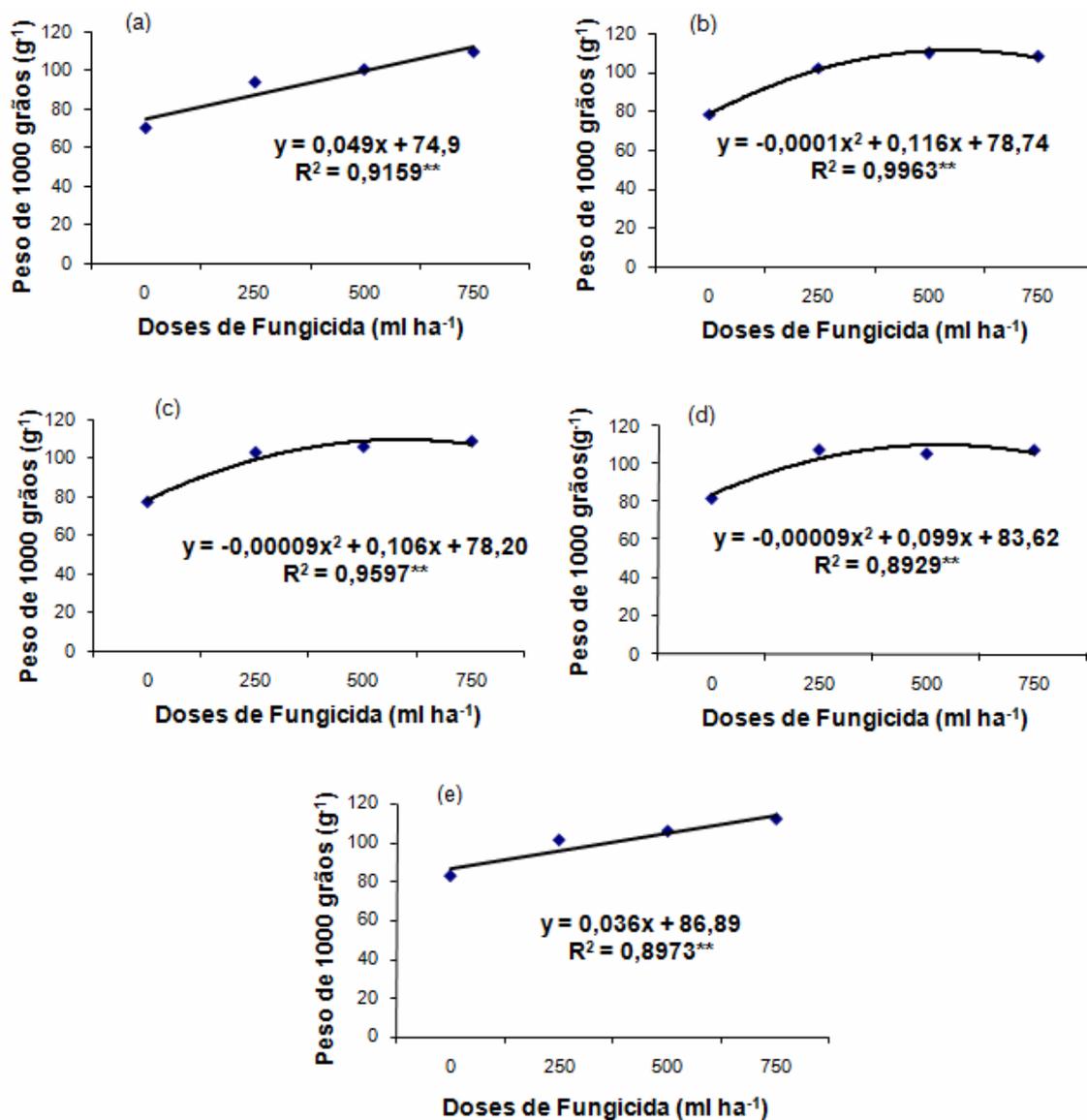


Figura 4. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre o peso de 1000 grãos. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; **efeito significativo, a 5%.

4.5 Eficiência agrônômica (EA) e Eficiência no fornecimento de K (EFK).

A Eficiência agrônômica das fontes de potássio utilizadas apresentaram comportamento semelhante entre si, porem a EA variou bastante dependendo da dose de fungicida utilizada, sendo que, quando se passa a utilizar o fungicida, ocorre um aumento na eficiência agrônômica das fonte de K, todavia, a medida que se aumenta a dose do fungicida, essa eficiência tende a diminuir (Tabela 4).

Tabela 4 – Índice médio de eficiência agrônômica (EA), em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Nitrato	-9,02	154,68	192,72	-317,22	5,28 a
Fosfito	-167,44	280,92	139,21	-194,51	14,54 a
Sulfato	-145,37	277,35	142,24	-196,33	19,47 a
Silicato	57,28	193,77	176,51	-139,97	71,90 a
Médias	-66,13	226,68	162,67	-212,01	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 1468

Esse fato pode ser justificado por um provável efeito sinérgico entre os produtos a base de potássio e o fungicida, tendo as fontes de potássio potencializado à absorção do fungicida a ponto de causar toxidez às plantas e redução da produtividade, quando associados à maior dose de fungicida. Em relação à eficiência no fornecimento de K, ocorreu o mesmo, ou seja, um aumento na EFK, quando se passou a utilizar o fungicida, seguido de uma redução na EFK, à medida que se aumentou a dose do fungicida. Segundo Elzam e Hodges (1967), a absorção de potássio pelas raízes e sua retenção nas células das plantas são competitivamente afetadas por H⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺, o mesmo pode ocorrer com a absorção foliar, o que mostra como o efeito do pH da solução pode afetar a absorção dos nutrientes.

Tabela 5 – Índice médio de eficiência no fornecimento de potássio (EFK), em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Nitrato	-1,04	1,66	1,66	-1,66	0,15 a
Fosfito	-0,41	3,54	-1,04	-0,83	0,31 a
Sulfato	0,20	1,04	1,45	-2,70	0,00 a
Silicato	2,70	2,29	2,70	0,20	1,97 a
Médias	0,36	2,13	1,19	-1,25	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 474,88

Avaliando-se as fontes de K individualmente, foi observado que o silicato de potássio apresentou uma maior EA média, em relação às demais fontes de K, apesar de não apresentar diferença estatística. Esse fato pode ser justificado pela maior eficiência

no fornecimento de K (Tabela 5) e pelo efeito do silicato sobre o controle de ferrugem asiática, já que, das fontes utilizadas, foi a que apresentou menor AACPD média (13,5).

4.3 Severidade de Ferrugem Asiática (*Phakopsora pachyrhizi*)

A ocorrência de ferrugem “asiática” no experimento foi de incidência natural. Os primeiros sintomas foram observados em 22/01/07 (R₁/R₂), sete dias antes da primeira aplicação dos tratamentos.

Quando avaliado a severidade no estágio R_{5,4} da soja, os tratamentos que receberam a aplicação foliar de fontes de potássio, associadas ou não ao fungicida, apresentaram, no terço médio, leve redução na severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), principalmente quando utilizado silicato de potássio, nitrato de potássio ou fosfito de potássio. Já no terço superior, os tratamentos com fosfito de potássio, sem fungicida e associado à dose de 250 ml ha⁻¹ de fungicida, apresentaram valores de severidade mais baixos que as demais fontes. Esse comportamento distinto entre os tratamentos com e sem fontes de potássio pode ser atribuído à característica dos íons acompanhantes das fontes de potássio, sendo que o silício pode mobilizar mecanismos de defesa da planta, o qual inclui acumulação de lignina, compostos fenólicos e peroxidases, sugerindo que este elemento também possa atuar como segundo mensageiro dentro da célula, em caso de distúrbio (EPSTEIN, 1999). Fawe et al. (1998) identificaram uma proteção ativa induzida pelo silício dentro das células vegetais. Em plantas de pepino, por exemplo, o silício inicia uma seqüência de reações que se traduzem em mecanismos bioquímicos de defesa. Já o nitrato e o fosfito tendem a reduzir o pH da solução, aumentando a absorção do fungicida. O fosfito, na maioria dos resultados de pesquisa, parece atuar diretamente contra patógenos (ação curativa), contudo, também se acredita que o fosfito teria uma ação indireta (preventiva), induzindo respostas de defesa na planta (NOJOSA et. al., 2005). Smillie et. al. (1989) sugerem que plantas tratadas com fosfito seriam capazes de produzir compostos antimicrobianos de forma mais efetiva que as não tratadas.

Os resultados referentes à severidade de ferrugem nos terços médio e superior estão apresentados na figura 5.

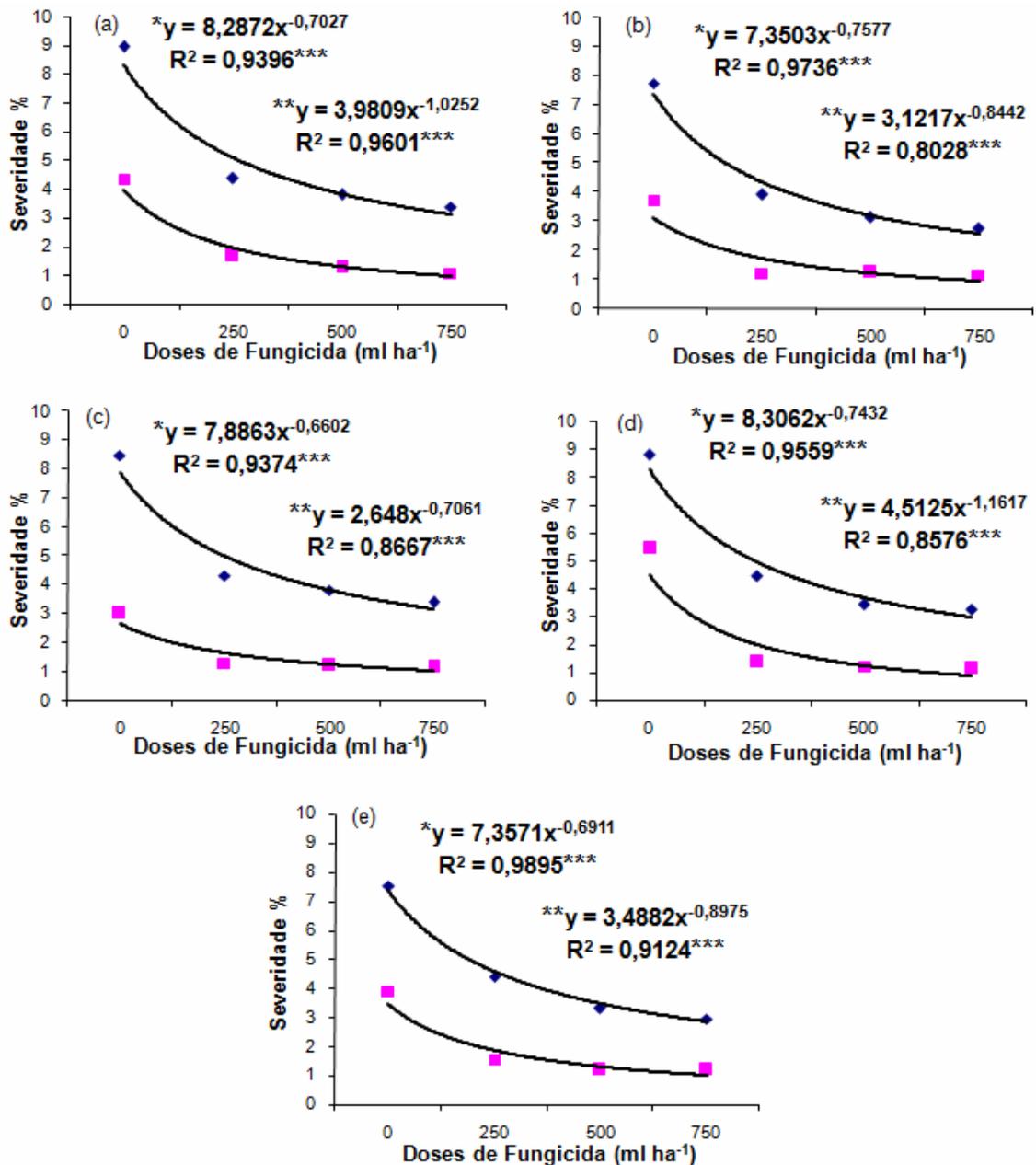


Figura 5. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a Severidade de ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), observadas nos terços médio e superior de soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; ◆ Terço Médio*; ■ Terço Superior**; ***efeito significativo, a 5%.

Estes resultados são condizentes com alguns autores que têm encontrado respostas significativas no controle de *Phakopsora pachyrhizi*, quando utilizado, via foliar, produtos a base de potássio, (LEVY, 2002; FIGUEIREDO et al., 2007; SOUZA et al., 2007; SOUZA et al., 2007; JÚNIOR et al., 2007;), principalmente aqueles que contém silício na formulação.

A severidade observada nas parcelas que não receberam aplicações de fungicidas variou de 7,75% a 8,94% (terço médio) e 2,98% a 5,52% (terço superior), causando menor produtividade média (1.317 kg ha^{-1}), quando comparada aos tratamentos que receberam fungicidas, o que pode ser explicado pelo efeito da desfolha antecipada que a doença causa nas plantas. Essa desfolha tem reflexos negativos na massa de sementes e conseqüentemente na produtividade. Isto pôde ser observado, pois os tratamentos sem fungicida apresentaram maior severidade média (8,31% terço médio, e 4,10% terço superior) e conseqüentemente, menor massa média de 1000 grãos (78 g) e menor produtividade média (1.317 kg ha^{-1}), em comparação com os tratamentos onde foi aplicado fungicida.

4.4 Área abaixo da curva de progresso de doenças (AACPD)

A partir do momento que se usa fungicida (Tebuconazole (200 g i a l^{-1})), mesmo na sua menor dose (250 ml ha^{-1}), ocorre uma significativa redução da AACPD, tanto no terço médio, como no terço superior (figura 6), independente das fontes de potássio aplicadas. Este fato pode ser atribuído às características do fungicida como a rápida penetração e translocação nos tecidos vegetais, evitando a perda por lixiviação e, ao mesmo tempo, permitindo boa distribuição na planta; e a ação curativa sobre infecções já iniciadas, entrando em contato com as hifas nos espaços intercelulares das folhas, durante o período de incubação, impedindo que as mesmas se ramifiquem e causem destruição foliar. Isto é ação curativa. Já a ação preventiva aumenta o residual do produto (FORCELINI, 1994), protegendo a planta por mais tempo. Devido a essas características, os fungicidas do grupo dos triazóis apresentam boa eficiência no controle de *Phakopsora pachyrhizi*.

No terço médio, quando comparado os valores de AACPD entre as fontes de potássio, nota-se que o menor valor médio foi obtido quando utilizado silicato de potássio (13,50), sendo inferior em 2,67 pontos (16,5%), em relação ao tratamento com fosfito de potássio (16,17). Esse fato pode ser atribuído ao efeito do silício, pois quando utilizado as fontes de potássio sem fungicida, o silicato de potássio foi a fonte que apresentou maior efeito de supressão da doença (menor AACPD), auxiliando no controle da doença, seja por atuação como barreira física ou através da alteração das respostas da planta ao ataque do patógeno, aumentando a síntese de fitoalexinas.

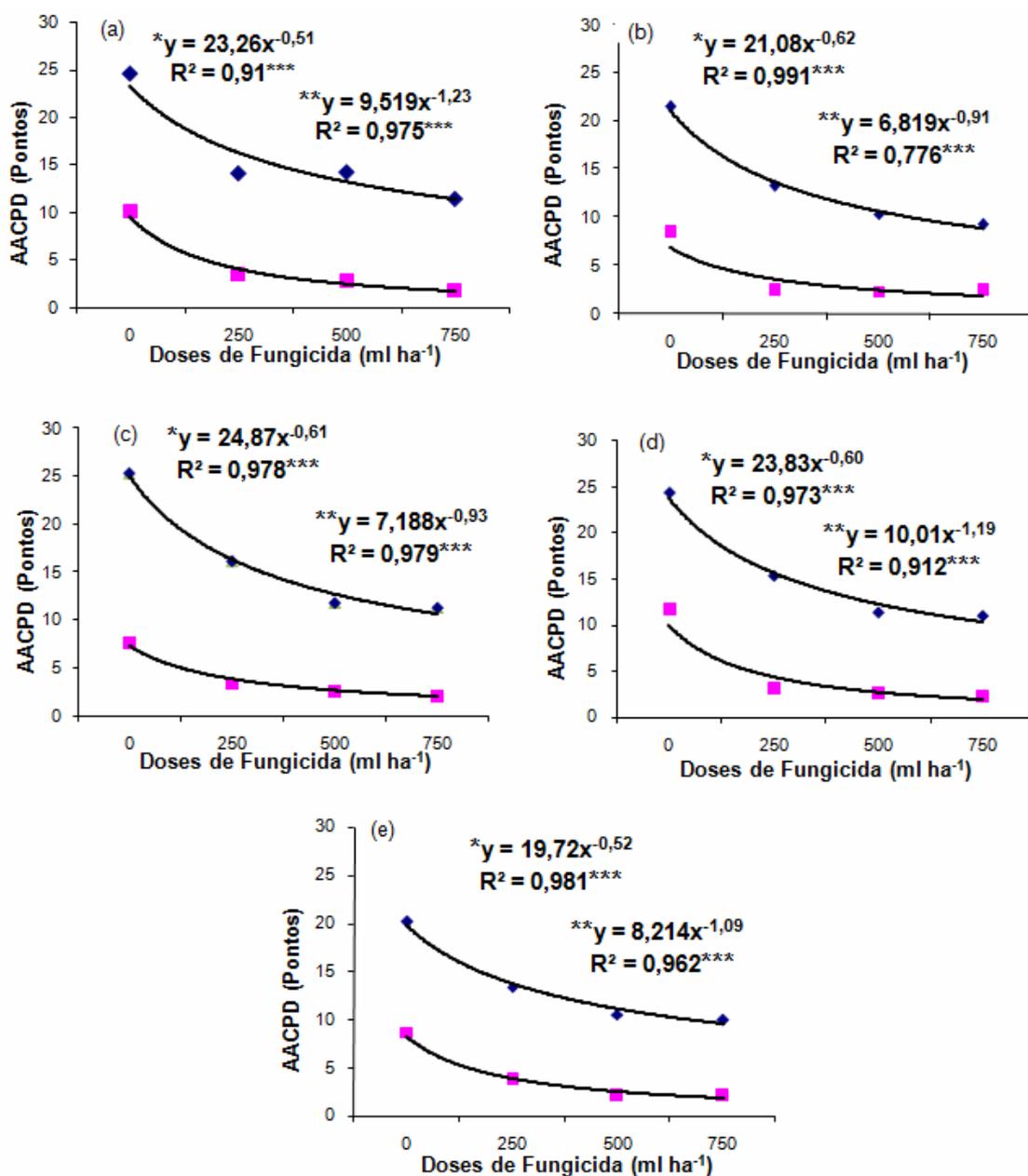


Figura 6. Efeito de doses do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e fontes de potássio em aplicação foliar sobre a AACPD, observadas nos terços médio e superior de soja. (a) Testemunha; (b) Nitrato; (c) Fosfito; (d) Sulfato; (e) Silicato; ◆ Terço Médio*; ■ Terço Superior**; ***efeito significativo a 5%.

No terço superior, o menor valor médio de AACPD encontrado foi 3,91 pontos, quando se utilizou nitrato ou fosfito de potássio, contra 4,96 pontos, quando utilizado sulfato de potássio. Essa menor resposta no terço superior as fontes de potássio aplicadas pode ser atribuída ao efeito do fungicida, que, no terço superior, apresenta uma maior eficiência no controle da doença, devido à qualidade e quantidade do produto depositado, que é maior do que no terço médio, suprimindo um provável efeito

das fontes potássicas. Esse fato pôde ser observado, pois, na dose zero (0) de fungicida, a aplicação de fosfito de potássio e nitrato de potássio apresentaram, respectivamente, valores de AACPD 24,5% e 16,5% inferiores a testemunha que não recebeu a aplicação de fontes de potássio.

5. CONCLUSÕES

- A aplicação das diferentes fontes de potássio não apresentou efeito significativo sobre a produtividade da soja;
- O silicato de potássio foi a fonte que apresentou maior eficiência agronômica e maior eficiência no fornecimento de potássio;
- Quando avaliado a severidade no estágio R_{5,4} da soja, os tratamentos que receberam a aplicação foliar de fontes de potássio, associadas ou não ao fungicida, apresentaram, no terço médio, leve redução na severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, P.J.M.; ANDRADE, D.F.A.A. **Ferrugem asiática**: uma ameaça a sojicultura brasileira. Circular Técnica n. 11, 2002, 11p.
- AZEVEDO, L. A. S.; JULIATTI, F. C.; BALARDIN, R. S.; SILVA, O. C. da. **Programa Syntinela**: monitoramento da dispersão de *Phakopsora pachyrhizi* e alerta contra a ferrugem asiática da soja. Campinas: Emopi Gráfica e Editora, 2004. 24p. (Boletim técnico).
- BEM, J.R. **Resultados de pesquisa com potássio em soja no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 9., Passo Fundo, 1981. **Ata...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1981. p. 174.
- BENEDETTI, T. C.; RODRIGUES, T. M.; RODRIGUES, C. R.; SOUSA, J. V.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação de fosfito e silicato de potássio via foliar em plantas de cenoura: arquitetura de planta e crescimento de raiz. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 231-234.
- BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. de O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Genesis, 2004. 328 p.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.S.; LANTMANN, A.F.; CAMPO, R.J. Efeito de doses e de modos de aplicação de cloreto de potássio sobre o rendimento da soja. In: **Resultados de Pesquisa de Soja 1984/85**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1985. p. 292-294.
- BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para a soja em Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p. 223-226, 1993.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: LANARV, SNTA, 1992. 365p.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons. 531p. 1990.
- CAKMAK, I. Protection of plants from detrimental effects of environmental stress factors. In: SIMPÓSIO SOBRE POTÁSSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2005, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba, 2005. p. 261-274. 871 p.
- CAVALCANTI, L. S. et al. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Editado por Leonardo Sousa Cavalcanti... et al. Piracicaba: FEALQ, 2005. 263 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, 13).
- COELHO, F. S. **Fertilidade do solo**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Soja**: estimativa da área plantada, produção e produtividade da safra 2006/2007. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=131> > Acesso em: 22 ago. 2007.

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

DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. **Plant Disease**, St. Paul, v. 75, p. 729-732, 1991.

DATNOFF, L.E.; SEEBOLD, K.W.; CORREA-V, F.J. The use of silicon for integrated disease management: reducing fungicide applications and enhancing host plant resistance. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDORFER, G.H. (Ed.). **Silicon in agriculture**. The Netherlands: Elsevier Science, 2001, p. 171-184.

DECHEN, A.R.; NEVES, C.S.V.J. Aplicação foliar de nutrientes em citros. **Laranja**, v.9, n.1, p.65-88, 1988.

DUARTE, I. N.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; JULIATTI, F. C. Aplicação de silicato de potássio via foliar em plantas de batata: produção e sólidos solúveis. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 175-178.

DUTRA, H.J.; HAMAWAKI, O.T. Desempenho agrônômico de soja em diferentes épocas de plantio na região de Capinópolis –MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.16, n.2, p.71-85, 2000.

ELZAM, O. E.; HODGES, T. K. Calcium Inhibition of Potassium Absorption in Corn Roots. **Plant Physiology**, v.42, p. 1483-1488, 1967.

EMBRAPA CERRADO. **Correção do solo e adubação**. Editores técnicos Djalma Martinhão Gomes de Sousa, Edson Lobato. 2 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

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

EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de produção de Soja**: Região Central do Brasil 2006. Londrina: Embrapa Soja: Embrapa Cerrados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 220p. (Sistemas de Produção. Embrapa soja, n.9)

EMBRAPA. Soja. **Sistema de Alerta**: Tabela de custo ferrugem. Disponível em: < http://www.cnpso.embrapa.br/alerta/ver_alerta.php?cod_pagina_sa=160 >. Acesso em: 22 ago. 2007.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicon in plant biology. **Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 91, p. 11-17, 1994.

EPSTEIN, E. Photosynthesis, inorganic plant nutrition, solutions, and problems. **Photosynthesis Research**, v. 46, p. 37-39, 1995.

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.50, p. 641-664, Jun. 1999.

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

FAWE, A.; ABOW ZAID, M.; MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Silicon – mediated accumulation of flavonoid phytoalexins in cucumber. **Phytopathology**, St Paul, v. 88, n. 5, p. 396-401, May. 1988.

FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0**. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, UFSCar, 2000. p.255-258.

FIGUEIREDO, F. C.; JÚNIOR, J. S.; BOTREL, P. P., LIMA, L. M., REIS, T. H. P., GUIMARÃES, P. T. G., RODRIGUES, C. R. Efeito de fontes de silício líquido solúvel na ferrugem asiática e produção da soja em casa de vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 43-46.

FORCELINI, C.A. Fungicidas inibidores da síntese de esteróis. I. Triazoles. In: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.2, p. 335-351, 1994.

FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N.P. da; HENNING, A.A.; PALHANO, J.B.; SFREDO, G.J.; BORKERT, C.M. Efeito de doses e métodos de aplicação de cloreto de potássio sobre a qualidade da semente da soja. In: EMBRAPA-SNPSO. **Resultados de pesquisa de soja 1984/85**. Londrina, 1985. p. 294-295.

GODOY, C.V. **Ensaio em rede para controle de doenças na cultura da soja**. Safra 2004/2005; Godoy. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 183 p. (Documentos. Embrapa Soja, n.266).

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

HENING, A.A.; YORINORI, J.T.; FRANÇA NETO, J. de B.; COSTA, N.P. da; PALHANO, J. B.; SFREDO, G. J.; BORKERT, C.M. Efeito do potássio sobre a incidência de doenças na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SEMENTES, 4., 1985, Brasília. **Resumos dos trabalhos técnicos**. Brasília: ABRATES, 1985. p. 138.

HOMHELD, V. Efeitos do potássio nos processos da rizosfera e na resistência das plantas às doenças. **Simpósio sobre Potássio na Agricultura Brasileira** / edição de Tsuioshi Yamada e Terry L. Roberts. Piracicaba, 2005. p. 301-319. 871 p.

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

ISMUNADJE, M. Rice diseases and physiological disorders relates to potassium deficiency. In: Fertilizer use and plant health. **Proceedings Colloquium International Potash Institute**, v.12, p. 47-60, 1996.

ITO, M.F., TANAKA, M.A.S., MASCARENHAS, H.A.A. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cescospora kikucci*) da soja. **Summa Phytopathologica**. v.19, n.1, p. 21-23, 1993.

JÚNIOR, P. C. de C., SOUSA, V. B. F., SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; MELO, S. P.; FIGUEIREDO, F. C. Produtividade da soja e controle de ferrugem asiática *Phakopsora pachyrhizi* com aplicações de fungicida e silicato de potássio via foliar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 203-209.

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

KORNDÖRFER, G.H., DATNOFF, L.E., CORRÊA, G.F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice grown on four savanna soils from Brazil. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 22, n. 1, p. 93-102, 1999.

LEVY, C. Zimbabwe: a country report on soybean rust control. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 7., 2002, Foz do Iguaçu. **Proceedings...** Foz do Iguaçu: [s.n.], 2002. p.340-348.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

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

MASCARENHAS, H. A. A.; MIRANDA, M. A. C.; BATAGLIA, O.C.; TISELLI FILHO, O.; BRAGA, N. R.; SOAVE, J. Efeito da adubação potássica sobre o ataque da soja pela *Diaporthe phaseolorum* (Cke e Ell.) Sacc. Var. *sojae* (Lehman) Wehm. **Summa Phytopathologica**, Piracicaba, v. 2, n. 3, p. 230-234, 1976.

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

NOJOSA, A. B. A.; RESENDE, M. L. V.; RESENDE, A.V. **Indução de resistência de plantas a patógenos e insetos**. Uso de fosfitos e silicatos na indução de resistência. Piracicaba: FEALQ, 2005.

PARADELA, A. L.; GALLI, M. A.; FERRAZ NETO, B. L.; CALSONI NETO, J.; ORCINI, R. M.; MELLE ZENI, G. F.; CALHEIRO, F. Avaliação do índice de fitotoxidez de triazóis em mudas de café e eficiência dos triazóis aplicados via foliar no

controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Unipinhal**. 2005.

PEREIRA, H.H.A.; SCHERB, C.T.; AZEVEDO, L.A.S. Eficiência de diferentes fungicidas aplicados curativamente no controle da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) na cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27., 2005, Londrina: **Resumos...** Londrina, [s.n.], 2005. p. 207-208.

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

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343p.

RODRIGUES, F.A.; DATNOFF, L.E.; KORNDÖRFER, G.H.; SEE-BOLD, K.W.; RUSH, M.C. Effect of silicon and host resistance on sheath blight development in rice. **Plant Disease**, v. 85, n. 8, p. 827-832, 2001.

RODRIGUES, F.A.; VALE, F.X.R.; KORNDÖRFER, G.H.; PRABHU, A.S.; DATNOFF, L.E.; OLIVEIRA, A.M.A.; ZAMBOLIM, L. Influence of silicon on sheath blight of rice in Brazil. **Crop Protection**, v. 22, n. 1, p. 23-29, 2003b.

SANOGO, S.; YANG, X. B. Relation and sand content, pH, and potassium and phosphorus nutrition to the development of sudden death syndrome on soybean. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Oatwa, v. 23, p. 174-180, 2001.

SANTOS, GIL.R.; CAFÉ-FILHO, A. C.; SABOYA, L. M . F. Controle químico do crestamento gomoso do caule da melancia. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 155-163, mar/abr. 2005.

SANTOS, G.R.; KORNDÖRFER, G.H.; REIS FILHO, J.C.D.; PELÚZIO, J.M. Adubação com silício: influência sobre as principais doenças e sobre a produtividade do arroz irrigado por inundação. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p. 1-8, 2003a.

SANTOS, G.R.; KORNDÖRFER, G.H.; PELÚZIO, J.M.; DIDONET, J.; REIS FILHO, J.C.D.; CÉSAR, N.S. Influência de fontes de silício sobre a incidência e severidade de doenças e produtividade do arroz irrigado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 65-72, 2003b.

SIJ, J.W., TURNER, F.T., WHITNEY, N.G. Suppression of anthracnose on soybeans with potassium fertilizer and benomyl. **Better Crops With Plant Food**, v.77, n.1, p.12-13, 1993.

SIQUEIRA et al. **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Soil fertility, soil biology, and nutrition interrelationships. Editado por: José Oswaldo Siqueira et al. Viçosa: SBCS; Lavras: UFLA/DCS, 1999. 818 p.

SOUSA, D.M.G. **Calagem e adubação da soja nos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1984. 9p. (Comunicado técnico, 38).

SOUZA, J. V., JÚNIOR, P. C. de C., SOUSA, V. B. F., RODRIGUES, C. R.; MELO, S. P.; FIGUEIREDO, F. C. Produtividade da soja e controle de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) com aplicação de silicato de potássio e sulfato de níquel via foliar. In: IV Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura. **Resumos**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 87-90.

SOUSA, V. B. F.; SOUSA, J. V.; JÚNIOR, P. C. de C.; RODRIGUES, C. R.; MELO, S. P.; FIGUEIREDO, F. C. Aplicação foliar de silicato de potássio na soja: Absorção de Si, severidade de ferrugem asiática e produtividade. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 4., 2007, Botucatu. **Resumos...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2007. p. 102-106

UTIAMADA, C, M. Doenças da cultura da soja: **Correio Agrícola**, São Paulo, p. 2-5, jul./dez. 2003.

YAMADA, T. **Resistência de plantas a pragas e doenças**. Piracicaba: Potafos 2004. 24p. (Encarte Técnico. Informações Agrônômicas, n. 108).

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

YORINORI, J. T.; GODOY, C. V.; PAIVA, W. M.; FREDERICK, R .D.; COSTAMILAN, L.N.; BERTAGNOLLI, P.F.; NUNES JR., J. Evolução da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) no Brasil, de 2001 a 2003. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 36., 2003, Uberlândia. **Suplemento...** Uberlândia: UFU, 2003, p.210

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

ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P. A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio**: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas. Tradução de: José Guidolin. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 111 p.

ANEXOS

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados obtidos no experimento, em função das fontes de potássio e das doses de fungicida, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte de Variação	GL	Produtividade	Peso 1000 grãos	Severidade ¹		AACPD ¹		EA	EFK
				Terç. Médio	Terç. Super.	Terç. Médio	Terç. Super.		
Fonte	4	0,174	2,793 *	1,705	0,428	4,324*	0,464	0,65	1,204
Fungicida	3	85,87*	77,318*	114,071*	17,497*	101,441*	33,037*	2,976*	2,933*
Fonte X Fungicida	12	0,673	0,802	0,275	0,382	0,611	0,427	0,110	0,535
Bloco	2	0,147	0,256	5,153*	1,376	7,929*	1,892	0,55	0,787
CV %		9,65	6,18	17,88	66,87	14,67	53,04	1468	474

* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de F.

¹Dados transformados em raiz quadrada de x + 1

TABELA 2A. Médias de produtividade (Kg ha⁻¹) em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	1359,61	1913,41	2131,16	2460,52	1966,17 a
Nitrato	1352,39	2037,15	2285,34	2206,74	1970,40 a
Fosfito	1225,63	2138,15	2242,52	2304,91	1977,81 a
Sulfato	1243,31	2135,39	2244,95	2303,45	1981,75 a
Silicato	1405,44	2068,43	2272,37	2348,54	2023,69 a
Médias	1317,28	2058,48	2235,27	2324,83	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 9,65

TABELA 3A. Massa média de 1000 grãos em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	70.43	93.76	100.32	109.33	93,46 b
Nitrato	78.41	102.33	109.81	107.66	99,57 a
Fosfito	77.09	102.47	105.41	108.19	98,29 a
Sulfato	82.05	107.39	105.36	107.25	100,51 a
Silicato	83.16	101.22	105.65	111.87	100,47 a
Médias	78.23	101.43	105.32	108.86	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 6.18

TABELA 4A. Índice médio de eficiência agrônômica (EA) em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Nitrato	-9,02	154,68	192,72	-317,22	5,28 a
Fosfito	-167,44	280,92	139,21	-194,51	14,54 a
Sulfato	-145,37	277,35	142,24	-196,33	19,47 a
Silicato	57,28	193,77	176,51	-139,97	71,90 a
Médias	-66,13	226,68	162,67	-212,01	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 1468

TABELA 5A. Índice médio de eficiência no fornecimento de potássio (EFK) em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Nitrato	-1.04	1.66	1.66	-1.66	0.15 a
Fosfito	-0.41	3.54	-1.04	-0.83	0.31 a
Sulfato	0.20	1.04	1.45	-2.70	0.00 a
Silicato	2.70	2.29	2.70	0.20	1.97 a
Médias	0.36	2.13	1.19	-1.25	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 474,88

TABELA 6A. Severidade média de ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), observadas no terço médio de soja em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	8.94	4.38	3.82	3.38	5.13 a
Nitrato	7.75	3.94	3.14	2.74	4.39 a
Fosfito	8.48	4.32	3.81	3.4	5.00 a
Sulfato	8.85	4.48	3.46	3.27	5.02 a
Silicato	7.54	4.41	3.31	2.96	4.56 a
Médias	8.31	4.31	3.51	3.15	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 17.88

TABELA 7A. Severidade média de ferrugem asiática (*P. pachyrhizi*), observadas no terço superior de soja em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	4,35	1.66	1.25	1.07	2.08 a
Nitrato	3.73	1.22	1.23	1.16	1.84 a
Fosfito	2.98	1.29	1.2	1.13	1.65 a
Sulfato	5,52	1.38	1.19	1.14	2.31 a
Silicato	3.9	1.56	1.18	1.19	1.96 a
Médias	4.1	1.42	1.21	1.14	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 66.78

TABELA 8A. AACPD média observada no terço médio de soja em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	24.55	14.12	14.24	11.44	16.05 ab
Nitrato	21.54	13.28	10.37	9.25	13.61 ab
Fosfito	25.33	16.18	11.84	11.32	16.17 b
Sulfato	24.42	15.36	11.37	10.99	15.57 ab
Silicato	20.15	13.37	10.53	9.96	13.50 a
Médias	23.2	14.46	11.67	10.59	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 14.67

TABELA 9A. AACPD média observada no terço superior de soja em função da aplicação de doses crescentes do fungicida Tebuconazole (200g i.a l⁻¹) e diferentes fontes de adubo potássico foliar, em um Latossolo Vermelho Distrófico, ano agrícola 2006/2007, Goiatuba-GO.

Fonte	Dose Fungicida ml ha ⁻¹				Médias*
	0	250	500	750	
Teste.	10.08	3.45	2.74	1.71	4.50 a
Nitrato	8.41	2.44	2.33	2.45	3.91 a
Fosfito	7.61	3.34	2.61	2.07	3.91 a
Sulfato	11.73	3.23	2.6	2.28	4.96 a
Silicato	8.67	3.69	2.12	2.09	4.14 a
Médias	9.3	3.23	2.48	2.12	

*Médias na coluna com a mesma letra não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. C.V. = coeficiente de variação. C.V % 53.04

TABELA 10A. Estádios de desenvolvimento da soja¹

Estádio	Descrição
..... I. Fase Vegetativa	
VC.	Da emergência a cotilédones abertos.
V1.	Primeiro nó; folhas unifolioladas abertas.
V2.	Segundo nó; primeiro trifólio aberto.
V3.	Terceiro nó; segundo trifólio aberto.
.	
Vn.	Enésimo (último) nó com trifólio aberto, antes da floração.
..... II. Fase Reprodutiva (Observação na haste principal).....	
R1.	Início da floração: até 50% das plantas com flor.
R2.	Floração plena: maioria dos racemos com flores abertas.
R3.	Final da floração: flores e vagens com até 1,5cm.
R4.	Maioria das vagens no terço superior com 2-4cm.
R5.1.	Grãos perceptíveis ao tato a 10% da granação.
R5.2.	Maioria das vagens com granação de 10%-25%.
R5.3.	Maioria das vagens entre 25% e 50% de granação.
R5.4.	Maioria das vagens entre 50% e 75% de granação.
R5.5.	Maioria das vagens entre 75% e 100% de granação.
R6.	Vagens com granação de 100% e folhas verdes.
R7.1.	Início a 50% de amarelecimento de folhas e vagens.
R7.2.	Entre 51% e 75% de folhas e vagens amarelas.
R7.3.	Mais de 76% de folhas e vagens amarelas.
R8.1.	Início a 50% de desfolha.
R8.2.	Mais de 50% de desfolha à pré-colheita.
R9.	Ponto de maturação de colheita.

¹Fonte: EMBRAPA (2005).