

ANA CLAUDIA RUSCHEL MOCHKO

**FERTILIZAÇÃO DO SOLO NA SEVERIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA
DA SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

M688f
2017 Mochko, Ana Claudia Ruschel, 1990-
Fertilização do solo na severidade da ferrugem asiática da
soja / Ana Claudia Ruschel Mochko. – Viçosa, MG, 2017.
vi, 75f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Laércio Zambolim.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Soja - Doenças e pragas. 2. Ferrugem asiática.
3. Ferrugem da soja (Doença). 4. *Phakopsora pachyrhizi*. 5.
Glycine max. 6. Plantas - Nutrição. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de
Pós-graduação em Fitopatologia. II. Título.

CDD 22 ed. 633.3494

ANA CLAUDIA RUSCHEL MOCHKO

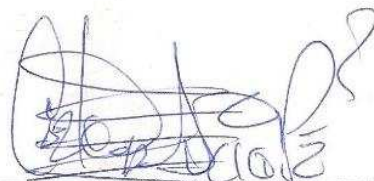
**FERTILIZAÇÃO DO SOLO NA SEVERIDADE DA FERRUGEM ASIÁTICA
DA SOJA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

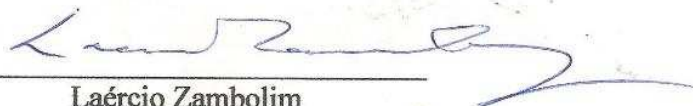
APROVADA: 15 de julho de 2017.



Jorge Luis Badel Pacheco



Carlos Eduardo Aucique Perez



Laércio Zambolim
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por toda coragem, proteção, saúde e sabedoria ao longo da minha jornada.

Aos meus pais Airton e Jane, muito obrigada! Obrigada de verdade por se doarem de corpo e alma para permitir que eu chegasse até aqui. Eu sei o quanto vocês batalharam! Espero poder retribuir cada gota de suor derramado e todo o amor depositado.

Agradeço à minha querida irmã Alice e ao meu querido irmão Adriano.

Ao Hauster, por ser tão importante na minha vida.

Agradeço ao professor Dr. Laércio Zambolim, pela orientação.

Ao Dr. Douglas Ferreira Parreira, pela amizade e co-orientação.

À equipe do laboratório de Proteção de Plantas.

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos juntos.

A todos os alunos, professores e funcionários do Departamento de Fitopatologia.

Agradeço, também, à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

A todos que cruzaram pelo meu caminho e contribuíram de alguma forma na conquista desse sonho, muito obrigada!

E por fim, gostaria de agradecer à Universidade Federal de Viçosa por abrirem as portas para que eu pudesse realizar este sonho.

BIOGRAFIA

Ana Claudia Ruschel Mochko, filha de Jane Salete Ruschel e Airton Mochko, nasceu em Mafra, Santa Catarina, em 11 de agosto de 1990. Em março de 2010, ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal de Mato Grosso, graduando-se em março de 2015. Foi bolsista de iniciação científica na Embrapa Agrossilvipastoril no período de 2014 a 2015, onde desenvolveu atividades de pesquisa em diagnose de doenças de plantas. Em agosto de 2015, iniciou no Programa de Pós-graduação, a nível de Mestrado em Fitopatologia, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Prof. Dr. Laércio Zambolim.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | v |
| ABSTRACT | vi |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 4 |
| ARTIGO 1 | 6 |
| Fertilização fosfatada do solo na severidade da ferrugem asiática da soja..... | 6 |
| ARTIGO 2 | 26 |
| Fertilização potássica do solo na severidade da ferrugem asiática da soja..... | 26 |
| ARTIGO 3 | 48 |
| Fertilização nitrogenada do solo na severidade da ferrugem asiática da soja..... | 48 |
| ANEXOS | 67 |

RESUMO

MOCHKO, Ana Claudia Ruschel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Fertilização do solo na severidade da ferrugem asiática da soja.** Orientador: Laércio Zambolim. Coorientador: Douglas Ferreira Parreira.

A ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi*, é uma das principais doenças da soja. Em condições favoráveis, a doença pode ser um fator limitante para a produção. Atualmente, o controle da doença é realizado por meio da aplicação de fungicidas, vazios sanitários, plantio de cultivares precoces e adubação equilibrada. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do incremento da adubação fosfatada, potássica e nitrogenada sobre a ferrugem asiática da soja. Foram conduzidos 2 experimentos em condições de campo, com delineamento de blocos ao acaso, com 6 doses de N, P e K (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) e 2 experimentos em vasos sobre condições de campo, sendo um deles com 6 doses de N, P e K (0, 50, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³), e o outro com 4 doses de P e K (0, 100, 200 e 400 mg/dm³) e 4 doses de N (0, 50, 100 e 200 mg/dm³). A aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) foi realizada aos 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE) nos tratamentos com controle químico. Foram avaliados severidade, porcentagem de controle, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), taxa de progresso da doença (r), produtividade e teor de clorofila a e b. A severidade, a AACPD e a taxa de progresso da doença reduziram conforme o incremento na adubação fosfatada e potássica e a aplicação de fungicida, enquanto a porcentagem de controle e a produtividade aumentaram. Os teores de clorofila a e b também apresentaram maiores valores conforme o incremento na dose de P e K. No experimento de N, o incremento da adubação nitrogenada aumentou a severidade, a AACPD, a taxa de progresso da doença, os teores de clorofila a e b, e a produtividade. Com base nos dados obtidos, concluiu-se que a adubação equilibrada com fósforo e potássio e a aplicação de fungicida são estratégias que podem ser implementadas no manejo integrado, possibilitando maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja, enquanto o nitrogênio apesar de aumentar produtividade, aumenta a severidade da ferrugem da soja.

ABSTRACT

MOCHKO, Ana Claudia Ruschel, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Soil fertility in the severity of asian soybean rust.** Adviser: Laércio Zambolim. Co-adviser: Douglas Ferreira Parreira.

The Asian rust caused by the fungus *Phakopsora pachyrizi*, is one of the major diseases of soybean. Under favorable conditions, disease can be a limiting factor for production. Currently, the control of the disease is carried out through the application of fungicides, sanitary void, planting of early cultivars and balanced fertilization. Thus, the objective of this work is to evaluate the effect of phosphate, potassium and nitrogen fertilization on an asian soybean rust. Two trials were received in field conditions, with a randomized block design, with 6 doses of N, P and K (0, 25, 50, 100, 200 and 400 mg / dm³) and 2 potting experiments on field conditions (0, 100, 200, 400 and 800 mg / dm³), the other with 4 doses of P and K (0, 100, 200 and 400 mg / dm³) and 4 doses of N (0, 50, 100 and 200 mg / dm³). The application of fungicide (Azoxystrobin + Ciproconazole) was performed at 45, 60 and 75 days after emergence (DAE) in the treatments with chemical control. The severity, percentage of control, area below the disease progress curve (AACPD), rate of disease progression (r), productivity and chlorophyll content a and b were evaluated. The severity, AACPD and rate of progress of the disease reduced as the increase in phosphate and potassium fertilization and a fungicide application, while a percentage of control and a production increased. Nitrogen testing, nitrogen fertilization increased severity, AACPD, rates of disease progression, chlorophyll content and yield, and yield. Based on the data obtained, it was concluded that it is a balanced fertilization with phosphorus and potassium and application of fungicide are structures that can be implemented without integrated management, allowing greater efficiency in the control of soybean asian rust, while nitrogen, despite increasing the productivity, increase the severity of soybean rust.

INTRODUÇÃO

A ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi* H. Sydow e Sydow é uma das principais doenças da cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). No Brasil, foi relatada pela primeira vez em 2001 na região sul do país (BRANCÃO et al., 2005) e nos anos seguintes foi disseminada por quase todo o território brasileiro, causando perdas estimadas em 3,4 milhões de toneladas, o equivalente a US\$ 759 milhões apenas no ano de 2003 (YORINORI et al., 2005).

Os sintomas característicos deste fungo biotrófico são o desenvolvimento de lesões de coloração cinza-esverdeado ao marrom-avermelhado, contendo pústulas principalmente na face abaxial das folhas, podendo esporadicamente apresentar urédias na face adaxial. Os sintomas podem surgir nos cotilédones, folhas e hastes, em qualquer estágio fenológico da planta. Em condições de clima favorável, pode ocorrer o abortamento de flores e desfolha precoce reduzindo a quantidade e o peso dos grãos (YANG et al., 1991; YORINORI et al., 2004).

Atualmente não há variedades comerciais de soja com resistência vertical para o controle da ferrugem, dessa forma, o controle químico é o mais utilizado. Os fungicidas normalmente empregados são os triazóis e as estrobilurinas isoladamente e em mistura. Recentemente passou-se a adotar mistura tripla (triazól, estrobilurina e carboxamida), visando aumentar a eficiência do controle da doença e adiar por um certo tempo, o surgimento de isolados resistentes nas populações do fungo. Além do controle químico, outras estratégias como o vazio sanitário, uso de variedades precoces, eliminação de hospedeiros alternativos e nutrição mineral balanceada são utilizadas (ZAMBOLIM, 2006; NAVARINI et al., 2007).

A nutrição mineral de plantas pode ser utilizada como uma estratégia complementar ao Manejo Integrado de Doenças (ZAMBOLIM et al., 2012). Apesar da grande importância da adubação mineral, é necessário conhecimento aprofundado em relação à atuação desses nutrientes nas plantas, pois eles influenciam em grande parte a resistência ou a suscetibilidade aos agentes patogênicos (ZAMBOLIM et al., 2012; MARSCHINER, 2011), podendo favorecer o patógeno quando ocorre deficiência ou excesso (PERRENOUD, 1977).

A influência da nutrição mineral em relação ao grau de resistência da planta ocorre devido a modificações anatômicas, ou nas propriedades fisiológicas e bioquímicas das células vegetais. A resistência pode ser aumentada devido à formação de uma barreira

física atrasando ou até mesmo impedindo a penetração do patógeno por meio do espessamento de células epidérmicas e ao maior grau de lignificação e ou silicificação, além da produção de compostos de defesa (fitoalexinas), compostos fenólicos, entre outros (ZAMBOLIM et al., 2012; MARSCHINER, 2011).

Dentre os elementos essenciais à nutrição de plantas destacam-se o fósforo (P), nitrogênio (N) e o potássio (K). O P está envolvido em diversos processos metabólicos de vital importância para as plantas, sendo primordial para garantir altas produtividades (VANACE et al., 2003). A adubação fosfatada acelera o processo de maturação dos tecidos, auxiliando a planta a escapar da infecção por patógenos que atacam principalmente as folhas mais jovens (ZAMBOLIM et al., 2012). Apesar da importância da adubação fosfatada, seu efeito sobre a resistência às doenças é variável, e em alguns casos não muito aparentes (KIRALY, 1977). Existem relatos do decréscimo da doença em alguns patossistemas, e em outros, aumento na severidade da doença (ZAMBOLIM et al., 2012).

Outro elemento essencial à nutrição de plantas é o K. Este nutriente é fundamental para a manutenção do teor de água nas células mantendo-as túrgidas, e está relacionado à ativação de enzimas fundamentais para reações metabólicas, como produção de açúcares, assimilação de nitrogênio e regulação funcional dos estômatos. Quando em deficiência, as paredes celulares se tornam finas, o caule fica enfraquecido, as raízes menores e mais curtas, e ocorre o acúmulo de açúcar e nitrogênio nas folhas, o que favorece o surgimento de doenças (BHASKARACHARY, 2011). De maneira geral, a adubação equilibrada de K aumenta a resistência das plantas à patógenos foliares biotróficos ou facultativos em decorrência do aumento da resistência à penetração e desenvolvimento do patógeno (MARSCHINER, 2011).

Um dos macronutrientes que mais limita o crescimento das plantas quando deficiente, e um dos requeridos em maiores quantidades, é o N. Na soja, o suprimento deste nutriente geralmente ocorre através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias são inoculadas nas sementes de soja e são capazes de substituir totalmente a adubação nitrogenada (HUNGRIA et al., 2001).

O N pode ser encontrado em diversas formas, como aminoácidos, peptídeos, formas complexas insolúveis, nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (FERNANDES, 2006). A forma como ele está disponível para a planta ou patógeno, afeta a resistência mais do que a quantidade do elemento (ZAMBOLIM et al., 2012). Patógenos dos gêneros *Fusarium*, *Rizoctonia*, *Cercospora* e *Armillaria*, podem ter a severidade reduzida quando a adubação é realizada com NO_3^- , e a severidade aumentada quando adubada com NH_4^+ ,

enquanto *Diplodia*, *Pythium* e *Streptomyces* apresentam efeito contrário (HUBER & WATSON, 1974). Essa diferença na severidade ocorre em decorrência das diferentes formas de N que influenciam rotas metabólicas diferentes, alterando o crescimento e constituintes da planta ou exsudados, interferindo na germinação, crescimento, sobrevivência, reprodução e virulência do patógeno, além disso, esse efeito está associado ao pH (ZAMBOLIM et al., 2012).

A adubação nitrogenada em excesso pode tornar as plantas mais suscetíveis, favorecendo a penetração e estabelecimento dos patógenos biotróficos, devido à redução na síntese de compostos fenólicos e de lignina nas folhas. O N também pode aumentar a concentração de amidas e aminoácidos na superfície das folhas e no apoplasto, aparentemente favorecendo a germinação e desenvolvimento de esporos. Em contrapartida, de maneira geral, a resistência aos patógenos facultativos pode ser aumentada devido à preferência do patógeno por tecidos senescentes (MARSCHINER, 2011).

Estudos envolvendo a nutrição do hospedeiro fornecem uma base para aperfeiçoar as práticas agrícolas atuais visando reduzir a severidade da doença. Portanto, em decorrência da importância do uso do fósforo, potássio e nitrogênio na agricultura e a falta de clareza em relação aos seus efeitos sobre patógenos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses dos elementos fósforo, potássio e nitrogênio sobre a severidade da ferrugem asiática da soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASSETO, Marco Antonio; CERESINI, Paulo Cezar; VALÉRIO FILHO, Walter Veriano. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. **Summa Phytopathologica**, p. 56-62, 2007.
- BRANÇÃO, Nely; GASTAL, MF da C.; VENETTI JUNIOR, F. de J. Ocorrência de ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*), no extremo sul do Brasil. **Embrapa Clima Temperado-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2005.
- BHASKARACHARY, K. Potassium and human nutrition: The soil-plant-human continuum. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 24, n. 1, 2011.
- DESHMUKH, S. S.; MAYEE, C. D.; KULKARNI, B. S. Reduction of downy mildew of pearl millet with fertilizer management. **Phytopathology**, v. 68, p. 1350-1353, 1978.
- DORNELAS, Gabriel Avelar et al. Nitrogen and potassium fertilization on the yield and intensity of the maize white spot. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 351-359, 2015.
- Fernandes MS (2006). Nutrição mineral de plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, Minas Gerais.
- HUBER, D. M.; WATSON, R. D. Nitrogen form and plant disease. **Annual review of phytopathology**, v. 12, n. 1, p. 139-165, 1974.
- HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, I. de C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2001.
- NAVARINI, Lucas et al. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 182-186, 2007.
- KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: Fertilizer use and plant health. **Colloquium of the International Potash Institute**, 12, 33-46, 1977.
- MARSCHNER, Horst. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, San Diego, 2011.
- MENGISTU, Alemu et al. Potassium and phosphorus have no effect on severity of charcoal rot of soybean. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 38, n. 2, p. 174-182, 2016.
- PERRENOUD, Serge et al. Potassium and plant health. **International Potash Institute**, p. 219, 1977.

RODRIGUES, F. de A. et al. Severidade da podridão-radicular de *Rhizoctonia* do feijoeiro influenciada pela calagem, e pelas fontes e doses de nitrogênio. **Área de Informação da Sede-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2002.

SANOGO, S.; YANG, X. B. Relation of sand content, pH, and potassium and phosphorus nutrition to the development of sudden death syndrome in soybean. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 23, n. 2, p. 174-180, 2001.

SWEENEY, Daniel W. et al. Phosphorus, potassium, chloride, and fungicide effects on wheat yield and leaf rust severity. **Journal of plant nutrition**, v. 23, n. 9, p. 1267-1281, 2000.

SERRAT, B. M. et al. Nitrogen and potassium fertilization influences on intensity of peach leaf rust. In: **VIII International Symposium on Temperate Zone Fruits in the Tropics and Subtropics 872**. 2007. p. 313-318.

VANCE, Carroll P.; UHDE-STONE, Claudia; ALLAN, Deborah L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New phytologist**, v. 157, n. 3, p. 423-447, 2003.

YANG, X. B. et al. Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybean infected with *Phakopsora pachyrhizi*. **Phytopathology**, v. 81, n. 11, p. 1420-1426, 1991.

YORINORI, J. T. et al. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay from 2001 to 2003. **Plant Disease**, v. 89, n. 6, p. 675-677, 2005.

YORINORI, José Tadashi; NUNES JÚNIOR, José; LAZZAROTTO, Joelsio José. Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Embrapa Soja-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2004.

ZAMBOLIM, Laércio. Ferrugem Asiática da Soja. Viçosa, Minas Gerais, 1 ed. v. 1, 140 p., 2006

ZAMBOLIM, Laércio; VENTURA, José Aires; ZANÃO Júnior, Luiz Antônio. Influência da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Viçosa, Minas Gerais, 321p., 2012.

ARTIGO 1

Fertilização fosfatada do solo na severidade da ferrugem asiática da soja

Ana Claudia Ruschel Mochko¹; Laércio Zambolim¹; Douglas Ferreira Parreira¹; Samuel Vasconcelos Valadares²

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570.000, Viçosa, Minas Gerais.

²Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 36570.000, Viçosa, Minas Gerais.

Resumo

A nutrição mineral de plantas é uma estratégia que pode ser empregada no manejo da ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*). Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de doses crescentes de fósforo sobre a ferrugem asiática da soja na ausência e presença de controle químico. Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, com delineamento de blocos ao acaso, com seis doses de P (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) e dois experimentos em vasos com capacidade de 100 L sob condições de campo, sendo um deles com seis (0, 50, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³) e o outro com quatro doses (0, 100, 200 e 400 mg/dm³). A aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) foi realizada aos 45, 60 e 75 dias após a emergência em 50% das plantas nos vasos. Foram avaliados a severidade, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), taxa de progresso da doença (r), produtividade e o teor de clorofila a e b. A severidade, a AACPD e a taxa de progresso da doença reduziram com o aumento do fósforo e a aplicação de fungicida, enquanto a porcentagem de controle da doença e a produtividade da soja aumentaram. Os teores de clorofila a e b também apresentaram maiores valores conforme o incremento na dose de P. Com bases nos dados obtidos, concluiu-se que a adubação equilibrada com fósforo e a aplicação de fungicida são estratégias que podem ser implementadas no manejo integrado, possibilitando maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, Nutrição de Plantas.

Introdução

O Brasil destaca-se no cenário mundial como produtor de soja, sendo o segundo maior produtor e exportador no mundo (EMBRAPA, 2017). No entanto, a produção pode ser limitada devido às perdas provocadas por doenças, dentre elas, destaca-se a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi* (GODOY et al., 2013), que pode gerar perdas de até 100% (ANDRADE & ANDRADE, 2002).

Devido a inexistência de cultivares comerciais de soja com resistência vertical a ferrugem asiática, o controle da doença é feito principalmente pelo uso de fungicidas do grupo químico dos triazóis e estrobilurinas isoladamente ou em mistura. Recentemente passou-se a adotar mistura tripla (triazol, estrobilurina e carboxamida), visando aumentar a eficiência de controle da doença e adiar por um certo tempo, o surgimento de isolados resistentes nas populações do fungo. Além do controle químico, medidas culturais como o vazio sanitário, plantio de variedades precoces, eliminação de hospedeiros alternativos, densidade de plantas adequada, plantio logo após o vazio sanitário e fertilização equilibrada são utilizadas (ZAMBOLIM, 2006).

A nutrição mineral de plantas pode ser facilmente manipulada e faz parte do Manejo Integrado de Doenças (ZAMBOLIM et al., 2012). Dentre os elementos essenciais à nutrição de plantas, destaca-se o fósforo (P), um macronutriente primordial para garantir altas produtividades. Na forma de fosfato, este nutriente está envolvido em processos metabólicos de vital importância para as plantas, como transferência e armazenamento de energia via ATP e NADPH, síntese de ácidos nucléicos (DNA e RNA), ativação e desativação de enzimas, metabolismo de carboidratos, reações redox, fotossíntese, fixação de nitrogênio, além de constituir fosfolipídios de membrana (VANCE et al., 2003).

O fósforo é um elemento móvel nos tecidos da planta, e em decorrência do seu envolvimento com processos metabólicos, concentra-se nas áreas mais ativas de crescimento, sendo transferido e armazenado nos frutos ou grãos. Quando deficiente, pode ser translocado das folhas mais velhas para as mais jovens, atrasar a floração e maturação, reduzir o tamanho das folhas, e conseqüentemente, reduzir significativamente a produção das culturas (MARSCHINER, 1995).

Apesar da importância da adubação fosfatada, seu efeito sobre a resistência às doenças é variável, e em alguns casos não muito aparentes (DATNOFF et al., 2007). Existem relatos do decréscimo da doença em alguns patossistemas, e em outros, aumento na severidade (ZAMBOLIM et al., 2012).

Estudos envolvendo a aplicação de fósforo, observou-se uma redução da incidência e da severidade do míldio (*Sclerospora graminicola*) em milho (Desmukh et al., 1978) e da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia triticina*) em trigo (SWEENEY et al., 2000). No estudo realizado por Nam et al., (2006), o fósforo não teve efeito sobre a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em morangos, e na soja, a aplicação de fósforo não influenciou na severidade da podridão de carvão (*Macrophomina phaseolina*) (MENGISTU et al., 2016). Contrastando com os efeitos benéficos da aplicação de fósforo, Sharma et al. (1996) observou que a mancha-púrpura (*Cercospora kikuchii*) em sementes de soja foi mais severa devido ao incremento de fósforo.

Existem diversos estudos na literatura sobre os efeitos do P na incidência e severidade da doença, entretanto, a maioria dos estudos é realizado em casa de vegetação, e alguns resultados são contraditórios. Dessa forma, como o fósforo não apresenta um padrão definido no efeito sobre a doença, é necessário um estudo aprofundado da relação patógeno-hospedeiro em diferentes condições ambientais (DATNOFF et al., 2007). Em vista disso, em decorrência da importância do uso do fósforo na agricultura e a falta de clareza em relação ao seu efeito sobre patógenos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de fósforo sobre a severidade da ferrugem asiática da soja na ausência e presença de controle químico.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, localizado na região da zona da mata de Minas Gerais, com latitude 20° 45' 14'' S e longitude 42° 52' 53'' W.

Foram realizados dois experimentos sob condições de campo em novembro de 2015, composto por seis doses de fósforo (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) mantendo a dose fixa de potássio (K) em 200 mg/dm³, e de nitrogênio (N) em 150 mg/dm³. Os solos foram submetidos à análise química de uma camada de 0 a 20 cm. No experimento 1, o solo apresentou as seguintes características: pH (água) 6,0, fósforo 3,2 mg/dm³, potássio 53 mg/dm³, cálcio 2,6 cmol_c/dm³, magnésio 1,1 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³; no experimento 2, obteve-se pH (água) 5,5, fósforo 63,5 mg/dm³, potássio 280 mg/dm³, cálcio 3,3 cmol_c/dm³, magnésio 1,2 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³.

Semeou-se soja da variedade “TMG 135” em parcelas de seis metros de comprimento, dispostas em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, e parcelas subdivididas, no esquema fatorial de 6 x 2 (seis doses x com ou sem aplicação de

fungicida). Cada repetição foi composta por duas fileiras de plantas. Para a correção do solo, a aplicação de calcário foi realizada visando elevar a saturação de bases do solo a 70 %, utilizando calcário dolomítico (PRNT = 96%) aplicado 15 dias antes do plantio. No momento do plantio da soja, foi realizada a adubação fosfatada, potássica e nitrogenada nos sulcos de plantio, utilizando como fonte o superfosfato triplo (42% P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e uréia (44% de N). O cloreto de potássio e a uréia foram parcelados em três vezes, sendo a primeira aplicação no plantio, a segunda antes da floração, e a última durante a floração.

O terceiro e o quarto experimento foram implantados em fevereiro e novembro de 2016, respectivamente, sobre condições de campo em vasos de plástico com capacidade de 100 L, medindo 54 cm de diâmetro, o qual foram utilizados aproximadamente 100 kg de solo. Ambos os experimentos foram compostos por quatro doses de P (0, 100, 200 e, 400 mg/dm³) mantendo a dose fixa de K em 100 mg/dm³, e de N em 150 mg/dm³. O substrato utilizado nestes experimentos foi o solo do horizonte B, de um Latossolo Vermelho Amarelo da região de Viçosa, estado de Minas Gerais, o qual foi submetido à análise química tendo apresentado as seguintes características: pH (água) 5,5, fósforo 3,9 mg/dm³, potássio 24 mg/dm³, cálcio 1,0 cmol_c/dm³, magnésio 0,1 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³.

A variedade de soja utilizada foi a mesma adotada no experimento anterior, mantendo-se dez plantas por vaso. O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada vaso considerado uma repetição, no esquema fatorial de 4 x 2 (quatro doses x com ou sem aplicação de fungicida).

As inoculações das plantas, com uredósporos de *P. pachyrhizi* foram realizadas aos 30 dias após a emergência (DAE). A suspensão de esporos foi composta por água, Tween (80 a 0,1 µg/ml) e uredósporos na concentração de 1x10⁵/ml, obtidos através da agitação na água de folhas de soja com sinais do patógeno. A inoculação das bordaduras foi realizada no final da tarde, após a irrigação até completo molhamento foliar de toda a planta, sem que houvesse escorrimento. Nos ensaios em vasos, a inoculação ocorreu 30 DAE, e todas as plantas dos vasos foram inoculadas.

Nos tratamentos com controle químico, aos 45 DAE nos experimentos em campo e aos 35 DAE nos experimentos em vasos, aplicou-se o fungicida Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori XTRA[®]) na dosagem 300mL/ha, e posteriormente o produto foi reaplicado três vezes, sendo uma a cada 15 dias.

Avaliação da severidade

No primeiro e segundo experimento, a severidade da ferrugem da soja foi obtida através da contagem do número de lesões por cm² de 6 folhas do terço médio da planta, com o auxílio de um microscópio estereoscópio (aumento de 80x), a partir dos 60 dias após a emergência (DAE), realizando-se as avaliações com intervalo de 15 dias. No terceiro e quarto experimento, as avaliações iniciaram aos 45 DAE, e as posteriores foram realizadas com intervalo de 15 dias. Seis trifólios do terço médio da planta foram digitalizados com resolução de 600 dpi e a partir das imagens digitalizadas da face abaxial das folhas, determinou-se a porcentagem de área lesionada com o auxílio do programa QUANT[®]. Com os dados da severidade das diferentes avaliações, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pelo método da integralização trapezoidal (BERGER, 1988), a taxa de progresso da doença (r) e a porcentagem de controle, calculado pela diferença entre o tratamento com controle e o sem controle de fungicida em cada dose testada.

Teor de clorofila

O teor de clorofila a e b foi obtido a partir de cinco discos com 0,5 cm de diâmetro coletado de diferentes folhas do terço médio das plantas aos 65 DAE, com o auxílio de um furador de metal vazado. Os discos foram colocados em tubos de experimento envolvidos em papel alumínio, contendo 5 mL do reagente dimetilsulfóxido (DMSO) previamente saturado com carbonato de cálcio (CaCO₃) e incubados em temperatura ambiente (25°C) por 12 horas. Para a leitura dos pigmentos, utilizou-se o espectrofotômetro da BIO-RAD, SmartSpec 3000, por meio dos comprimentos de onda de 665 e 649 nm. Os valores para cada comprimento de onda foram utilizados nas equações de Wellburn (1994).

Produtividade

A produtividade dos experimentos foi obtida a partir da coleta de 10 plantas por repetição. Posteriormente, as vagens foram trilhadas e os grãos foram pesados com o auxílio de uma balança digital.

Análise estatística

Quando possível, os dados dos experimentos em campo foram unificados, bem como os de vasos, e realizou-se a análise estatística conjunta. Os dados obtidos nas

variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa Sisvar. As médias quando determinadas diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados

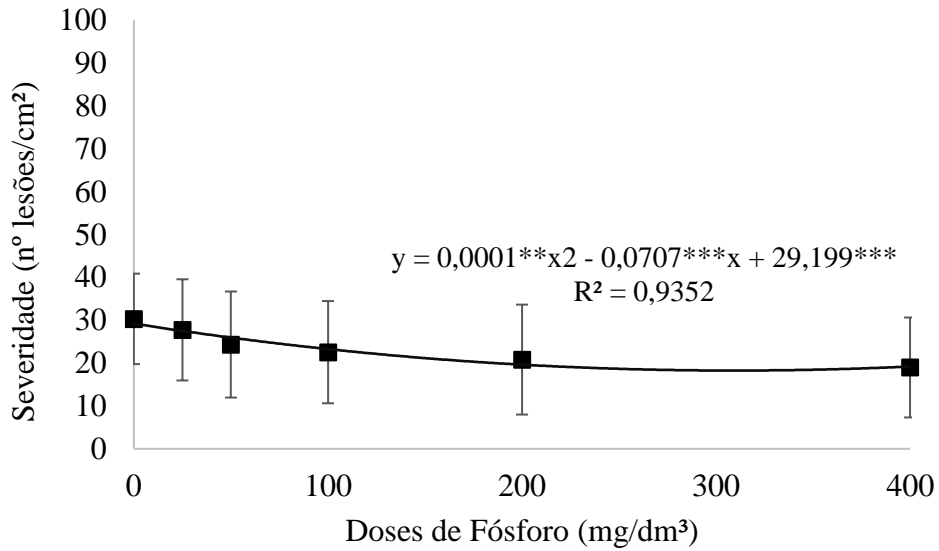
Avaliação da severidade e AACPD

Com base nos resultados obtidos da análise conjunta dos experimentos 1 e 2 realizados em campo, e dos experimentos 3 e 4 realizados em vasos sob condições de campo, a adubação fosfatada incorporada ao solo reduziu a severidade da ferrugem asiática da soja conforme o incremento na dose em relação à ausência de adubação em todos os experimentos. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados conjuntos dos experimentos 1 e 2 da severidade determinada aos 75 dias após a emergência (Figura 1). Para os dados conjuntos dos experimentos 3 e 4, o modelo linear foi o que melhor se ajustou para a severidade (Figura 2).

A média geral da severidade (tratamentos com ausência e presença de controle químico) dos experimentos 1 e 2 foram de 25,72 e 22,52 lesões/cm², respectivamente, e do 3 e do 4 foram de 15,63% e 11,24% de severidade. Houve diferença significativa entre os experimentos de campo, e entre os experimentos de vasos.

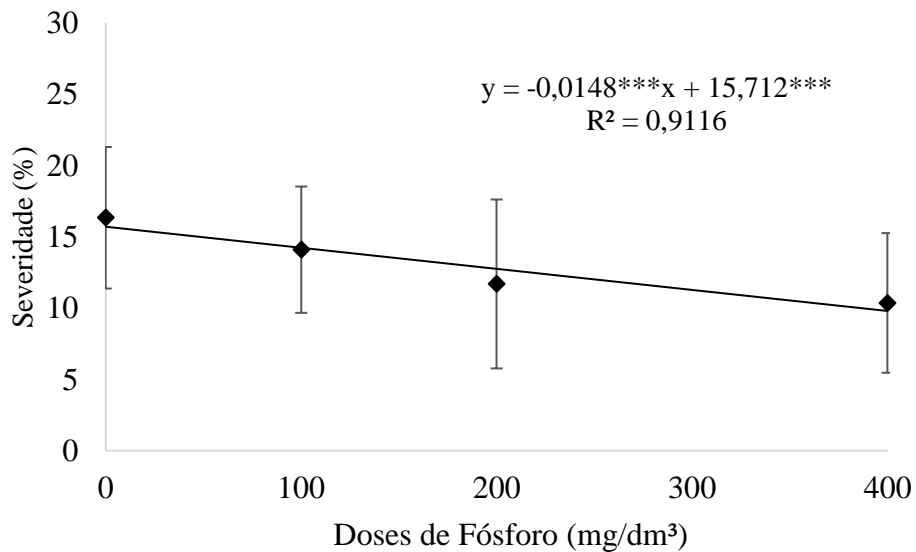
Para a variável AACPD, houve diferença significativa entre os experimentos 1 e 2, sendo os valores obtidos 943,32 e 1106,49, respectivamente. Os tratamentos submetidos ao controle químico também diferiram significativamente entre si, sendo as médias verificadas 489,56 nos tratamentos com controle químico, e 1560,25 nos tratamentos com ausência de controle. Nos experimentos 3 e 4 o modelo linear foi o que melhor se ajustou para a AACPD em função da variação de doses de fósforo (Figura 3). Nestes mesmo experimentos, os valores verificados foram de 577,61 e 445,56, respectivamente, ocorrendo diferença significativa entre si. Entre tratamentos pulverizados e não pulverizados, sendo os valores observados 337,73 com controle da doença, e 666,57 sem controle da doença.

A aplicação de fungicida e o incremento da adubação fosfatada reduziram a taxa de progresso da doença (*r*) em relação aos tratamentos que não foram submetidos ao controle da ferrugem asiática (Tabela 1). Os menores valores observados foram na dose de 400 mg/dm³, exceto no tratamento pulverizado dos experimentos 1 e 2, onde o menor valor obtido foi na dose de 200 mg/dm³.



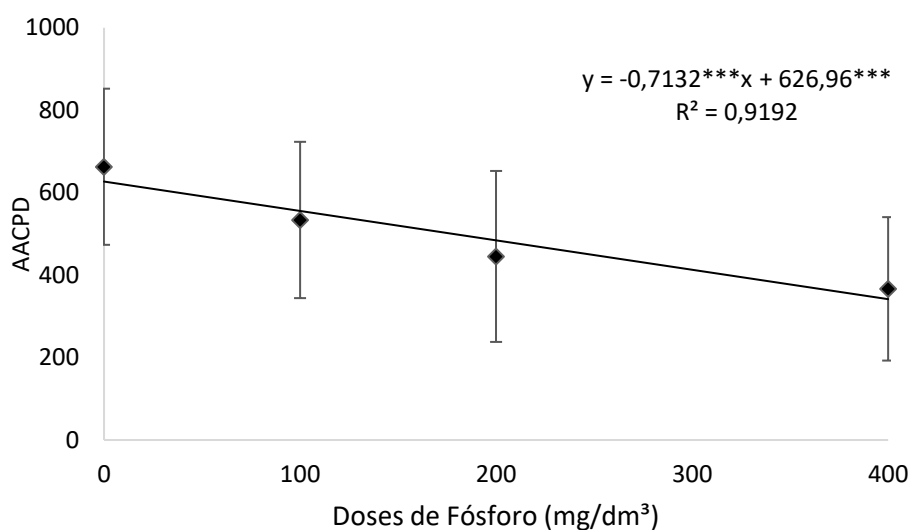
***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 1. Efeito do incremento da dose de fósforo na severidade da ferrugem asiática da soja (nº lesões/cm²) aos 75 dias após a emergência nos experimentos 1 e 2. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 2. Efeito de diferentes doses de fósforo na severidade da ferrugem asiática da soja (%) aos 75 dias após a emergência nos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 3. Efeito de diferentes doses de fósforo e aplicação de fungicida na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Viçosa – MG, 2017.

Tabela 1. Taxa de progresso da doença (r) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo e presença ou ausência de controle químico nos experimentos 1, 2, 3 e 4.

| Dose (mg/dm³) | Experimento 1 e 2 | | Experimento 3 e 4 | |
|---------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Pulverizado | Não Pulverizado | Pulverizado | Não Pulverizado |
| 0 | 1,02 | 2,33 | 0,75 | 1,13 |
| 25 | 0,96 | 2,09 | -* | - |
| 50 | 0,87 | 2,07 | - | - |
| 100 | 0,80 | 1,95 | 0,55 | 0,96 |
| 200 | 0,69 | 1,90 | 0,39 | 0,92 |
| 400 | 0,84 | 1,82 | 0,30 | 0,74 |

*Valores não avaliados.

Avaliação da produção de soja

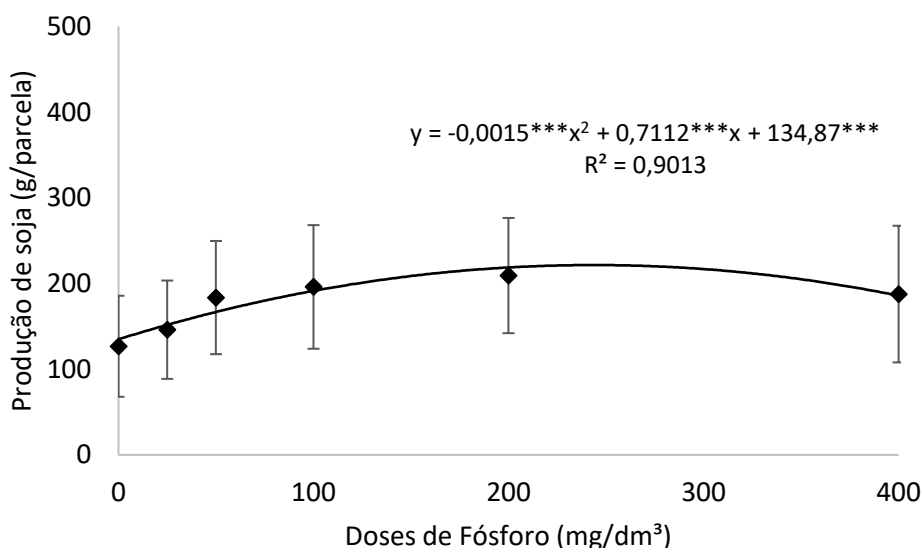
Na análise da interação entre os ensaios 1 e 2, observou-se que plantas submetidas ao controle químico da ferrugem asiática apresentaram maior produção em relação as plantas em que não se realizou o controle da doença. Entre os ensaios pulverizados dos experimentos 1 e 2, não houve diferença significativa, e entre os ensaios não pulverizados, houve diferença, sendo a produção do experimento 2 maior do que a do experimento 1, conforme pode ser observado na Tabela 2.

O modelo que melhor se ajustou aos dados de produção é o quadrático (Figura 4). O incremento da adubação fosfatada proporcionou um aumento na produção de soja até o ponto ótimo (ponto de inflexão) que foi a dose estimada de 237 mg/dm³.

Tabela 2. Produção da soja (g/parcela) com presença ou ausência de controle químico nos experimentos 1 e 2.

| | Pulverizado | Não Pulverizado |
|-----------------------|--------------------|------------------------|
| Experimento 1 | 237,4 aA | 106,3 bA |
| Experimento 2 | 219,8 aA | 136,1 bB |
| CV (%) = 21,74 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 4. Valores médios da produção da soja (g/parcela) dos tratamentos pulverizados + não pulverizados nos experimentos 1 juntamente com o 2 conforme o incremento da adubação fosfatada. Viçosa – MG, 2017.

Nos experimentos 3 e 4, com base nas médias de produção por parcela dos tratamentos com e sem controle químico, verificou-se que o experimento 3 diferiu significativamente do experimento 4. No experimento 3, a média dos tratamentos com controle químico (66 g/parcela) não diferiu significativamente dos tratamentos com ausência de controle (57 g/parcela), e no experimento 4, as médias foram de 140 g nos tratamentos que receberam fungicida, e 98 g nos tratamentos com ausência de fungicida, diferindo significativamente entre si.

Nos dados de variação de doses disponíveis na Tabela 3, houve diferença significativa entre os experimentos 3 e 4, e todas as doses testadas diferiram significativamente do tratamento com ausência de adubação.

Conforme os dados apresentados na tabela 3, é possível verificar a média geral dos tratamentos com e sem controle químico dos experimentos 3 e 4. Com base nos valores verificados, observou-se que o experimento 4 foi mais produtivo que o experimento 3, no entanto, ambos seguiram a mesma tendência de aumentar a produção conforme o acréscimo na dosagem de fósforo incorporado ao solo. O melhor modelo que se ajustou aos dados foi o quadrático para ambos os experimentos (Figura 5).

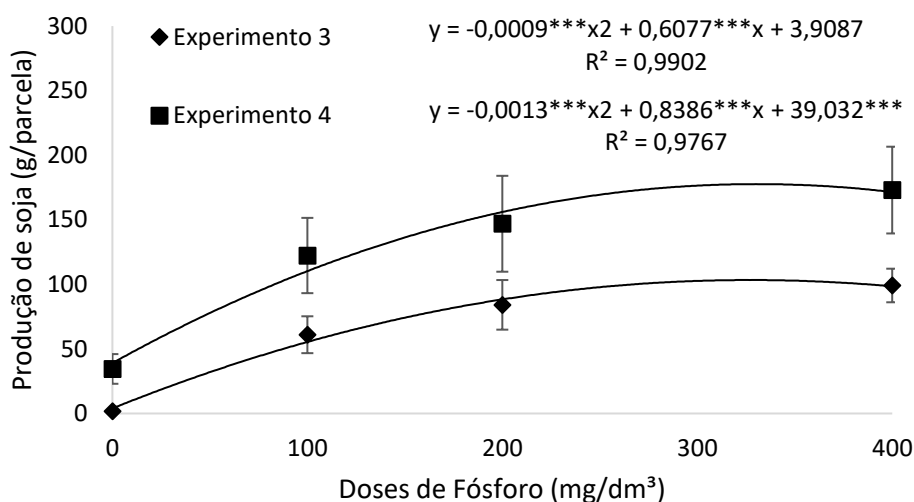
A média dos tratamentos pulverizados e não pulverizados dos experimentos 3 e 4 estão disponíveis na tabela 4. Os tratamentos pulverizados diferiram significativamente dos não pulverizados com fungicida em todas as doses, exceto no tratamento com ausência de controle químico. Quando comparada a produção entre as doses, todas as doses testadas diferiram significativamente do tratamento sem adubação.

Na figura 6 são apresentados os dados da produção da soja e suas respectivas equações de regressão da análise conjunta dos experimentos 3 e 4, que relacionam a produção dos tratamentos pulverizados e não pulverizados com fungicida, indicando que nos tratamentos em que a ferrugem asiática foi controlada com fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) a produção foi maior do que nos tratamentos onde a doença não foi controlada, evidenciando a relação do efeito aditivo do fungicida na produção da soja.

Tabela 3. Produção média (g/parcela) – Interação ensaio x doses

| Doses (mg/dm³) | Experimento 3 | Experimento 4 |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 2 aA | 35 bA |
| 100 | 61 aB | 122 bB |
| 200 | 84 aBC | 147 bC |
| 400 | 99 aC | 173 bD |
| CV(%) = 15,92 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

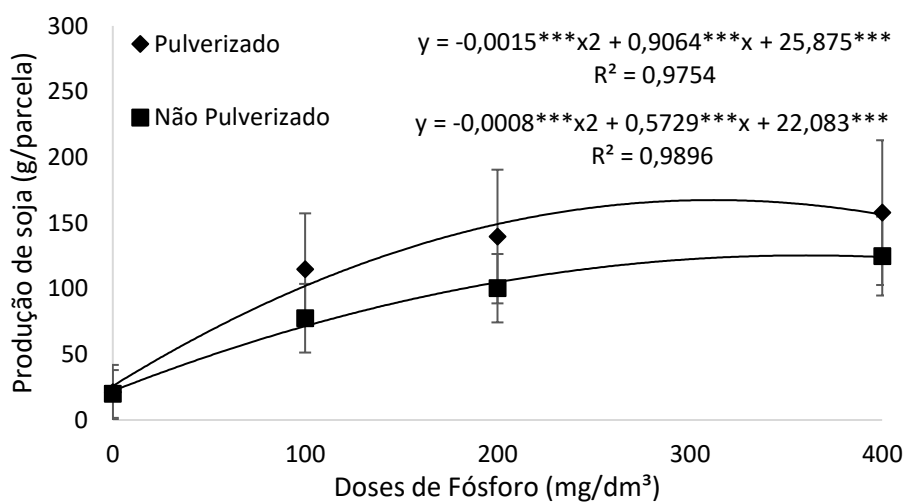
Figura 5. Valores médios da produção de soja (g/parcela) dos tratamentos pulverizados + não pulverizados nos experimentos 3 e 4 conforme o incremento da adubação fosfatada. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 4. Produtividade média (g/parcela) – interação pulverizado x dose

| Doses (mg/dm³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------|-------------|-----------------|
| 0 | 21 a A | 20 a A |
| 100 | 115 a B | 78 b B |
| 200 | 140 a C | 100 b C |
| 400 | 158 a C | 125 b D |

CV(%) = 15,92

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



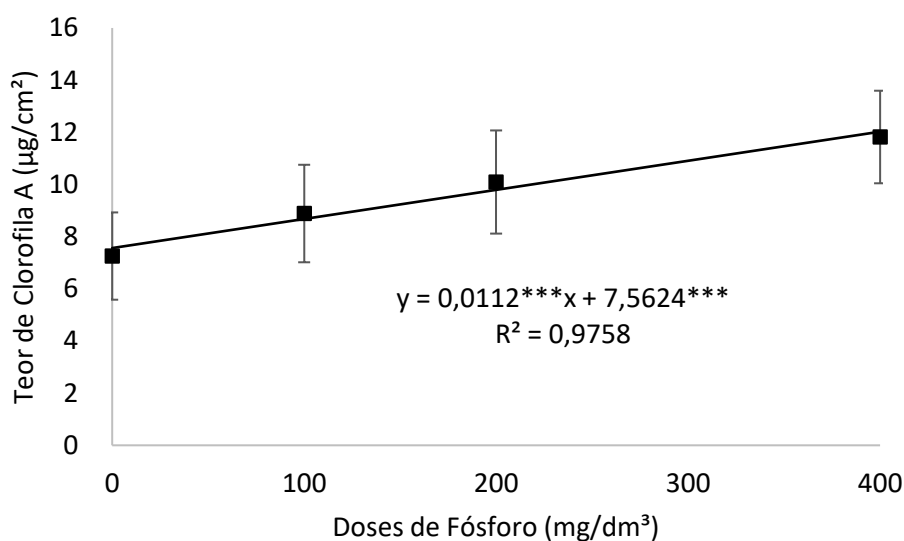
***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 6. Valores médios da produção de soja (g/parcela) com aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) e incremento da adubação fosfatada nos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

Teor de pigmentos fotossintéticos

O teor de clorofila A de folhas de plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo diferiram significativamente entre o experimento 3 e 4. No experimento 3, a média conjunta dos dados corresponde a 9,1 nos tratamentos pulverizados, e 7,4 nos tratamentos não pulverizados com fungicida. No ensaio 4, as médias verificadas correspondem a 10,5 e 10,4 nos tratamentos com e sem controle químico, respectivamente, não diferindo significativamente entre si.

O modelo de regressão que melhor se ajustou para estimar o teor de clorofila A em folhas de soja foi o linear (Figura 7). Conforme o incremento da adubação fosfatada, houve um aumento no teor de clorofila A.



*****Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

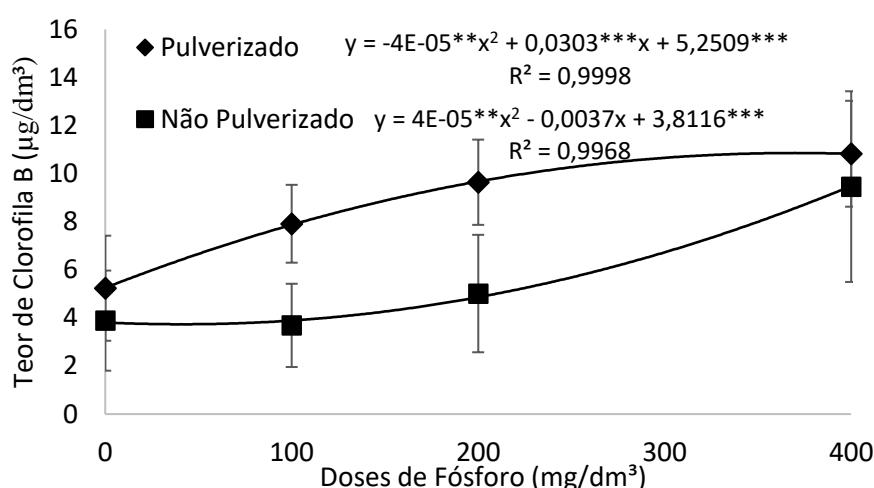
Figura 7. Valores médios do teor de clorofila A (µg/cm²) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) nos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

O teor de clorofila B diferiu significativamente entre os experimentos realizados em vasos, tanto nos tratamentos pulverizados quanto nos não pulverizados com fungicida. No experimento 3, o valor médio de clorofila B obtido foi de 7,2 nos tratamentos em que foi realizado o controle da ferrugem, e 3,0 nos tratamentos com ausência de controle da doença. No experimento 4, os valores obtidos foram 9,3 e 7,4 nos tratamentos

pulverizados, e nos não pulverizados com fungicida, respectivamente, diferindo significativamente entre si nos dois experimentos.

Na figura 8 são apresentados os dados referentes ao efeito do incremento da adubação fosfatada sobre o teor de clorofila B em plantas submetidas ou não ao controle químico da ferrugem, bem como suas respectivas equações. O modelo de regressão que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático. Conforme o aumento da adubação fosfatada, observou-se um aumento nos teores de clorofila B, tanto em plantas tratadas ou não com fungicida.

A aplicação de fungicida diferiu significativamente dos tratamentos com ausência de controle nas doses de 100 e 200mg/dm³. Os maiores valores de clorofila B observados foram na dose de 400 mg/dm³ e diferiram significativamente do tratamento com 0 mg/dm³ de fósforo (Tabela 5).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 8. Valores médios do teor de clorofila B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 5. Teor de clorofila B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4.

| Doses (mg/dm ³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|-----------------------------|-------------|-----------------|
| 0 | 5,2 a A | 3,9 a A |
| 100 | 7,9 a B | 3,7 b A |
| 200 | 9,6 a BC | 5,0 b A |
| 400 | 10,8 a C | 9,5 a B |
| CV(%) = 19,47 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).

O teor de clorofila total diferiu significativamente entre os ensaios e entre os tratamentos pulverizados ou não com fungicida. Os valores médios verificados no experimento 3 foram 16,2 e 10,4 para os ensaios com controle e sem controle químico, respectivamente. No ensaio 4, os valores obtidos foram 19,8 e 17,9, respectivamente.

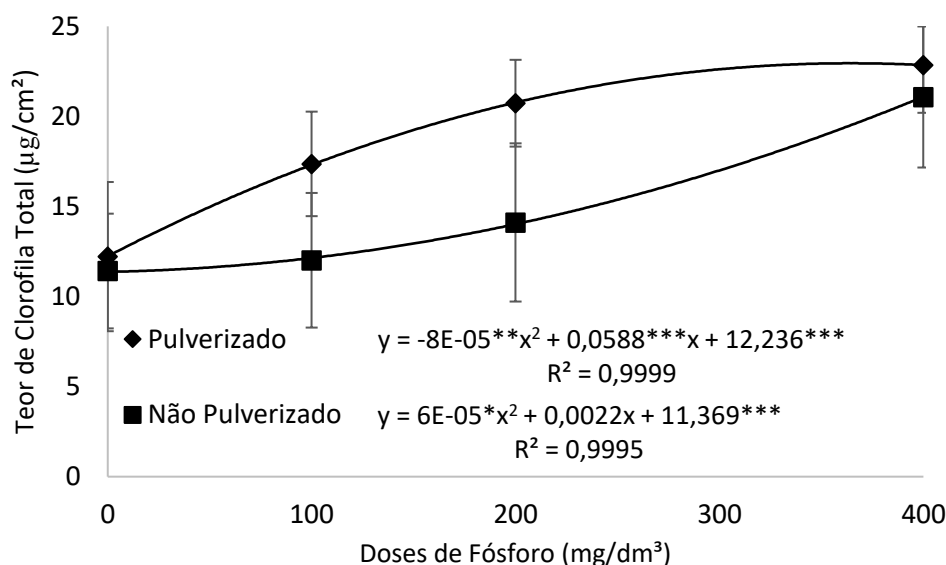
O teor de clorofila total aumentou conforme o incremento da adubação fosfatada nos tratamentos com ou sem o controle da ferrugem da soja, no entanto, plantas submetidas ao controle da doença apresentaram a tendência de conter maiores valores de Clorofila Total. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, conforme pode ser observado na Figura 9 com as respectivas equações das regressões.

A aplicação de fungicida diferiu significativamente dos tratamentos com ausência de controle nas doses de 100 e 200mg/dm³. Os maiores valores de Clorofila Total observados foram na dose de 400 mg/dm³ e diferiram significativamente do tratamento com 0 mg/dm³ de fósforo (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de Clorofila Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) nos experimentos 3 e 4.

| Doses (mg/dm³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------------------------|--------------------|------------------------|
| 0 | 12,2 a A | 11,4 a A |
| 100 | 17,4 a B | 12,0 b A |
| 200 | 20,7 a C | 14,1 b A |
| 400 | 22,9 a C | 21,1 a B |
| CV(%) = 12,99 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 9. Valores médios do teor de Clorofila Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de fósforo com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

Discussão

O fósforo é um dos principais macronutrientes utilizados na agricultura, sendo constituinte de muitas moléculas orgânicas da célula, principalmente na forma de fosfato. Este nutriente é constituinte do ácido desoxirribonucleico (DNA), ácido ribonucleico (RNA), adenosina trifosfato (ATP) e fosfolípidios. Além disso, está envolvida em diversos processos metabólicos na planta e no patógeno (DORDAS, 2008).

A adubação fosfatada pode apresentar uma resposta variável na resistência de plantas a doenças dependendo do patossistema (KIRALY, 1976). Na soja, com base nos resultados obtidos nos experimentos em campo e em vasos, observamos que o incremento na adubação fosfatada e a aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) reduziram a severidade da ferrugem asiática da soja, a AACPD e a taxa de progresso da doença.

Estudos conduzidos por Balardin et al. (2006) sobre o efeito de diferentes doses de P sozinho ou em combinação com diferentes doses de potássio (K) sobre a ferrugem asiática da soja nas cultivares “Embrapa 48” e “AL 83”, em casa de vegetação, observou-se que houve a redução da severidade e da taxa de progresso da doença conforme o

incremento das doses de P sozinho ou em combinação com o K, nos estádios fenológicos V2 e R5, estando portanto em concordância com os resultados obtidos neste estudo.

Além da ferrugem asiática da soja, a redução da severidade em decorrência da adubação fosfatada foi relatada para diversas culturas, tais como *Septoria lycopersici* no tomate, *Pythium* spp. e *Urocystis agropyri* no trigo, *Thielaviopsis basicola* em fumo, *Gibberella zae* e *Puccinia triticina* em milho e *Sclerospora graminicola* em milheto (Sweeney et al, 2000; Huber, 1981; Desmukuh et al., 1978). Entretanto, como outros nutrientes, o fósforo não apresenta um padrão definido no efeito sobre a doença, sendo necessário um estudo aprofundado da relação patógeno-hospedeiro em diferentes condições ambientais (DATNOFF et al., 2007).

A adubação fosfatada tem a característica de favorecer o desenvolvimento do sistema radicular vigoroso e acelerar o processo de maturação dos tecidos, reduzindo o período infeccioso da ferrugem e de outros patógenos foliares, auxiliando a planta a escapar da infecção por patógenos que atacam principalmente as folhas mais jovens (ZAMBOLIM et al., 2012; HUBER & GRAHAM, 1999; HUBER & ARNY, 1985). Além disso, a aplicação de superfosfato pode produzir mudanças bioquímicas, como aumento na síntese de proteínas, polifenóis, peroxidase de amônia, aumento de a atividade celular nos tecidos foliares, criando um ambiente desfavorável aos patógenos (ZAMBOLIM et al. 2012).

A deficiência do P na planta também teve efeito sobre a severidade da ferrugem asiática da soja. Tratamentos que não receberam adubação fosfatada tiveram a severidade mais elevada em relação aos tratamentos que receberam adubação. Os dados obtidos estão de acordo com o trabalho realizado por Balardin et al. (2006), o qual observaram maior severidade em plantas com deficiência de fósforo. A deficiência de P reduz a quantidade de fosfolipídios na membrana plasmática, alterando a sua permeabilidade, resultando no extravasamento de metabólitos que favorecem a germinação de esporos do fungo (DATNOFF et al., 2007). Além disso, o subdesenvolvimento das folhas e raízes tornam a exploração do solo insuficiente, comprometendo a planta por torná-la mais sensível a estresses provocados por fatores abióticos e bióticos (YAMADA & ABDALLA, 2004).

A produtividade da soja aumentou conforme o incremento na aplicação de fósforo e aplicação de fungicida. Nos experimentos em campo os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de 200 mg/dm³, e nos vasos, o ideal foi 400 mg/ dm³ de P. Essa diferença entre os experimentos pode ter ocorrido em decorrência das diferenças químicas do solo, o qual, os solos utilizados nos vasos eram pobres em nutrientes. Em plantas que

não receberam adubação fosfatada, a produtividade verificada foi baixa ou quase nula. De acordo com Batistela Filho (2013), o aumento da produtividade da soja em decorrência do incremento na dose de P foi observada entre os anos de 2009 a 2011, e em condições de menor disponibilidade deste nutriente, houve uma redução na produção da soja. Segundo Lobato e Sousa (2004), quando o P não é adicionado ao solo, as produções são muito baixas ou quase nulas, principalmente para culturas como a soja, milho e o feijão. Os dados observados por estes autores, corroboram com os resultados observados neste trabalho.

Nas dosagens mais elevadas de fósforo, houve uma redução na produtividade, possivelmente devido ao estresse nutricional provocado por níveis altos do nutriente, que pode afetar a produção (DEON, 2007). Além disso, elevados níveis de fósforo pode diminuir a disponibilidade de zinco para a planta (MALAVOLTA & LOPEZ, 1974).

A ferrugem asiática possui alto potencial de dano à cultura da soja. Dessa forma, a aplicação de fungicida foi fundamental para retardar o progresso da doença e garantir produtividades mais elevadas. De acordo com Barbosa et al. (2014), a aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) na soja proporcionou melhor controle da ferrugem, gerando reflexos positivos na produtividade de grãos.

O incremento na adubação fosfatada gerou o aumento nos teores de clorofila a, b e total. Nunes et al. (2014) verificou o mesmo efeito em plantas de rabanete, o qual o incremento da adubação fosfatada aumentou o teor de clorofila nas plantas. O fósforo não é um constituinte da clorofila (Datnoff et al., 2007), no entanto, exerce importante papel na nutrição de plantas, beneficiando o processo ativo de absorção do nitrogênio, que são integrantes de enzimas que estão associadas aos cloroplastos, e participam da síntese de moléculas de clorofila, refletindo nos índices dos pigmentos fotossintéticos (MALAVOLTA et al., 1989).

Os teores de clorofila a e b em plantas que receberam controle químico foram superiores em relação as plantas que não foram tratadas com fungicida. Os agentes patogênicos podem afetar diversos processos fisiológicos em seus hospedeiros, tanto direta quanto indiretamente (OWERA et al., 1981). Em decorrência da infecção ocasionada por patógenos, pode ocorrer o desenvolvimento de áreas cloróticas e necróticas na planta devido aos danos estruturais dos cloroplastos, ocorrendo a redução da clorofila e da produção de assimilados fotossintéticos (BERGER et al., 2007).

Outro fator que pode ter contribuído para uma maior concentração de clorofila em plantas que receberam tratamento químico é devido ao fungicida que apresenta

estrobilurina em sua formulação. Este grupo químico atua prevenindo a germinação de esporos, e apresentam alguma ação erradicante e curativa, inibindo o desenvolvimento de patógenos nos estádios iniciais após a germinação, evitando a formação de áreas cloróticas ou necróticas (VENÂNCIO et al., 1999). Além disso, ingredientes ativos pertencentes a este grupo químico tem a característica de promover o aumento no teor de clorofila em decorrência do incremento da assimilação de nitrogênio e redução da produção de etileno, resultando no “efeito verde”. Esses fatores podem contribuir para que as plantas sofram menor estresse, gerando maior produtividade (TOFOLI et al., 2002).

Dessa forma, podemos concluir que o incremento na dose de fósforo e a aplicação de fungicida reduz a severidade, AACPD e taxa de progresso da ferrugem asiática da soja, e aumenta a produtividade e os teores de clorofila a e b.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, Paulino José Melo; ANDRADE, DF de AA. Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira. **Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2002.

BARBOSA, Giselle Feliciani; DA CRUZ CENTURION, Maria Aparecida Pessôa; FERRAUDO, Antonio Sergio. Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

HUNGRIA, Mariangela; CAMPO, Rubens José; MENDES, I. de C. **Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja**. Embrapa Soja; Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2001.

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

BARBOSA, Giselle Feliciani; DA CRUZ CENTURION, Maria Aparecida Pessôa; FERRAUDO, Antonio Sergio. Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, 2014.

BORKERT, Clovis Manuel et al. **Seja o doutor da sua soja**. Potafós, 1994.

DATNOFF, Lawrence E. et al. **Mineral nutrition and plant disease**. American Phytopathological Society (APS Press), 2007.

DEON, Magnus Dall'Igna. **Crescimento e nutrição mineral da soja submetida a excesso de P, S, K, Ca e Mg em solução nutritiva**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DESHMUKH, S. S.; MAYEE, C. D.; KULKARNI, B. S. Reduction of downy mildew of pearl millet with fertilizer management. **Phytopathology**, v. 68, p. 1350-1353, 1978.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2017). Disponível em <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso: em 22 de junho.

GODOY, Cláudia V. et al. Eficiência de fungicidas para o controle da ferrugem-asiática da soja, *Phakopsora pachyrhizi*, na safra 2011/12: resultados sumarizados dos ensaios cooperativos. **Embrapa Soja-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2012.

KIRALY, Z. Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. In: Fertilizer use and plant health. **Colloquium of the International Potash Institute**, 12, 33-46, 1977.

MALAVOLTA, E. et al. Estudos sobre as relações entre zinco e fósforo na nutrição da planta. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, v. 31, p. 467-483, 1974.

MARSCHNER, Petra. Mineral nutrition of higher plants. **Academic Press**, San Diego, 2012.

NAM, M. H. et al. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. **Plant pathology**, v. 55, n. 2, p. 246-249, 2006.

NUNES, João Angelo Silva; BONFIM-SILVA, Edna Maria; MOREIRA, Julio Cezar Fornazier. Produção de rabanete submetido à adubação fosfatada. **Revista do Centro Universitário de Patos de Minas**. ISSN, v. 2178, p. 7662.

DE SOUSA, Djalma Martinhão Gomes; LOBATO, Edson. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. **Fósforo na Agricultura Brasileira, Yamada, T. and SRS Abdalla (Eds.)**, p. 157-196, 2004.

SWEENEY, Daniel W. et al. Phosphorus, potassium, chloride, and fungicide effects on wheat yield and leaf rust severity. **Journal of plant nutrition**, v. 23, n. 9, p. 1267-1281, 2000.

TOFOLI, Jesus Guerino. Ação de fungicidas e acibenzolar-se-methyl no controle da pinta preta do tomateiro. Dissertação (Mestrado) – Unversidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2002.

VANCE, Carroll P.; UHDE-STONE, Claudia; ALLAN, Deborah L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New phytologist**, v. 157, n. 3, p. 423-447, 2003.

VENÂNCIO, W. S. et al. Novos fungicidas. I- Produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.7, p.103-155, 1999.

WELLBURN, Alan R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

ZAMBOLIM, Laércio. Ferrugem Asiática da Soja. Ed. 1, Viçosa, Minas Gerais, 140p., 2006

ZAMBOLIM, Laércio; VENTURA, José Ventura; ZANÃO Júnior, Luiz Antônio. Influência da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Ed. 1, Viçosa, Minas Gerais, 321p.

ARTIGO 2

Fertilização potássica do solo na severidade da ferrugem asiática da soja

Ana Claudia Ruschel Mochko¹; Laércio Zambolim¹; Douglas Ferreira Parreira¹; Samuel Vasconcelos Valadares²

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570000, Viçosa, Minas Gerais

²Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 36570000, Viçosa, Minas Gerais

Resumo

O potássio (K) é um dos nutrientes essenciais para as plantas e está envolvido em muitos processos celulares que influenciam a severidade da doença. Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de doses crescentes de fósforo sobre a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na ausência e presença de controle químico. Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, com delineamento de blocos ao acaso, com seis doses de K (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) e dois experimentos em vasos com capacidade de 100 L sob condições de campo, sendo um deles com seis (0, 50, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³) e o outro com quatro doses (0, 100, 200 e 400 mg/dm³). A aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) foi realizada aos 45, 60 e 75 dias após a emergência em 50% das plantas nos vasos. Foram avaliados a severidade, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), taxa de progresso da doença (r), produtividade e o teor de clorofila a e b. A severidade, a AACPD e a taxa de progresso da doença reduziram com o aumento do potássio e a aplicação de fungicida, enquanto a porcentagem de controle da doença e a produtividade da soja aumentaram. Os teores de clorofila a e b também apresentaram maiores valores conforme o incremento na dose de K. Com bases nos dados obtidos, concluiu-se que a adubação equilibrada com potássio e a aplicação de fungicida são estratégias que podem ser implementadas no manejo integrado, possibilitando maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, Potássio.

Introdução

O Brasil destaca-se como grande produtor e exportador mundial de soja (*Glycine max* L Merrill). De acordo com a estimativa da safra de 2016/2017, foram colhidos mais de 113 milhões de toneladas, 10,1% a mais que na safra de 2015/2016. As áreas colhidas também aumentaram aproximadamente 1,9% em relação à safra passada, de acordo com o levantamento realizado pela CONAB, 2017. Durante todo o processo de produção, em média 14% é perdido devido a doenças (AGRIOS, 2005), o que nesta safra representaria mais de 17 milhões de toneladas de produtos, em perdas.

Dentre as doenças que acometem a cultura da soja, destaca-se a ferrugem asiática causada pelo fungo *Phakopsora pachyrhizi* Sydow e Sydow, que pode gerar perdas de até 100% (ANDRADE & ANDRADE, 2002). Apesar de ser facilmente confundido com outras doenças, seus sintomas são bem característicos, pois apresentam lesões de coloração cinza-esverdeado ao marrom-avermelhado, contendo pústulas principalmente na face abaxial das folhas, podendo esporadicamente apresentar urédias na face adaxial das folhas (YORINORI et al., 2004).

Devido a inexistência de cultivares comerciais de soja com resistência vertical a doença, o controle da doença é realizado através do uso de fungicidas do grupo dos triazóis e estrobilurinas isoladamente ou em mistura. Entretanto, devido a redução da sensibilidade do fungo a esses fungicidas, passou a ser empregado mistura tripla (triazól, estrobilurina e carboxamida) para realizar o controle da doença. No entanto, devido ao fato de *P. pachyrhizi*, já ter apresentado sensibilidade aos fungicidas dos grupos triazól e estrobilurina, torna-se importante a adoção de medidas culturais como o plantio de variedades precoces, eliminação de hospedeiros alternativos, densidade de plantas adequada, vazio sanitário e fertilização equilibrada (ZAMBOLIM, 2006).

Apesar da grande importância da adubação mineral, é necessário conhecimento aprofundado em relação à atuação desses nutrientes nas plantas, pois eles influenciam em grande parte a resistência ou a suscetibilidade aos agentes patogênicos (ZAMBOLIM et al., 2012; MARSCHINER, 1995), podendo favorecer o patógeno quando ocorre deficiência ou excesso (PERRENOUD, 1990).

Entre os nutrientes requeridos pelas plantas, o potássio (K) destaca-se por ser fundamental para a manutenção do teor de água nas células mantendo-as rígidas (turgor), além de estar relacionado à ativação de enzimas fundamentais para reações metabólicas, como produção de proteínas e açúcares, captação de nitrogênio e regulação funcional dos estômatos (FERNANDES, 2006). Quando em deficiência, as paredes celulares se tornam

finas, o caule fica enfraquecido, as raízes são menores e mais curtas, e ocorre o acúmulo de açúcar e nitrogênio nas folhas, o que favorece o surgimento de doenças (BHASKARACHARY, 2011).

O emprego de potássio tem sido utilizado por vários autores no controle de diferentes espécies de doenças de plantas de diferentes espécies. No trabalho realizado por Mascarenhas et al. (1995), observou-se uma redução na incidência de *Phomopsis phaseoli* var. *sojae* em sementes de soja. Na cebola, o aumento na dose de K reduziu a severidade do míldio (*Peronospora destructor*) (DEVELASH & SUGHA, 1997). Além dos benefícios da adubação potássica via solo, a aplicação foliar de potássio associado ou não ao fungicida, apresentou leve redução da severidade da ferrugem asiática no terço médio das plantas quando no estágio R5.4 (OLIVEIRA, 2007).

Em alguns casos, como em milho, a adubação potássica não teve efeito sob o patógeno causador do míldio (*Peronosclerospora sorghi*) (DESMUKUH et al., 1978). Na soja, a adubação potássica também não obteve efeito significativo para o controle da mela causada por *Rhizoctonia solani* em condições de casa de vegetação (BASSETO et al., 2007).

Na maioria dos exemplos relatados na literatura, diferentes fontes e doses de potássio reduziu a severidade das doenças, o que evidencia a importância do manejo adequado deste nutriente na agricultura. Diante desses fatos e da escassez de trabalhos envolvendo notadamente a ferrugem da soja, esse trabalho tem o objetivo de avaliar diferentes doses de potássio sobre a ferrugem asiática da soja após na ausência e presença de controle químico.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, localizado na região da zona da mata de Minas Gerais, com latitude 20° 45' 14'' S e longitude 42° 52' 53'' W.

Foram realizados dois experimentos sob condições de campo em novembro de 2015, composto por seis doses de potássio (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) mantendo a dose fixa de fósforo (P) em 100 mg/dm³, e de nitrogênio (N) em 150 mg/dm³. Os solos foram submetidos à análise química de uma camada de 0 a 20 cm. No experimento 1, o solo apresentou as seguintes características: pH (água) 6,0, fósforo 3,2 mg/dm³, potássio 53 mg/dm³, cálcio 2,6 cmol_c/dm³, magnésio 1,1 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³; no

experimento 2, obteve-se pH (água) 5,7, fósforo 47,1 mg/dm³, potássio 210 mg/dm³, cálcio 3,2 cmol_c/dm³, magnésio 1,2 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³.

Semeou-se soja da variedade “TMG 135” em parcelas de seis metros de comprimento, dispostas em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, e parcelas subdividas, no esquema fatorial de 6 x 2 (seis doses x com ou sem aplicação de fungicida). Cada repetição foi composta por duas fileiras de plantas. Para a correção do solo, a aplicação de calcário foi realizada visando elevar a saturação de bases do solo a 70 %, utilizando calcário dolomítico (PRNT = 96%) aplicado 15 dias antes do plantio. No momento do plantio da soja, foi realizada a adubação fosfatada, potássica e nitrogenada nos sulcos de plantio, utilizando como fonte o superfosfato triplo (42% P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e uréia (44% de N). O cloreto de potássio e a uréia foram parcelados em três vezes, sendo a primeira aplicação no plantio, a segunda antes da floração, e a última durante a floração.

O terceiro e o quarto experimento foram implantados em fevereiro e novembro de 2016, respectivamente, sobre condições de campo em vasos de plástico com capacidade de 100 L, medindo 54 cm de diâmetro, o qual foram utilizados aproximadamente 100 kg de solo. Ambos os experimentos foram compostos por quatro doses de K (0, 100, 200 e, 400 mg/dm³) mantendo a dose fixa de P em 100 mg/dm³, e de N em 150 mg/dm³. O substrato utilizado nestes experimentos foi o solo do horizonte B, de um Latossolo Vermelho Amarelo da região de Viçosa, estado de Minas Gerais, o qual foi submetido à análise química tendo apresentado as seguintes características: pH (água) 5,5, fósforo 3,9 mg/dm³, potássio 24 mg/dm³, cálcio 1,0 cmol_c/dm³, magnésio 0,1 cmol_c/dm³, alumínio 0 cmol_c/dm³.

A variedade de soja utilizada foi a mesma adotada no experimento anterior, mantendo-se dez plantas por vaso. O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada vaso considerado uma repetição, no esquema fatorial de 4 x 2 (quatro doses x com ou sem aplicação de fungicida).

As inoculações das plantas, com uredósporos de *P. pachyrhizi* foram realizadas aos 30 dias após a emergência (DAE). A suspensão de esporos foi composta por água, Tween (80 a 0,1 µg/ml) e uredósporos na concentração de 1x10⁵/ml, obtidos através da agitação na água de folhas de soja com sinais do patógeno. A inoculação das bordaduras foi realizada no final da tarde, após a irrigação até completo molhamento foliar de toda a planta, sem que houvesse escorrimento. Nos ensaios em vasos, a inoculação ocorreu 30 DAE, e todas as plantas dos vasos foram inoculados.

Nos tratamentos com controle químico, aos 45 DAE nos experimentos em campo e aos 35 DAE nos experimentos em vasos, aplicou-se o fungicida Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori XTRA[®]) na dosagem 300mL/ha, e posteriormente o produto foi reaplicado três vezes, sendo uma a cada 15 dias.

Avaliação da severidade

No primeiro e segundo experimento, a severidade da ferrugem da soja foi obtida através da contagem do número de lesões por cm² de 6 folhas do terço médio da planta, com o auxílio de um microscópio estereoscópio (aumento de 80x), a partir dos 60 dias após a emergência (DAE), realizando-se as avaliações com intervalo de 15 dias. No terceiro e quarto experimento, as avaliações iniciaram aos 45 DAE, e as posteriores foram realizadas com intervalo de 15 dias. Seis trifólios do terço médio da planta foram digitalizados com resolução de 600 dpi e a partir das imagens digitalizadas da face abaxial das folhas, determinou-se a porcentagem de área lesionada com o auxílio do programa QUANT[®]. Com os dados da severidade das diferentes avaliações, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pelo método da integralização trapezoidal (BERGER, 1988), a taxa de progresso da doença (r) e a porcentagem de controle, calculado pela diferença entre o tratamento com controle e o sem controle de fungicida em cada dose testada.

Teor de clorofila

O teor de clorofila foi obtido a partir de 5 discos com 0,5 cm de diâmetro coletado de diferentes folhas do terço médio das plantas aos 65 DAE, com o auxílio de um furador de metal vazado. Os discos foram colocados em tubos de experimento envolvidos em papel alumínio, contendo 5 mL do reagente dimetilsulfóxido (DMSO) previamente saturado com carbonato de cálcio (CaCO₃) e incubados em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) por 12 horas. Para a leitura dos pigmentos, utilizou-se o espectrofotômetro da BIO-RAD, modelo SmartSpec 3000, por meio dos comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm. Os valores para cada comprimento de onda foram utilizados nas equações de Wellburn (1994).

Produtividade

A produtividade dos experimentos foi obtida a partir da coleta de 10 plantas por repetição. Posteriormente, as vagens foram trilhadas e os grãos foram pesados com o auxílio de uma balança digital.

Análise estatística

Quando possível, os dados dos experimentos em campo foram unificados, bem como os de vasos, e realizou-se a análise estatística conjunta. Os dados obtidos nas variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa Sisvar. As médias quando determinadas diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados

Avaliação da severidade e AACPD

Com base nos resultados obtidos da análise conjunta dos experimentos 1 e 2 realizados em campo, e dos experimentos 3 e 4 realizados em vasos sob condições de campo, a adubação potássica reduziu a severidade da ferrugem asiática da soja até a dose de 200mg/dm³ em relação à ausência de adubação em todos os experimentos. A partir desta dose, houve um leve aumento na severidade. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados conjuntos dos experimentos 1 e 2 da severidade determinada aos 75 dias após a emergência (Figura 1). Para os dados conjuntos dos experimentos 3 e 4, o modelo linear foi o que melhor se ajustou para a severidade (Figura 2), sendo possível observar a mesma tendência dos experimentos em campo, onde o incremento do potássio reduziu a severidade da ferrugem asiática. No entanto, ao contrário do ensaio em campo, em vasos na dose de 400 mg/dm³ ocorreu a redução da severidade da doença.

A média geral da severidade dos tratamentos com ausência e presença de controle químico do experimento 1 foram de 13,9 e 35,4 lesões/cm², respectivamente, diferindo significativamente entre si. No experimento 2, as médias obtidas também diferiram significativamente, sendo 14,8 no tratamento pulverizado, e 25,7 lesões/cm² no tratamento não pulverizado com fungicida. O experimento 1 e 2 diferiram entre si apenas nos tratamentos não pulverizados, onde a severidade do experimento 1 foi maior em relação ao 2. Nos experimentos 3 e 4, a média conjunta dos tratamentos com controle químico foi de 14,7%, e nos tratamentos sem controle da doença foi de 24,98%, diferindo significativamente entre si.

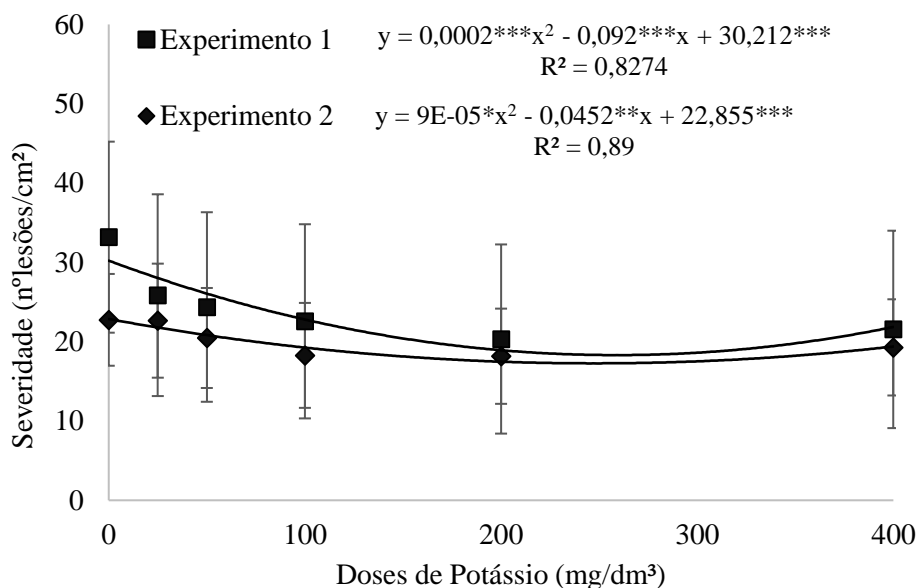
Em relação aos dados da interação entre experimentos e doses, o experimento 1 diferiu significativamente do experimento 2 nas doses de 0, 50 e 100 mg/dm³. Entre as doses, no experimento 1 todas as doses testadas diferiram significativamente do tratamento com ausência de adubação potássica, enquanto no experimento 2, nenhuma das doses diferiu do tratamento sem adubação potássica (Tabela 1).

Tabela 1. Severidade da Ferrugem Asiática da Soja (n° lesões/cm²) nos experimentos 1 e 2 de campo (com presença ou ausência de controle químico) submetidos a diferentes doses de potássio.

| Dose (mg/dm ³) | Experimento 1 | Experimento 2 |
|----------------------------|---------------|---------------|
| 0 | 33,2 a C | 22,8 b A |
| 25 | 25,9 a B | 22,6 a A |
| 50 | 24,4 a AB | 20,5 b A |
| 100 | 22,6 a AB | 18,3 b A |
| 200 | 20,3 a A | 18,2 a A |
| 400 | 21,5 a AB | 19,3 a A |

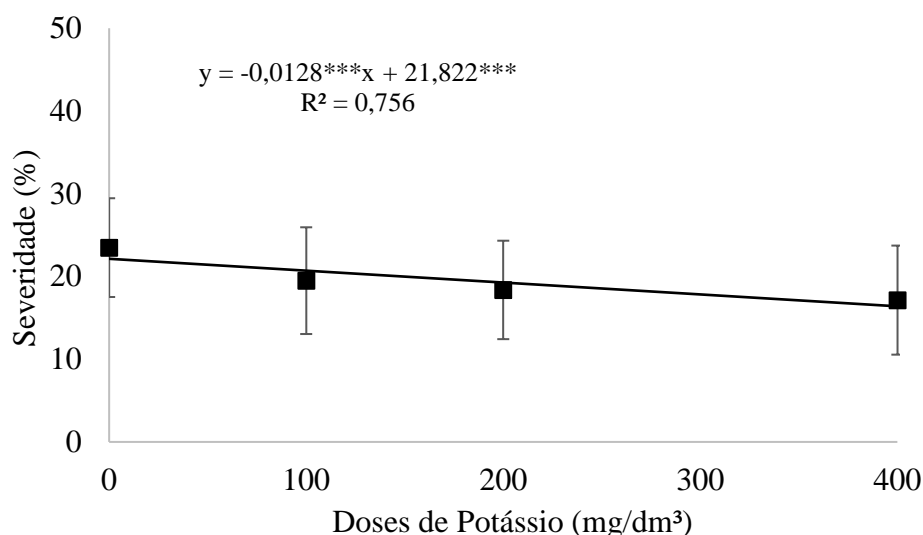
CV(%) = 13,64

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 1. Efeito do incremento da dose de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja (n° lesões/cm²) aos 75 dias após a emergência nos experimentos 1 e 2. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 2. Efeito do incremento da dose de potássio na severidade da ferrugem asiática da soja (%) aos 75 dias após a emergência nos experimentos 3 e 4 (com e sem controle químico). Viçosa – MG, 2017.

Para a variável AACPD, os tratamentos com controle químico obtiveram menor AACPD em relação aos tratamentos sem o controle da ferrugem asiática, diferindo significativamente entre si. Além disso, o experimento 1 diferiu significativamente do experimento 2, sendo maior a AACPD no primeiro experimento (Tabela 2). Conforme os dados apresentados na tabela 3, o experimento 1 e 2 diferiram entre si em todas as doses testadas, e no experimento 1, todas as doses diferiram da ausência da adubação potássica. No experimento 2, apenas a dose de 100 e 200 mg/dm³ foram diferentes do tratamento sem potássio. Outro fato observado foi a redução da AACPD conforme o incremento da adubação potássica até a dose de 200mg/dm³ em ambos experimentos. A partir dessa dose, foi observado uma tendência de aumentar a AACPD, conforme pode ser observado na figura 3.

A aplicação de fungicida e o incremento da adubação potássica reduziram a taxa de progresso da doença (r) em relação aos tratamentos que não foram submetidos ao controle da ferrugem asiática (Tabela 4). Os menores valores observados na média conjunta dos experimentos 1 e 2 foram na dose de 200 mg/dm³, a partir desta dose houve um pequeno aumento na taxa de progresso da doença.

De acordo com os dados observados na tabela 5 e na figura 4, a AACPD dos tratamentos com controle químico foi menor do que os tratamentos sem controle químico em todas as doses avaliadas nos experimentos 1 e 2. O modelo quadrático foi o que melhor

se ajustou ao modelo para explicar a redução da AACPD até certa dose (ponto de inflexão) tanto em tratamentos com ou sem controle da ferrugem.

Nos experimentos 3 e 4, os tratamentos com aplicação de fungicida obtiveram menor AACPD em relação aos tratamentos sem o controle da doença, diferindo significativamente entre si. O experimento 3 diferiu significativamente do experimento 4 (Tabela 6). O menor valor de AACPD observado no experimento 3 foi na dose de 200 mg/dm³, e no experimento 4, na dose de 400mg/dm³. O experimento 3 diferiu significativamente do 4, exceto no tratamento com ausência de adubação (Tabela 7).

No experimento 3, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados de AACPD, enquanto no experimento 4, o quadrático foi o que melhor se ajustou. Em ambos experimentos, a adubação potássica reduziu a severidade da ferrugem asiática da soja (Figura 5). Nos experimentos 3 e 4, o menor valor verificado para a taxa de progresso da doença foi na dose de 200mg/dm³ nos tratamentos pulverizados, e na dose de 400mg/dm³ nos tratamentos não pulverizados com fungicida.

Tabela 2. Médias da AACPD dos experimentos 1 e 2 nos tratamentos com presença ou ausência de controle da ferrugem asiática da soja.

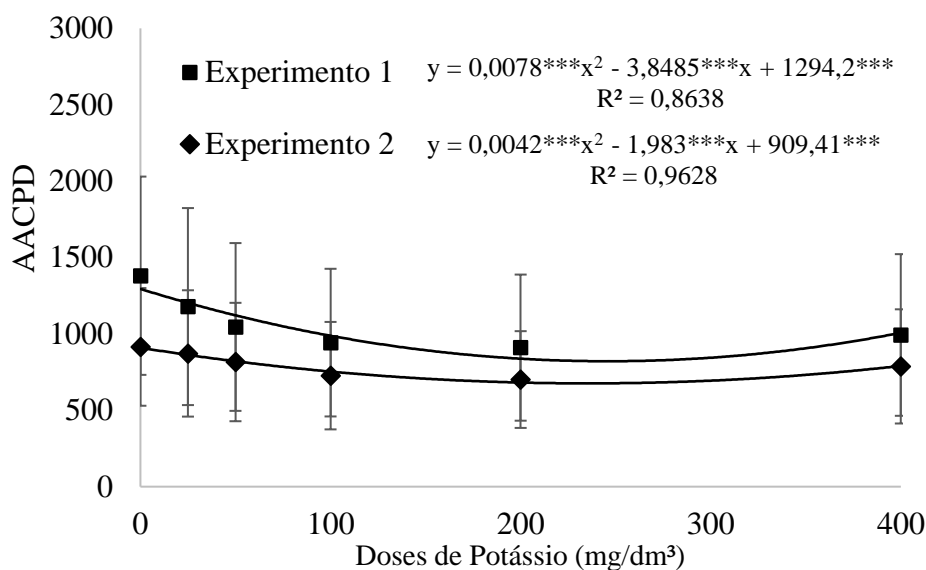
| | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------------|--------------------|------------------------|
| Experimento 1 | 575 a A | 1574 b A |
| Experimento 2 | 471 a B | 1134 b B |
| CV(%) = 10,21 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).

Tabela 3. Médias da AACPD dos experimentos 1 e 2 (tratamentos pulverizados + não pulverizados com fungicida) em função do incremento da adubação potássica.

| Dose (mg/dm³) | Experimento 1 | Experimento 2 |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| 0 | 1380,7 a A | 914,7 b A |
| 25 | 1178,7 a B | 872,1 b AB |
| 50 | 1045,2 a BC | 815,9 b ABC |
| 100 | 942,9 a C | 726,6 b BC |
| 200 | 910,0 a C | 701,2 b C |
| 400 | 992,9 a C | 787,2 b ABC |
| CV(%) = 10,21 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 3. Valores médios da AACPD de plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) nos experimentos 1 e 2. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 4. Média conjunta da Taxa de progresso da doença (r) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio e presença ou ausência de controle químico nos experimentos 1, 2, 3 e 4.

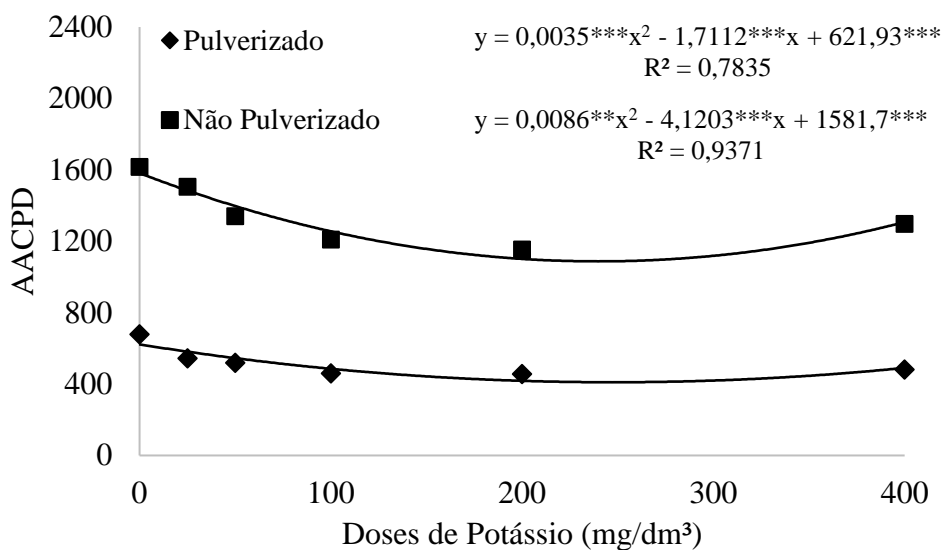
| Dose (mg/dm ³) | Experimento 1 e 2 | | Experimento 3 e 4 | |
|----------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | Pulverizado | Não Pulverizado | Pulverizado | Não Pulverizado |
| 0 | 1,12 | 2,10 | 0,89 | 1,41 |
| 25 | 0,89 | 1,93 | -* | - |
| 50 | 0,84 | 1,75 | - | - |
| 100 | 0,75 | 1,67 | 0,66 | 1,35 |
| 200 | 0,74 | 1,53 | 0,75 | 1,36 |
| 400 | 0,76 | 1,66 | 0,77 | 1,27 |

*Valores não avaliados.

Tabela 5. Média conjunta da AACPD dos experimentos 1 e 2, de plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio e presença ou ausência de controle químico.

| Dose (mg/dm ³) | Experimento 1 e 2 | |
|----------------------------|-------------------|-----------------|
| | Pulverizado | Não Pulverizado |
| 0 | 678,8 a A | 1616,6 b A |
| 25 | 544,1 a AB | 1506,7 b A |
| 50 | 519,4 a AB | 1341,7 b B |
| 100 | 459,8 a B | 1209,7 b BC |
| 200 | 457,0 a B | 1154,3 b C |
| 400 | 482,7 a B | 1297,4 b BC |
| CV(%) = 10,21 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 4. Valores médios da AACPD de plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) nos experimentos 1 e 2. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 6. Médias da AACPD dos experimentos 3 e 4 nos tratamentos com presença ou ausência de controle da ferrugem asiática da soja.

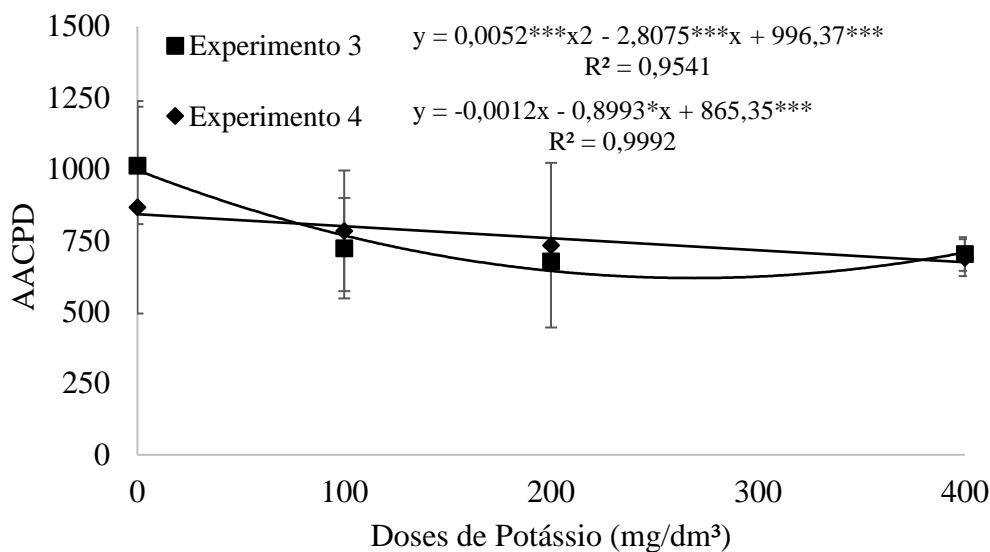
| | Experimento 3 | Experimento 4 |
|------------------------|---------------|---------------|
| Pulverizado | 485 a A | 543 b A |
| Não Pulverizado | 1072 a B | 993 b B |
| CV(%) = 9,24 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).

Tabela 7. Médias da AACPD dos experimentos 3 e 4 (com e sem controle químico) submetido a diferentes doses de potássio.

| Dose (mg/dm³) | Experimento 3 | Experimento 4 |
|---------------------|---------------|---------------|
| 0 | 1013,0 a A | 866,4 b A |
| 100 | 723,3 a B | 784,0 a AB |
| 200 | 676,9 a B | 733,8 a B |
| 400 | 702,8 a B | 690,2 a B |
| CV(%) = 9,24 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 5. Valores médios da AACPD de plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio (com presença ou ausência da aplicação de fungicida) nos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

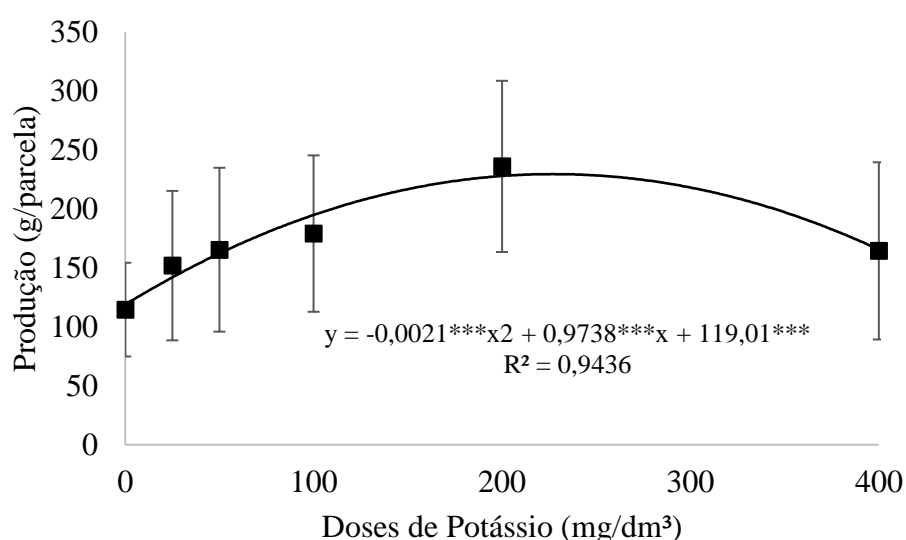
Produção

O experimento 1 teve como média conjunta da produção nos experimentos com aplicação de fungicida de 228 g/parcela, e nos tratamentos sem aplicação de fungicida, a média verificada foi de 109 g/parcela, diferindo significativamente entre si. Conforme os dados da figura 6, o modelo que melhor se ajustou aos dados de produção é o quadrático. O incremento da adubação potássica proporcionou um aumento na produção de soja até o ponto ótimo (ponto de inflexão) que foi a dose estimada de 232 mg/dm³.

No experimento 2, em geral, tratamentos com controle químico da ferrugem asiática obtiveram maior produção de soja em relação aos tratamentos sem controle, e as doses avaliadas diferiram significativamente entre tratamentos pulverizados e não pulverizados, exceto nas doses de 200 e 400 mg/dm³ (Tabela 8). O incremento da adubação potássica proporcionou um aumento na produção de soja até o ponto ótimo (ponto de inflexão) que foi a dose estimada de 233 mg/dm³ no tratamento com controle da ferrugem asiática, e 399 mg/dm³ nos tratamentos sem controle da doença (Figura 7).

Nos experimentos 3 e 4, com base nas médias de produção por parcela dos tratamentos com e sem controle químico, verificou-se que o experimento 4 foi mais produtivo do que o 3, e os tratamentos com controle químico obtiveram maior produção em relação aos tratamentos com ausência de controle, diferindo significativamente entre si (Tabela 9).

O incremento da adubação potássica e aplicação de fungicida garantiram maiores produtividades em relação as plantas sem adubação ou sem controle da ferrugem asiática (Tabela 10). Nos tratamentos pulverizados, apenas a dose de 400 mg/dm³ diferiu significativamente do tratamento de 0 mg/dm³, e nos tratamentos não pulverizados com fungicida, todas as doses (100, 20 e 400 mg/dm³) diferiram do tratamento com ausência de adubação potássica. O modelo que melhor se ajustou aos dados da produção (g/parcela) em relação ao incremento da adubação potássica em tratamentos com ou sem controle da ferrugem asiática foi o linear, conforme pode ser observado na figura 8 o modelo e suas respectivas equações de regressão.



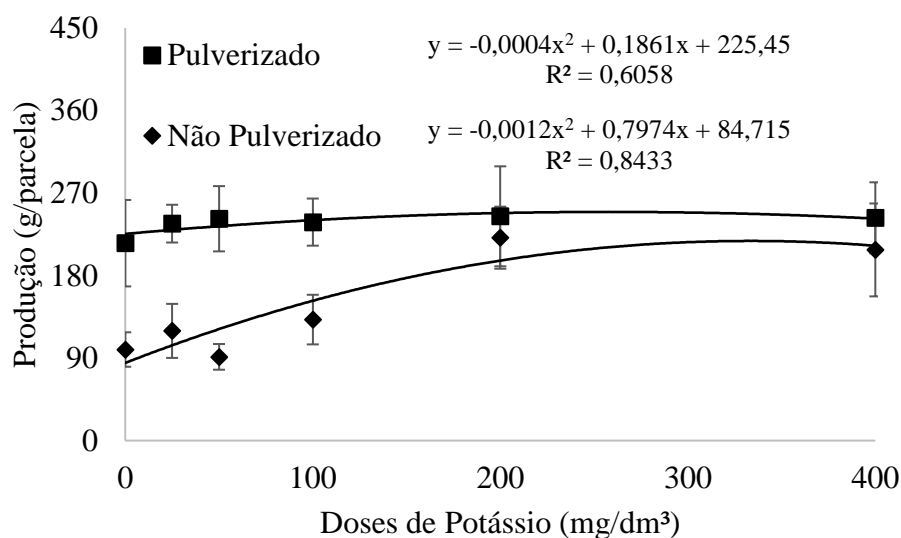
***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 6. Valores médios da produção (g/parcela) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio (com presença ou ausência da aplicação de fungicida) no experimento 1. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 8. Médias da produção de soja (g/parcela) no experimento 2 submetido a diferentes doses de potássio, com e sem controle químico da ferrugem asiática.

| Dose (mg/dm ³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| 0 | 215,3 a A | 99,3 b A |
| 25 | 236,6 a A | 119,6 b AB |
| 50 | 242 a A | 91,3 b A |
| 100 | 238,3 a A | 132 b AB |
| 200 | 244,6 a A | 221,3 a BC |
| 400 | 243 a A | 208 a C |
| CV(%) = 18,46 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 7. Valores médios da produção (g/parcela) de plantas de soja com presença ou ausência da aplicação de fungicida, submetidas a diferentes doses de potássio no experimento 2. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 9. Médias da produtividade (g/parcela) dos experimentos 3 e 4, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol).

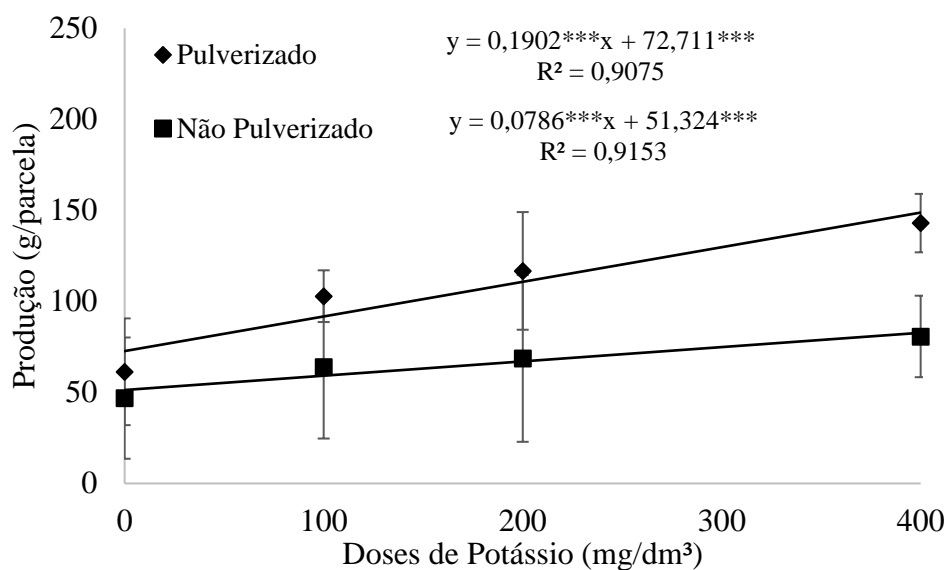
| | Experimento 3 | Experimento 4 |
|------------------------|---------------|---------------|
| Pulverizado | 52,4 a A | 159,6 b A |
| Não Pulverizado | 29,4 a B | 100,7 b B |
| CV(%) = 17,75 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).

Tabela 10. Médias da produtividade (g/parcela) de diferentes doses de potássio dos experimentos 3 e 4, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol).

| Experimentos 3 e 4 | | |
|----------------------|-------------|-----------------|
| Dose (mg/dm³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
| 0 | 61,4 a A | 46,9 a A |
| 100 | 64,3 a AB | 64,0 b B |
| 200 | 116,8 a AB | 68,7 b B |
| 400 | 143,0 a B | 80,7 b C |
| CV(%) = 17,75 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 8. Valores médios da produção de soja (g/parcela) dos experimentos 3 e 4 submetidas a diferentes doses de potássio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida. Viçosa – MG, 2017.

Teor de pigmentos fotossintéticos

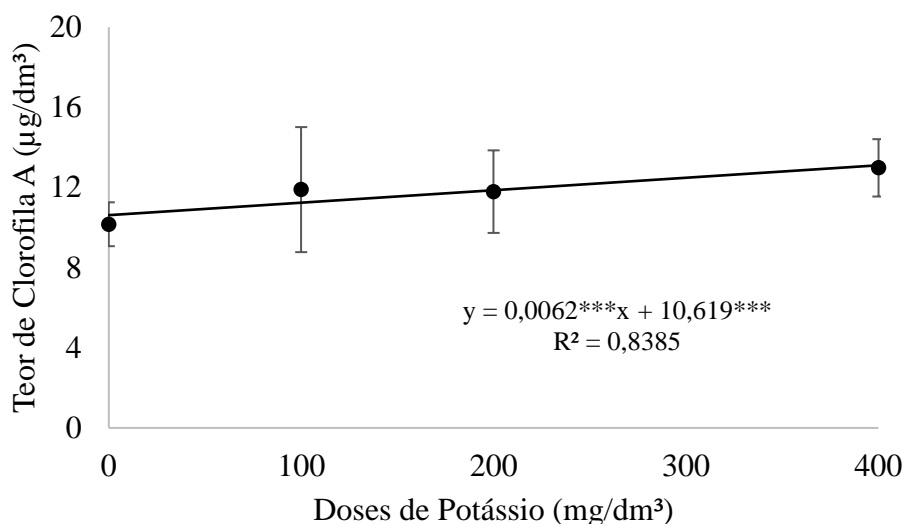
O teor de clorofila A de folhas de soja dos experimentos 3 e 4 diferiram significativamente entre si, sendo os valores médios obtidos de 6,1 e 17,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivamente. Também houve diferença significativa entre as médias conjuntas dos tratamentos pulverizados (10,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) e não pulverizados (12,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). O incremento da adubação potássica aumentou o teor de clorofila A, e o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear, conforme pode ser observado na figura 9 com sua respectiva equação de regressão.

O teor de clorofila B diferiu significativamente entre os experimentos 3 e 4, tanto com ausência ou presença de controle químico, sendo maior os teores de clorofila no experimento 4. Os valores médios observados no experimento 3 com aplicação de fungicida foi de 3,6 e nos tratamentos sem aplicação de fungicida foi de 4,2 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. No experimento 4, os valores obtidos foram 10,9 e 9,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, respectivamente.

O incremento da adubação potássica aumentou o teor de clorofila B, e o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, conforme pode ser observado na figura 10 com sua respectiva equação de regressão.

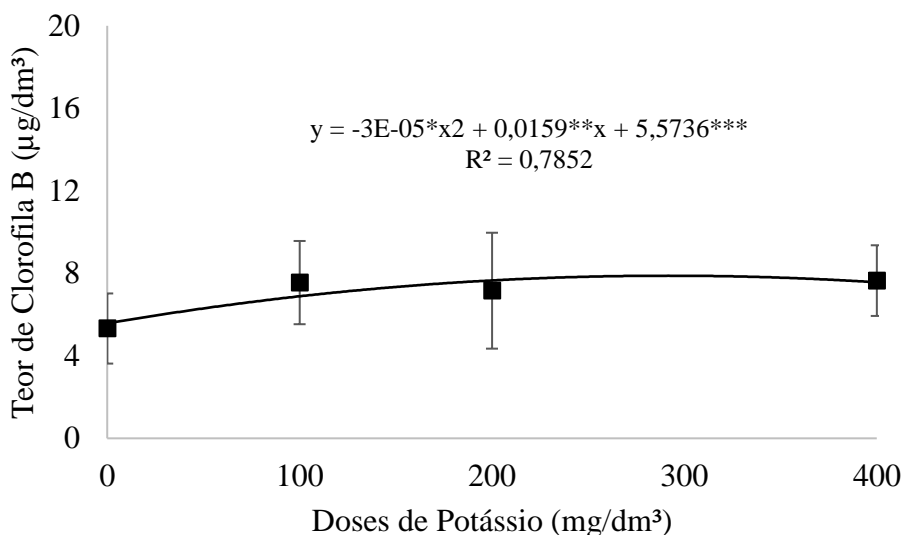
A clorofila total dos nos experimentos 3 e 4, diferiu significativamente, sendo maior o teor de clorofila total no experimento 4 (27,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em relação ao 3 (10,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Quando comparado os tratamentos com ausência ou presença de controle

químico, plantas submetidas ao controle da ferrugem asiática apresentaram menor teor de clorofila ($17,9 \pm 3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) em relação as plantas sem controle da doença ($19,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), diferindo significativamente entre si. O incremento na dose do potássio aumentou o teor de clorofila total, conforme pode ser verificado o modelo quadrático com sua respectiva equação na figura 11.



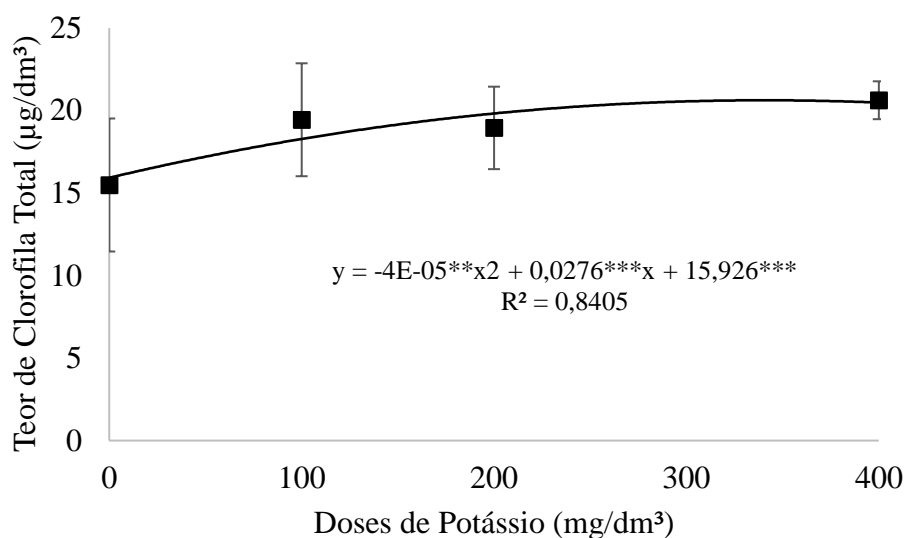
***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 9. Valores médios do teor de clorofila A ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 10. Valores médios do teor de clorofila B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 11. Valores médios do teor de clorofila total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de potássio com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) dos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

Discussão

Com base nos dados obtidos, é possível observar que o incremento da adubação potássica e a aplicação de fungicida reduziram a severidade da ferrugem asiática da soja. De maneira geral, os melhores resultados para a severidade aos 75 DAE foram obtidos nas doses de 200 mg/dm^3 nos experimentos em campo, e na dose de 400 mg/dm^3 nos vasos. Os experimentos realizados em campo foram implantados em regiões que já haviam potássio no solo, sendo menor a necessidade deste nutriente. Dessa forma, com o acréscimo da adubação potássica, as doses mais elevadas (400 mg/dm^3) começaram a ser deletérias, supostamente devido ao excesso de K no solo, ocorrendo um leve aumento na severidade em relação ao observado na dose de 200 mg/dm^3 . Estes dados podem ser verificados na Figura 1, o qual no modelo obtido pode-se observar um ponto de inflexão que corresponde a dose mais elevada utilizada em campo.

O excesso, deficiência ou desequilíbrio nas combinações de diferentes elementos nutricionais podem influenciar a reação das plantas aos patógenos, aumentando o nível de resistência, ou favorecendo a ocorrência de doença (BALADRIN et al, 2006). De acordo com Ito et al. (1994), a aplicação de potássio reduziu a incidência da seca da haste e da vagem (*Phomopsis phaseoli* var *sojae*) na soja. Entretanto, doses muito elevadas aumentaram a incidência desse patógeno, provavelmente em função do desequilíbrio nutricional, corroborando com os dados observados neste trabalho.

Além da redução da severidade, a AACPD e a taxa de progresso da doença também reduziram conforme o aumento na adubação potássica. A adubação equilibrada com potássio aumenta a resistência das plantas à patógenos foliares biotróficos ou facultativos, em decorrência do aumento da rigidez dos tecidos causada pelo espessamento da cutícula e da parede celular, conferindo resistência à penetração e desenvolvimento do patógeno (MARSCHINER, 1995).

Baladrin et al. (2006) realizou um trabalho em casa de vegetação, onde avaliou diferentes doses de fósforo e potássio, bem como a interação entre eles na severidade e taxa de progresso da ferrugem asiática na soja. De acordo com o autor, o incremento da adubação potássica reduziu a severidade e a taxa de progresso da doença. A redução da doença em decorrência da adubação potássica também foi relatada para outros patossistemas, tais como *Peronospora destructor* na cebola (DEVELASH & SUGHA, 1997), *Diaporthe phaseolorum* var. *sojae* e *Cercospora kikuchii* em soja (MASCARENHAS et al., 1976; Ito et al., 1993) e *Sclerotium oryzae* e *Rhizoctonia oryzae-sativae* em arroz (WILLIAMS & SMITH, 2001).

Plantas de soja que receberam pouca ou nenhuma adubação potássica apresentaram maiores valores de severidade, AACPD e taxa de progresso da doença. De acordo com Malavolta (2006), em plantas deficientes de K, pode ocorrer o acúmulo de carboidratos e aminoácidos solúveis, dessa forma, existe uma menor concentração de proteínas (estruturais, protetoras e enzimáticas), fenóis, fitoalexinas, dentre outras favorecendo o surgimento da doença. Além disso, os estômatos permanecem abertos por mais tempo, aumentando as chances de penetração do patógeno. De acordo com Baladrin (2006), plantas de soja deficientes de K apresentaram maior severidade da ferrugem da soja em casa de vegetação.

A produtividade da soja aumentou conforme o incremento da adubação com potássio e a aplicação de fungicida. De acordo com Gonçalves Júnior et al. (2000), o incremento das doses desse nutriente no solo provocou um aumento significativo na produtividade e no número de vagens na soja. Nos experimentos em campo os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de 200 mg/dm³, e nos vasos, o ideal foi 400 mg/dm³ de K. Nos experimentos em campo, a adubação de 400 mg/dm³ foi excessiva, e gerou um resultado deletério na produtividade. Essa diferença entre os experimentos pode ter ocorrido em decorrência das diferenças químicas do solo, o qual, os solos utilizados nos vasos eram pobres em nutrientes, enquanto os solos dos experimentos em campo apresentavam consideráveis quantidades de K. De acordo com Reis Júnior (1995), doses

excessivas de K podem reduzir a produtividade e a massa seca, além de reduzir a absorção de cálcio e magnésio (Fageria, 2001).

Em plantas que não receberam adubação potássica, a produtividade verificada foi menor em relação as plantas que receberam. De acordo com Sacramento & Rosolem (1998), o potássio é um macronutriente essencial na nutrição mineral da soja, sendo este um dos nutrientes absorvidos e exportados em maiores quantidades pela soja. Dessa forma, plantas com deficiência de potássio produzem grãos pequeno, deformados, enrugados, além de atrasar a maturidade da soja mantendo a cultura mais tempo no campo exposta à pragas e doenças (BORKERT et al., 1994).

A ferrugem asiática possui alto potencial de dano à cultura da soja. Dessa forma, a aplicação de fungicida foi fundamental para retardar o progresso da doença e garantir produtividades mais elevadas. De acordo com Barbosa et al. (2014), a aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) na soja proporcionou melhor controle da ferrugem, gerando reflexos positivos na produtividade de grãos.

O incremento na adubação potássica proporcionou um aumento nos teores de clorofila a e b. Este nutriente está associado de alguma forma com a formação de um precursor da clorofila, ou pode atuar na prevenção da degradação de clorofila (Datnoff, 2007). O aumento no teor de clorofila em decorrência do incremento da adubação potássica foi relatado por Rodrigues et al. (2014) em plantas de milho e por Souza et al. (2016) em rabanete.

Os teores de clorofila b em plantas que receberam controle químico foram superiores em relação as plantas que não foram tratadas com fungicida. O aumento no teor da clorofila b é importante, pois ela capta energia de outros comprimentos de onda, e posteriormente transfere para a clorofila a, que atua efetivamente nas reações fotoquímicas da fotossíntese (Taiz & Zeiger, 2013).

O fungicida utilizado nestes experimentos foi à base de estrobilurina, que tem a característica de promover o aumento no teor de clorofila em decorrência do aumento da assimilação de nitrogênio e redução da produção de etileno, resultando no “efeito verde”. Esses fatores contribuem para que as plantas sofram menor estresse, gerando maior produtividade (Tofoli et al., 2002). Além disso, as moléculas deste grupo atuam prevenindo a germinação de esporos, e apresentam alguma ação erradicante e curativa, inibindo o desenvolvimento de patógenos nos estádios iniciais após a germinação (Venâncio et al., 1999).

Com base nos dados obtidos, é possível concluir que a adubação equilibrada com potássio e a aplicação de fungicida são estratégias que podem ser implementadas no manejo integrado, possibilitando maior eficiência no controle da ferrugem asiática da soja.

Referências Bibliográficas

AGRIOS, George N. Plant Pathology. 5th eds. **Department of Plant Pathology. University of Florida. United States of America**, 922p., 2005.

ANDRADE, Paulino José Melo; ANDRADE, DF de AA. Ferrugem asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira. **Embrapa Agropecuária Oeste-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2002.

BASSETO, Marco Antonio; CERESINI, Paulo Cezar; VALÉRIO FILHO, Walter Veriano. Severidade da mela da soja causada por *Rhizoctonia solani* AG-1 IA em função de doses de potássio. **Summa Phytopathologica**, p. 56-62, 2007.

BHASKARACHARY, K. Potassium and human nutrition: The soil-plant-human continuum. **Karnataka Journal of Agricultural Sciences**, v. 24, n. 1, 2011.

BORKERT, C. M.; DA COSTA, N. P. Potassium fertilization reduces disease and insect damage in soybeans. **Potash review/Intern. potash inst. Subject 3. Crop quality and plant health; Suite 1**, 1988.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_06_08_09_02_48_boletim_graos_junho_2017.pdf. Acesso em: 22 de junho, 2017.

DESHMUKH, S. S.; MAYEE, C. D.; KULKARNI, B. S. Reduction of downy mildew of pearl millet with fertilizer management. **Phytopathology**, v. 68, p. 1350-1353, 1978.

DEVELASH, R. K. et al. Factors affecting development of downy mildew (*Peronospora destructor*) of onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 67, n. 2, p. 71-74, 1997.

FAGERIA, V. D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of plant nutrition**, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001.

FERNANDES, Manlio Silvestre et al. Nutrição mineral de plantas. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, Minas Gerais, 2006.

JUNIOR, GONÇALVES et al. Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 34, n. 3, p. 660-666, 2010.

ITO, M. F. et al. Efeito residual da calagem e da adubação potássica sobre a queima foliar (*Cercospora kikuchii*) da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 19, n. 1, p. 21-23, 1993.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. Efeito da adubação potássica sobre o ataque da soja pelo *Diaporthe phaseolorum* (Cke. & Ell.) Sacc. var *sojae* (Lehman) Wehm. **Summa phytopathologica**, 1976.

MARSCHNER, Horst. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. Academic press, San Diego, 2011.

MASCARENHAS, H. A. A. et al. The residual effect of liming and potassium fertilization on the occurrence of fungi in soybean seeds. **Scientia Agricola**, v. 52, n. 3, p. 426-430, 1995.

OLIVEIRA, Angelo Fernandes de et al. Produtividade da soja e severidade de ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) influenciadas pela aplicação foliar com fontes de potássio e doses de Tebuconazole. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2007.

PERRENOUD, Serge et al. Potassium and Plant Health. **2nd ed International Potash**, Institute Bern, Switzerland, 1977.

JUNIOR, R. dos A. REIS. Produção, qualidade de tubérculos e teores de potássio no solo e no pecíolo de batateira em resposta à adubação potássica. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 108p., 1995.

RODRIGUES, Mateus A. de C. et al. Adubação com KCl revestido na cultura do milho no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, p. 127-133, 2014.

SACRAMENTO, Luis Vitor Silva do; ROSOLEM, Ciro Antônio. Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva. **Bragantia**, v. 57, n. 2, 1998.

DE SOUZA, Gabriel Pereira et al. Manejo da adubação potássica para a cultura do rabanete. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 4, p. 60-64, 2015.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo. Fisiologia Vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 954 p., 2013.

WELLBURN, Alan R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

WILLIAMS, Jack; SMITH, Sara Goldman. Correcting potassium deficiency can reduce rice stem diseases. **Better crops**, v. 85, n. 1, p. 7-9, 2001.

YORINORI, José Tadashi; NUNES JÚNIOR, José; LAZZAROTTO, Joelsio José. Ferrugem" asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. **Embrapa Soja-Folderes/Folhetos/Cartilhas (INFOTECA-E)**, 2004.

ZAMBOLIM, Laércio. Ferrugem Asiática da Soja. Ed. 1, Viçosa, Minas Gerais, 140p., 2006

ZAMBOLIM, Laércio; VENTURA, José Aires; ZANÃO Júnior, Luiz Antônio. Influência da nutrição mineral no controle de doenças de plantas. Viçosa, Minas Gerais, 321p., 2012.

ARTIGO 3

Fertilização nitrogenada do solo na severidade da ferrugem asiática da soja

Ana Claudia Ruschel Mochko¹; Laércio Zambolim¹; Douglas Ferreira Parreira¹; Samuel Vasconcelos Valadares²

¹Departamento de Fitopatologia, Universidade Federal de Viçosa, 36570000, Viçosa, Minas Gerais

²Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, 36570000, Viçosa, Minas Gerais

Resumo

A adubação é um dos componentes que mais influencia na produtividade das culturas. Dentre os nutrientes essenciais, um dos mais importantes é o nitrogênio (N) que pode influenciar a interação entre o patógeno e o hospedeiro. Em vista disso, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência de doses crescentes de nitrogênio sobre a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) na ausência e presença de controle químico. Foram conduzidos dois experimentos em condições de campo, com delineamento de blocos ao acaso, com seis doses de N (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) e dois experimentos em vasos com capacidade de 100 L sob condições de campo, sendo um deles com seis (0, 50, 100, 200, 400 e 800 mg/dm³) e o outro com quatro doses (0, 50, 100 e 200 mg/dm³). A aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) foi realizada aos 45, 60 e 75 dias após a emergência em 50% das plantas nos vasos. Foram avaliados a severidade, área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), taxa de progresso da doença (r), produtividade e o teor de clorofila a e b. A severidade, a AACPD, a taxa de progresso da doença e a produtividade aumentaram conforme o incremento na adubação nitrogenada e a aplicação de fungicida reduziu a severidade, AACPD e a taxa de progresso da doença e aumentou a produtividade em relação aos tratamentos que não receberam controle químico. Os teores de clorofila a e b também apresentaram maiores valores conforme o incremento na dose de N, no entanto, tratamentos que receberam a aplicação de fungicida apresentaram menor teor de clorofila a e b em relação ao não pulverizado. Com bases nos dados obtidos, concluiu-se que o incremento nas doses de nitrogênio foi essencial para garantir altas produtividades na soja, no entanto, favoreceu a ferrugem asiática da soja.

Palavras-chave: *Phakopsora pachyrhizi*, *Glycine max*, Nitrogênio.

Introdução

A ferrugem asiática da soja é causada pelo fungo *Phakopsora pachyrizi* Sydow e Sydow, um patógeno muito agressivo que pode gerar perdas de até 100% em condições favoráveis ao seu desenvolvimento (Andrade & Andrade, 2002). Este fungo está associado a mais de 90 hospedeiros, tais como *Cajanus cajan* (guandu), *Purpureus lablab* (lablab), *Lupinus angustifolius* (tremoço), *Phaseolus vulgaris* (feijão), *Pueraria lobata* (kudzu) e *Vigna unguiculata* (feijão-frade) (Nunkumar et al., 2008).

Os sintomas característicos deste fungo são a presença de lesões de coloração cinza-esverdeado ao marrom-avermelhado, contendo pústulas principalmente na face abaxial das folhas, podendo esporadicamente apresentar urédias na face adaxial (Yorinori et al., 2004). Em condições de clima favorável, pode ocorrer o abortamento de flores e desfolha precoce, interferindo a formação de carboidratos reduzindo o peso dos grãos (Yang et al., 1991).

A ferrugem é uma doença muito agressiva, e a eficiência do controle depende da constante vistoria de lavouras, número e época de aplicação de fungicidas (Navarini et al., 2006). Além do controle químico, outras medidas podem ser utilizadas no manejo da ferrugem da soja, como plantio de cultivares precoces, eliminação de hospedeiros alternativos, vazios sanitários e adubação mineral equilibrada (Zambolim, 2006).

O nitrogênio é um dos nutrientes que mais limita o crescimento das plantas quando deficiente, e um dos requeridos em maiores quantidades. Na soja, o suprimento deste nutriente geralmente ocorre através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) por bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essas bactérias são inoculadas nas sementes de soja e são capazes de substituir totalmente a adubação nitrogenada. Portanto, o uso de nitrogênio mineral na soja pode reduzir a nodulação e a eficiência da FBN (Hungria et al., 2001).

O N pode ser encontrado em diversas formas, como aminoácidos, peptídeos, formas complexas insolúveis, nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (Fernandes, 2006). A forma como ele está disponível para a planta ou patógeno, afeta a severidade ou a resistência da planta, mais que a quantidade do elemento (Zambolim et al., 2012). Patógenos como *Fusarium*, *Rizoctonia*, *Cercospora* e *Armillaria*, podem ter a severidade reduzida quando a fertilização é realizada com a fonte NO_3^- , e a severidade é aumentada quando fertilizada com a fonte NH_4^+ ; enquanto *Diplodia*, *Pythium* e *Streptomyces* apresentam efeito contrário, tendo maior severidade quando utilizado NO_3^- , e menor severidade quando a fonte é NH_4^+ (Huber & Watson, 1974).

No trabalho desenvolvido por Rodrigues et al. (2002), observou-se que em plantas de feijão adubadas com nitrogênio na forma nítrica, a severidade da podridão-radicular causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* foi maior em comparação com a fonte amoniacal. Essa diferença na severidade ocorre em decorrência as diferentes formas de N que influenciam rotas metabólicas diferentes, alterando o crescimento e constituintes da planta ou exsudados, interferindo na germinação, crescimento, sobrevivência, reprodução e virulência do patógeno e ao pH (Zambolim et al., 2012).

O efeito da adubação nitrogenada na interação com doenças de plantas é variável. Dessa forma, é necessário conhecimento aprofundado em relação à atuação desses nutrientes nas plantas, pois eles influenciam em grande parte a resistência ou a suscetibilidade aos agentes patogênicos (Zambolim et al., 2012; Marschiner, 1995), podendo favorecer o patógeno quando ocorre deficiência ou excesso (Perrenoud, 1990). Em decorrência da importância do uso do nitrogênio na agricultura, a escassez de trabalhos notadamente para a ferrugem da soja e a falta de clareza em relação ao seu efeito sobre o patógeno, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de nitrogênio sobre a ferrugem asiática da soja.

Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Universidade Federal de Viçosa, no município de Viçosa, localizado na região da zona da mata de Minas Gerais, com latitude 20° 45' 14'' S e longitude 42° 52' 53'' W.

Foram realizados dois experimentos sob condições de campo em novembro de 2015, composto por seis doses de nitrogênio (0, 25, 50, 100, 200 e 400 mg/dm³) mantendo a dose fixa de fósforo (P) em 100 mg/dm³, e de potássio (K) em 100 mg/dm³. Os solos foram submetidos à análise química de uma camada de 0 a 20 cm. No experimento 1, o solo apresentou as seguintes características: pH (água) 5,5, fósforo 12,2 mg/dm³, potássio 154 mg/dm³, cálcio 2,5 cmol/dm³, magnésio 0,6 cmol/dm³, alumínio 0 cmol/dm³; no experimento 2, obteve-se pH (água) 5,4, fósforo 63,5 mg/dm³, potássio 250 mg/dm³, cálcio 3,5 cmol/dm³, magnésio 1,1 cmol/dm³, alumínio 0 cmol/dm³.

Semeou-se soja da variedade "TMG 135" em parcelas de seis metros de comprimento, dispostas em blocos inteiramente casualizados, com quatro repetições, e parcelas subdividas, no esquema fatorial de 6 x 2 (seis doses x com ou sem aplicação de fungicida). Cada repetição foi composta por duas fileiras de plantas. Para a correção do solo, a aplicação de calcário foi realizada visando elevar a saturação de bases do solo a

70 %, utilizando calcário dolomítico (PRNT = 96%) aplicado 15 dias antes do plantio. No momento do plantio da soja, foi realizada a adubação fosfatada, potássica e nitrogenada nos sulcos de plantio, utilizando como fonte o superfosfato triplo (42% P₂O₅), cloreto de potássio (60% de K₂O) e uréia (44% de N). O cloreto de potássio e a uréia foram parcelados em três vezes, sendo a primeira aplicação no plantio, a segunda antes da floração, e a última durante a floração.

O terceiro e o quarto experimento foram implantados em fevereiro e novembro de 2016, respectivamente, sobre condições de campo em vasos de plástico com capacidade de 100 L, medindo 54 cm de diâmetro, o qual foram utilizados aproximadamente 100 kg de solo. Ambos os experimentos foram compostos por quatro doses de N (0, 50, 100 e 200 mg/dm³) mantendo a dose fixa de P em 100 mg/dm³, e de K em 100 mg/dm³. O substrato utilizado nestes experimentos foi o solo do horizonte B, de um Latossolo Vermelho Amarelo da região de Viçosa, estado de Minas Gerais, o qual foi submetido à análise química tendo apresentado as seguintes características: pH (água) 5,5, fósforo 3,9 mg/dm³, potássio 24 mg/dm³, cálcio 1,0 cmol/dm³, magnésio 0,1 cmol/dm³, alumínio 0 cmol/dm³.

A variedade de soja utilizada foi a mesma adotada no experimento anterior, mantendo-se dez plantas por vaso. O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado, com três repetições, sendo cada vaso considerado uma repetição, no esquema fatorial de 4 x 2 (quatro doses x com ou sem aplicação de fungicida).

As inoculações das plantas, com uredósporos de *P. pachyrhizi* foram realizadas aos 30 dias após a emergência (DAE). A suspensão de esporos foi composta por água, Tween (80 a 0,1 µg/ml) e uredósporos na concentração de 1x10⁵/ml, obtidos através da agitação na água de folhas de soja com sinais do patógeno. A inoculação das bordaduras foi realizada no final da tarde, após a irrigação até completo molhamento foliar de toda a planta, sem que houvesse escorrimento. Nos ensaios em vasos, a inoculação ocorreu 30 DAE, e todas as plantas dos vasos foram inoculadas.

Nos tratamentos com controle químico, aos 45 DAE nos experimentos em campo e aos 35 DAE nos experimentos em vasos, aplicou-se o fungicida Azoxistrobina + Ciproconazol (Priori XTRA[®]) na dosagem 300mL/ha, e posteriormente o produto foi reaplicado três vezes, sendo uma a cada 15 dias.

Avaliação da severidade

No primeiro e segundo experimento, a severidade da ferrugem da soja foi obtida através da contagem do número de lesões por cm² de 6 folhas do terço médio da planta, com o auxílio de um microscópio estereoscópio (aumento de 80x), a partir dos 60 dias após a emergência (DAE), realizando-se as avaliações com intervalo de 15 dias. No terceiro e quarto experimento, as avaliações iniciaram aos 45 DAE, e as posteriores foram realizadas com intervalo de 15 dias. Seis trifólios do terço médio da planta foram digitalizados com resolução de 600 dpi e a partir das imagens digitalizadas da face abaxial das folhas, determinou-se a porcentagem de área lesionada com o auxílio do programa QUANT[®]. Com os dados da severidade das diferentes avaliações, calculou-se a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) pelo método da integralização trapezoidal (Berger, 1988), a taxa de progresso da doença (r) e a porcentagem de controle, calculado pela diferença entre o tratamento com controle e o sem controle de fungicida em cada dose testada.

Teor de clorofila

O teor de clorofila foi obtido a partir de 5 discos com 0,5 cm de diâmetro coletado de diferentes folhas do terço médio das plantas aos 65 DAE, com o auxílio de um furador de metal vazado. Os discos foram colocados em tubos de experimento envolvidos em papel alumínio, contendo 5 mL do reagente dimetilsulfóxido (DMSO) previamente saturado com carbonato de cálcio (CaCO₃) e incubados em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$) por 12 horas. Para a leitura dos pigmentos, utilizou-se o espectrofotômetro da marca BIO-RAD, modelo SmartSpec 3000, por meio dos comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm. Os valores para cada comprimento de onda foram utilizados nas equações de Wellburn (1994).

Produtividade

A produtividade dos experimentos foi obtida a partir da coleta de 10 plantas por repetição. Posteriormente, as vagens foram trilhadas e os grãos foram pesados com o auxílio de uma balança digital.

Análise estatística

Os dados obtidos nas variáveis avaliadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa Sisvar. As médias quando determinadas diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Resultados

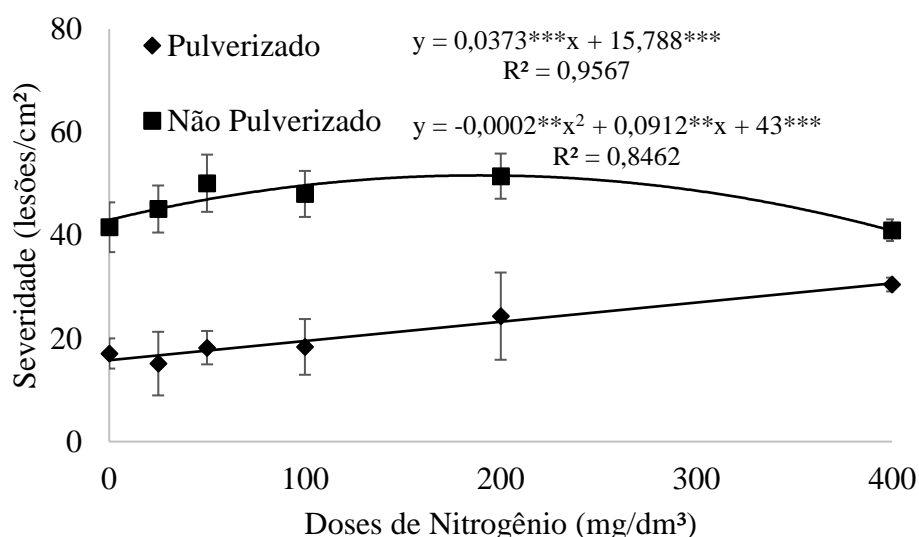
Com base nos resultados obtidos no experimento 1 realizado em campo, a adubação nitrogenada aumentou a severidade da ferrugem asiática da soja. A severidade foi maior nas plantas em que não foi realizado o controle químico, em relação as plantas submetidas ao controle da doença em todas as doses avaliadas, diferindo significativamente entre si (Tabela 1). O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados do experimento 1 determinada aos 75 dias após a emergência (Figura 1).

Tabela 1. Severidade da Ferrugem Asiática da Soja (nº lesões/cm²) no experimento 1 de campo (com presença ou ausência de controle químico) submetidos a diferentes doses de nitrogênio.

| Doses (mg/dm ³) | Não Pulverizado | Pulverizado |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 0 | 41,6 a A | 17,1 b A |
| 25 | 45,1 a A | 15,1 b A |
| 50 | 50,1 a A | 18,2 b A |
| 100 | 48,0 a A | 18,4 b AB |
| 200 | 51,5 a A | 24,3 b AB |
| 400 | 41,0 a A | 30,5 b B |

CV(%) = 14,41

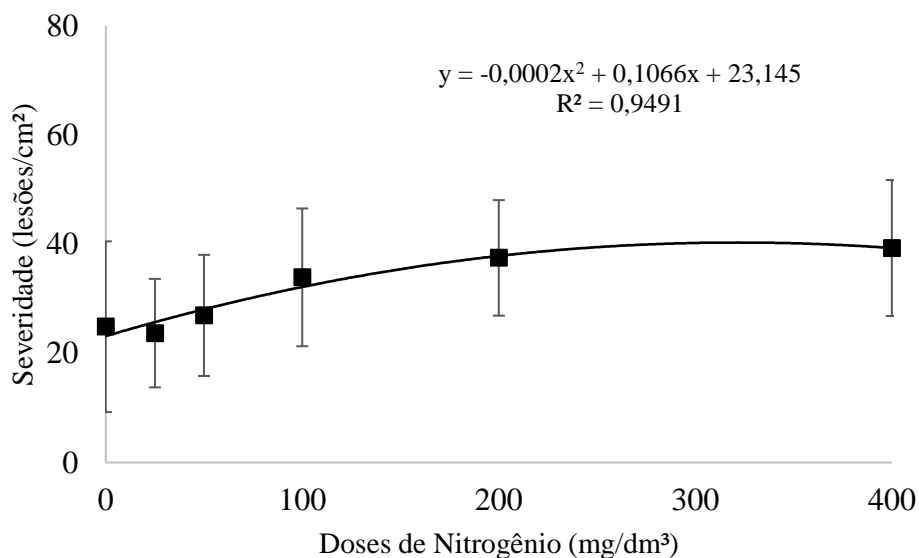
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 1. Valores médios da severidade da ferrugem asiática da soja de plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) no experimento 1. Viçosa – MG, 2017.

No experimento 2, a médias dos tratamentos pulverizados com fungicida foi de 20,3 e dos tratamentos não tratados com fungicida, 41,8 lesões/cm², diferindo significativamente entre si. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados da severidade da ferrugem em relação ao incremento da adubação nitrogenada, seguindo a mesma tendência do experimento anterior, onde, o incremento da adubação nitrogenada aumentou a severidade da ferrugem (Figura 2).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 2. Valores médios da severidade de plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio (com presença ou ausência da aplicação de fungicida) no experimento 2. Viçosa – MG, 2017.

A severidade da ferrugem no experimento 3 em vasos aumentou conforme o aumento da adubação (Tabela 2). Em todas as doses avaliadas, houve diferença significativa entre os tratamentos com ausência e presença de controle químico da doença. Para os dados do experimento 3, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou aos dados dos tratamentos não pulverizados com fungicidas, e nos tratamentos com o controle da doença, o linear foi o melhor modelo, conforme pode ser observado na figura 3.

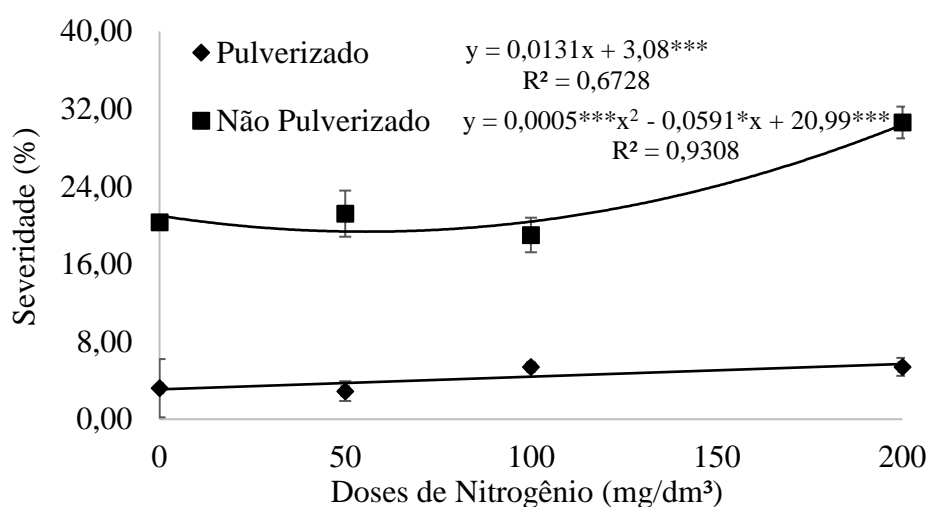
No experimento 4, a média dos experimentos com controle da doença foi de 17,6 e tratamentos com ausência de controle foi de 30,2 lesões/cm², diferindo significativamente entre si. De acordo com os dados observados na figura 4, o modelo linear foi o que melhor se ajustou para explicar os dados.

Tabela 2. Severidade da Ferrugem Asiática da Soja (%) no experimento 3 de vasos (com presença ou ausência de controle químico) submetidos a diferentes doses de nitrogênio.

| Doses (mg/dm ³) | Não Pulverizado | Pulverizado |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| 0 | 3,2 a A | 20,3 b A |
| 50 | 2,9 a A | 21,2 b A |
| 100 | 5,4 a A | 19,0 b A |
| 200 | 5,4 a A | 30,6 b B |

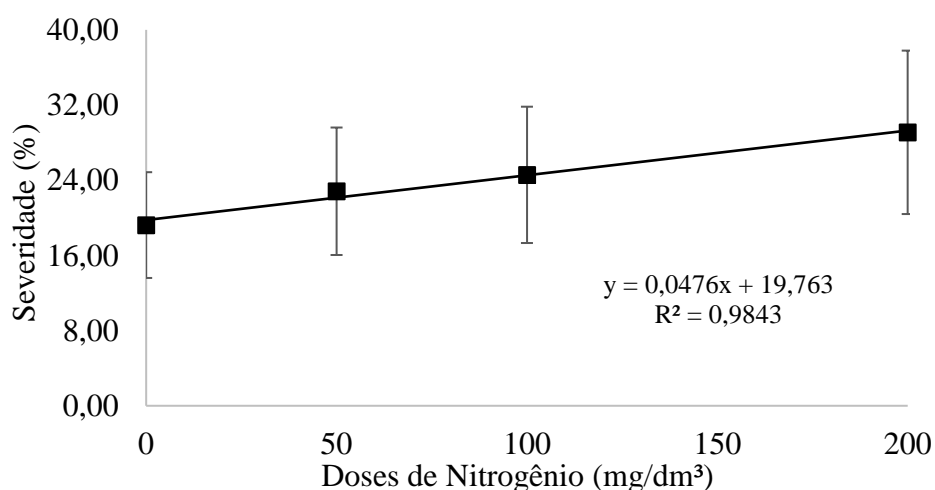
CV(%) = 12,46

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 3. Valores médios da severidade (%) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida no experimento 3. Viçosa – MG, 2017.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 4. Valores médios da severidade (%) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio (com presença ou ausência da aplicação de fungicida) no experimento 4. Viçosa – MG, 2017.

A AACPD da ferrugem também aumentou conforme o incremento da adubação nitrogenada. No experimento 1, os tratamentos submetidos ao controle da ferrugem diferiram significativamente dos tratamentos sem o controle da doença em todas as doses avaliadas, sendo maior a severidade nas plantas sem controle químico. As doses de 200 e 400 mg/dm³ diferiram do tratamento com ausência de adubação nos tratamentos com controle da doença, e nos tratamentos sem controle, apenas a dose de 200 mg/dm³ diferiu da dose de 0 mg/dm³ (Tabela 3).

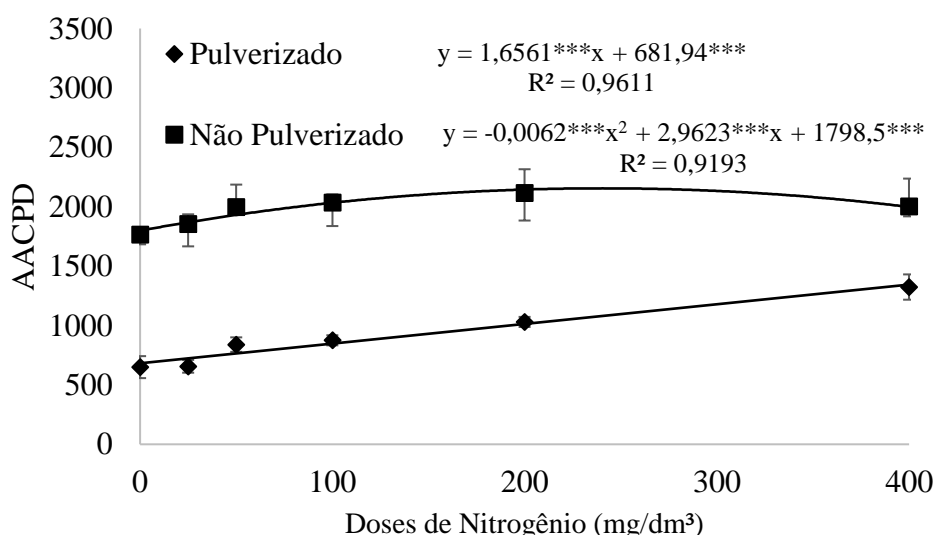
A relação entre a severidade e o incremento da adubação com nitrogênio pode ser verificada na figura 5, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou aos dados dos tratamentos não pulverizados com fungicida, e linear nos tratamentos pulverizados.

Tabela 3. Médias da AACPD do experimento 1 submetido a diferentes doses de nitrogênio, com ausência ou presença de controle químico.

| Dose | Pulverizado | Não Pulverizado |
|------|-------------|-----------------|
| 0 | 649,7 a A | 1765,3 b A |
| 25 | 656,7 a A | 1854,0 b AB |
| 50 | 839,3 a AB | 1998,5 b AB |
| 100 | 875,6 a AB | 2036,1 b AB |
| 200 | 1030,1 a BC | 2116,3 b B |
| 400 | 1323,8 a C | 2003,9 b AB |

CV(%) = 8,51

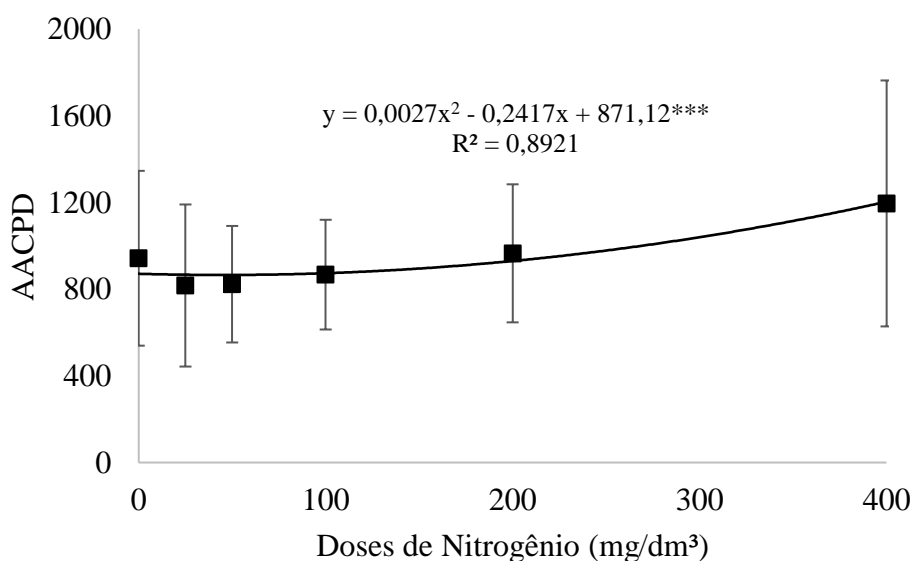
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 5. Valores médios da AACPD da ferrugem asiática da soja em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) no experimento 1. Viçosa – MG, 2017.

No experimento 2, para a variável AACPD, as médias para os tratamentos pulverizados foi de 528, e não pulverizado com fungicida, a AACPD foi de 1341, diferindo significativamente entre si. Em relação ao incremento da adubação nitrogenada na severidade, a mesma tendência do experimento anterior foi observada, ou seja, quanto maior o nível de N, maior a AACPD. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, conforme pode ser observado na figura 6 com sua respectiva equação de regressão.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

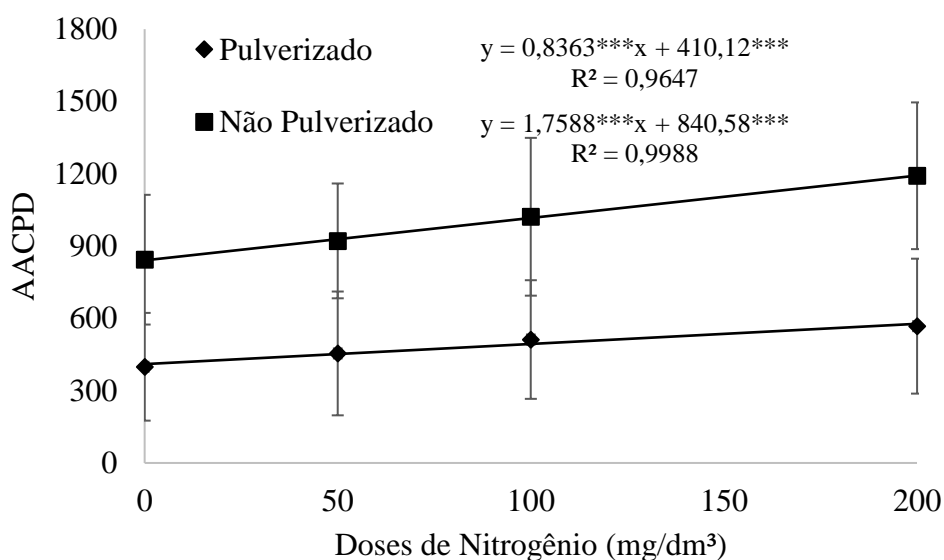
Figura 6. Valores médios da AACPD da ferrugem asiática da soja em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio (com presença ou ausência da aplicação de fungicida) no experimento 2. Viçosa – MG, 2017.

De acordo com os dados obtidos na análise conjunto da AACPD dos experimentos 3 e 4, a média no experimento 3 foi de 497,6, e no experimento 4 a AACPD foi de 980,2, sendo esta maior em relação ao experimento 3, diferindo significativamente entre si. As doses influenciaram na AACPD, sendo maior conforme o incremento da adubação. As doses de 100 e 200 mg/dm³ diferiram significativamente do tratamento com ausência de adubação nitrogenada (Tabela 4). Conforme a figura 7, o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados de AACPD nos experimentos 3 e 4, com ausência ou presença de aplicação de fungicida.

Tabela 4. Médias da AACPD dos experimentos 3 e 4 submetido a diferentes doses de doses de nitrogênio, com ausência ou presença de controle químico.

| Dose (mg/dm ³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| 0 | 399,1 a A | 843,4 b A |
| 50 | 454,4 a AB | 921,4 b A |
| 100 | 512,1 a BC | 1021,5 b B |
| 200 | 567,6 a C | 1191,6 b C |
| CV(%) = 6,77 | | |

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).

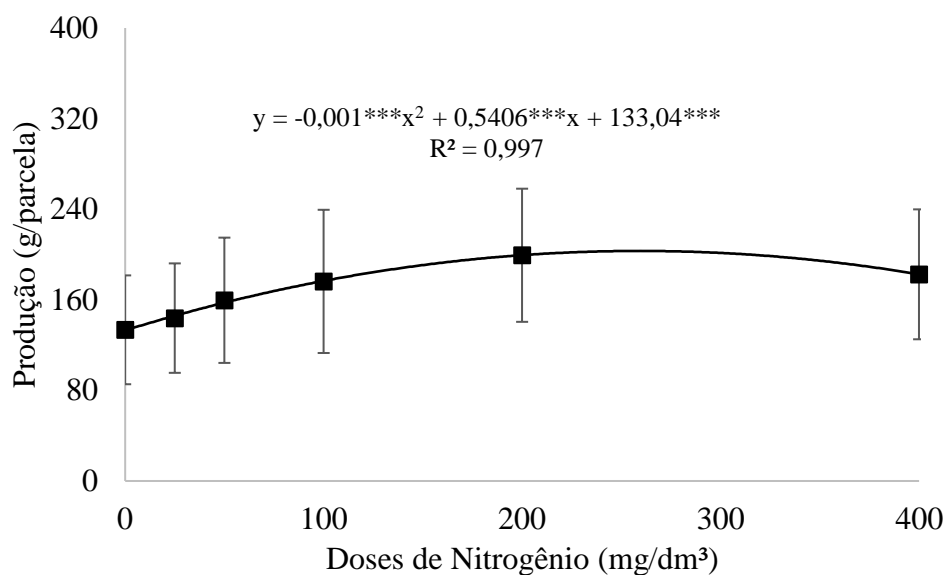


***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 7. Valores médios da AACPD da ferrugem asiática da soja em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) nos experimentos 3 e 4. Viçosa – MG, 2017.

Produção

A produtividade média dos experimentos 1 e 2 foi de 213,6 g/parcela nos tratamentos com controle da ferrugem asiática, e 118,1 g/parcela nos tratamentos sem controle da doença, diferindo significativamente entre si. Conforme o aumento da adubação nitrogenada até a dose de 200 mg/dm³ houve aumento na produtividade. A partir desta dose, houve uma leve redução na produção. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático, conforme observado na figura 8 com sua respectiva equação de regressão.

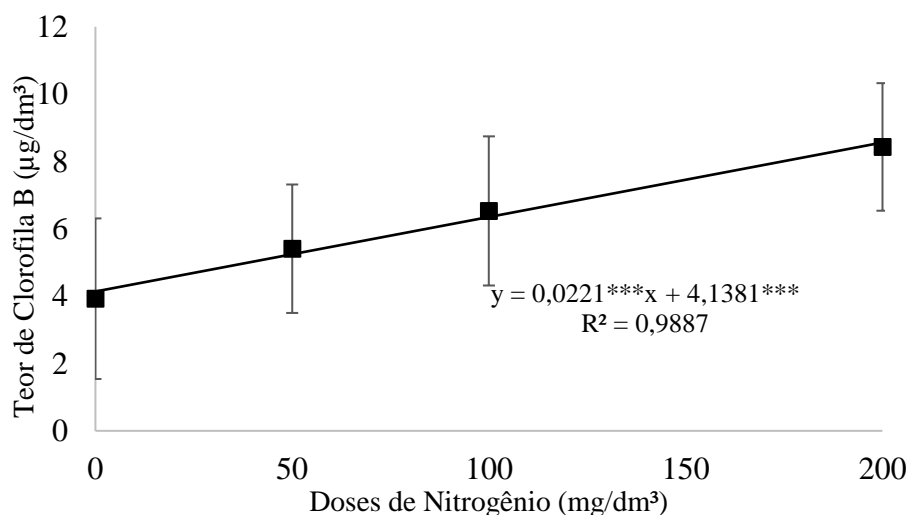


***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 8. Valores médios da produção de soja (g/parcela) dos experimentos 1 e 2 submetidas a diferentes doses de nitrogênio, com presença ou ausência da aplicação de fungicida. Viçosa – MG, 2017.

Teor de pigmentos fotossintéticos

O teor médio de clorofila B do experimento 3 nos tratamentos pulverizados foi de 5,0 µg/cm², e sem pulverização de fungicida foi de 7,1 µg/cm², diferindo significativamente entre si. Conforme o incremento do nitrogênio, houve um aumento no teor de clorofila B. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear (Figura 9).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 9. Valores médios do teor de clorofila B (µg/cm²) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) do experimento 3. Viçosa – MG, 2017.

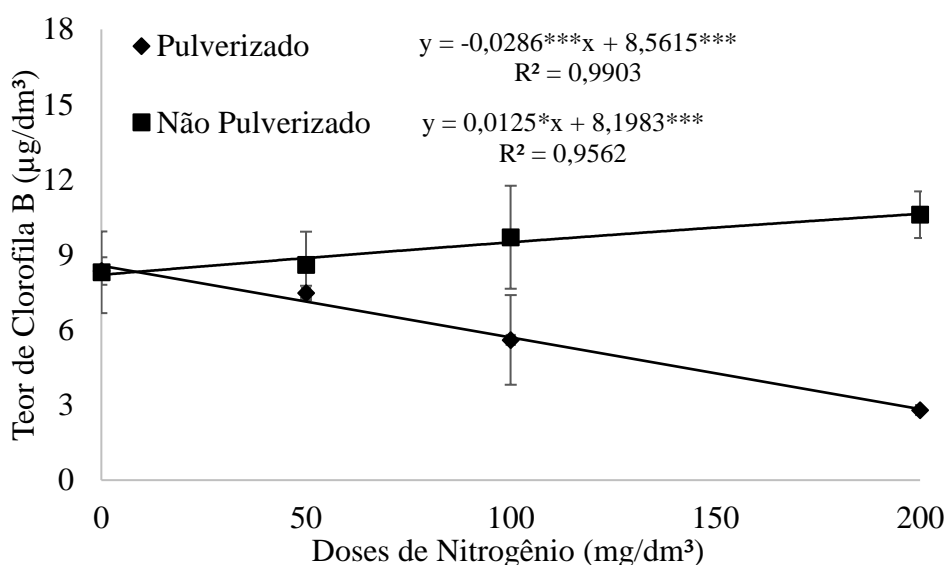
No experimento 4, houve diferença significativa no teor de clorofila B entre pulverizado e não pulverizado com fungicida nas doses de 100 e 200 mg/dm³. Plantas que não receberam a aplicação de fungicida apresentaram maiores teores de clorofila B (Tabela 5). O teor de clorofila B reduziu conforme o incremento da adubação nitrogenada em plantas pulverizadas com fungicida, enquanto em plantas que não receberam a aplicação de fungicida, a clorofila aumentou conforme o incremento da adubação. O modelo que melhor se ajustou aos dados foi o linear (Figura 10).

Tabela 5. Médias do teor de clorofila B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) no experimento 4 submetido a diferentes doses de doses de nitrogênio, com ausência ou presença de controle químico.

| Dose | Pulverizado | Não Pulverizado |
|------|-------------|-----------------|
| 0 | 8,4 a A | 8,3 a A |
| 50 | 7,5 a A | 8,6 a A |
| 100 | 5,6 a AB | 9,7 b AB |
| 200 | 2,8 a B | 10,6 b B |

CV(%) = 19,11

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



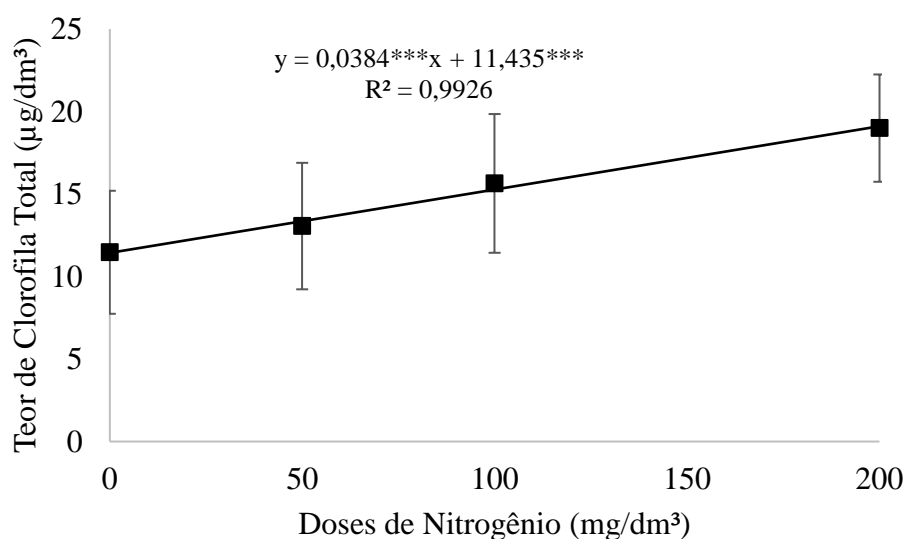
***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 10. Valores médios do teor de clorofila B ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio com e sem aplicação de fungicida (Azoxistrobina + Ciproconazol) do experimento 4. Viçosa – MG, 2017.

O valor médio do teor de clorofila total no experimento 3 foi de 12,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ nos tratamentos com fungicida, e 16,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ nos tratamentos sem fungicida, diferindo significativamente entre si. A adubação nitrogenada aumentou o teor de clorofila total, e

o modelo linear foi o que melhor se ajustou aos dados (Figura 11).

No experimento 4, o teor de clorofila total entre pulverizado e não pulverizado com fungicida diferiu significativamente nas doses de 200 e 400 mg/dm³, sendo maior o teor de clorofila em plantas sem aplicação de fungicida (Tabela 6). De acordo com a figura 12, o incremento da adubação nitrogenada aumentou o teor de clorofila total em plantas que não receberam a aplicação de fungicida, enquanto os tratamentos com aplicação de fungicida reduziram o teor de clorofila total à medida em que o nível de nitrogênio era aumentado.



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

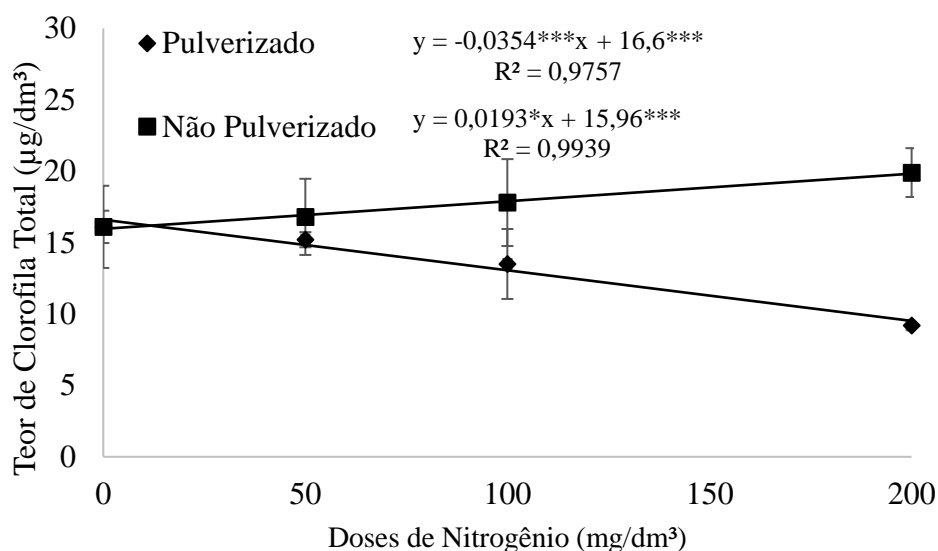
Figura 11. Valores médios do teor de clorofila Total (µg/cm²) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio (com e sem aplicação de fungicida) do experimento 3. Viçosa – MG, 2017.

Tabela 6. Médias do teor de clorofila Total (µg/cm²) do experimento 4 submetido a diferentes doses de doses de nitrogênio, com ausência ou presença de controle químico.

| Dose (mg/dm ³) | Pulverizado | Não Pulverizado |
|----------------------------|-------------|-----------------|
| 0 | 16,1 a A | 16,1 a A |
| 50 | 15,2 a A | 16,8 a A |
| 100 | 13,5 a AB | 17,8 b A |
| 200 | 9,2 a B | 19,9 b A |

CV(%) = 13,48

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P= 0,05).



***Significativo a 0,001%; **Significativo a 1% e *Significativo a 5%

Figura 12. Valores médios do teor de clorofila Total ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) em plantas de soja submetidas a diferentes doses de nitrogênio (com e sem aplicação de fungicida) do experimento 4. Viçosa – MG, 2017.

Discussão

Com base nos dados obtidos, é possível observar que o incremento na dose de nitrogênio aumentou a severidade da ferrugem asiática da soja em relação às plantas que não receberam adubação nitrogenada. Em geral, a severidade aos 75 DAE foi maior na dose de $400\text{mg}/\text{dm}^3$ nos experimentos em campo, e na dose de $200\text{mg}/\text{dm}^3$ nos experimentos em vasos. Além do aumento da severidade, a AACPD e a taxa de progresso da doença também aumentaram conforme o incremento na adubação nitrogenada.

No experimento 3 realizado em vaso, doses acima de $200\text{mg}/\text{dm}^3$ foram fitotóxicas às plantas, pois em vasos o adubo ficou concentrado em um espaço limitado, diferente do campo, o qual o adubo pode ter sido perdido por lixiviação, volatilização ou erosão, não gerando plantas com sintomas de fitotoxidez.

O aumento da severidade da doença em decorrência da adubação nitrogenada foi relatado por diversos autores. No trigo, níveis crescentes de nitrogênio aumentaram a severidade do oídio (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*), além de induzir a suscetibilidade em folhas mais velhas. Em plantas de arroz, a aplicação de nitrogênio aumentou a severidade da brusone, causada pelo fungo *Pyricularia grisea* (Huber & Watson, 1974). Além do aumento da severidade de algumas doenças fúngicas, a adubação nitrogenada também pode favorecer certas doenças bacterianas, como a mancha branca do milho causada pela bactéria *Pantoea ananatis* (Dornelas et al., 2015).

O excesso, deficiência ou desequilíbrio nas combinações de diferentes elementos nutricionais podem influenciar a reação das plantas aos patógenos, aumentando o nível de resistência, ou favorecendo a ocorrência de doença (Baladrin et al., 2006). A adubação nitrogenada em excesso pode tornar as plantas menos resistentes, favorecendo a penetração e estabelecimento dos patógenos biotróficos, devido à redução na síntese de compostos fenólicos e de lignina nas folhas. O nitrogênio também pode aumentar a concentração de amidas e aminoácidos na superfície das folhas e no apoplasto, aparentemente favorecendo a germinação e desenvolvimento de esporos fúngicos. Em contrapartida, de maneira geral, a resistência aos parasitas facultativos pode ser aumentada devido à preferência do patógeno por tecidos senescentes (Marschner, 1995).

Plantas de soja que receberam pouca ou nenhuma adubação nitrogenada apresentaram menores valores de severidade, AACPD e taxa de progresso da doença. A soja é uma leguminosa, e o suprimento de nitrogênio ocorre através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) por meio de bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Dessa forma, a aplicação de nitrogênio pode ser prejudicial a esta cultura por reduzir a nodulação das plantas (Hungria et al., 2001) e aumentar a severidade da ferrugem. No entanto, as plantas que receberam pouca ou nenhuma adubação nitrogenada apresentaram menor produtividade, portanto, neste caso em que não foi realizada a inoculação de *Bradyrhizobium* nas sementes, a aplicação de nitrogênio foi fundamental para garantir melhores produtividades.

A produtividade da soja aumentou conforme o incremento da adubação nitrogenada e aplicação de fungicida. O aumento da produtividade de uma cultura em decorrência do aumento da adubação nitrogenada foi relatado por diversos autores. De acordo com Sangoi & Almeida (1994), o incremento na dose de N de 0 para 100 kg/ha aumentou cerca de 67% na produtividade do milho. Resende & Souza (2001) observaram o aumento da produtividade do alho com o aumento da adubação nitrogenada. Berti et al. (2007) relatou o mesmo efeito para o trigo, que respondeu positivamente com o incremento da adubação nitrogenada.

Nos experimentos em campo e em vasos, os melhores resultados foram obtidos com a aplicação de 200 mg/dm³ de N. Nos experimentos em campo e no experimento 3 em vasos, a adubação de 400 mg/dm³ foi excessiva, e gerou um resultado deletério na produtividade. De acordo com Prando et al. (2013), o aumento da dose de N reduziu a produtividade do trigo, possivelmente porque o nitrogênio utilizado pela planta foi oriundo de restos culturais da cultura anterior, e nestas condições, pequenas doses de N

foram o suficiente para a obtenção de boas produtividades. Dessa forma, o incremento da adubação nitrogenada foi excessivo, e além de aumentar o custo de produção, foi prejudicial à cultura do trigo.

O incremento da produtividade em decorrência da aplicação de fungicida foi em média superior a 40% nos experimentos em campo, e nos experimentos em vasos, foi de 17,24% no experimento 3 e 38,41% no experimento 4. A porcentagem de controle também foi superior a 40% no experimento 4, e chegou até a 82% de controle em média no experimento 3. A ferrugem asiática possui alto potencial de dano à cultura da soja. Dessa forma, a aplicação de fungicida é fundamental para retardar o progresso da doença. Os fungicidas do grupo químico das estrobilurinas atuam prevenindo a germinação de esporos, e apresentam alguma ação erradicante e curativa, inibindo o desenvolvimento de patógenos nos estádios iniciais após a germinação gerando maior produtividade (Venâncio et al., 1999). De acordo com Barbosa et al. (2014), a aplicação de fungicida (azoxystrobina + ciproconazol) na soja proporcionou melhor controle da ferrugem, gerando reflexos positivos na produtividade de grãos.

O incremento na adubação nitrogenada proporcionou um aumento nos teores de clorofila a e b, possivelmente porque o N faz parte da molécula de clorofila, e o incremento da adubação nitrogenada aumenta o teor de N nas folhas, conferindo maior intensidade de cor verde (Malavolta et al., 1997). De acordo com Soratto et al. (2004), o incremento da adubação nitrogenada aumentou o teor de clorofila em plantas de feijão. Carvalho et al. (2003) também observou uma correlação positiva da concentração de clorofila nas folhas de feijão com o aumento da adubação nitrogenada.

O uso de fungicida reduziu o teor de clorofila a e b em relação às plantas que não receberam controle químico. O fungicida utilizado nestes experimentos foi à base de estrobilurina, que tem a característica de promover o aumento no teor de clorofila em decorrência do aumento da assimilação de nitrogênio e redução da produção de etileno, resultando no “efeito verde”. Portanto, em virtude do “efeito verde” causado pelas estrobilurinas, e do maior número de lesões provocadas pelo fungo *P. pachyrizi*, esperava-se que os teores de clorofila seriam menores em plantas sem controle químico, entretanto, isso não ocorreu. Dessa forma, supõe-se que existe uma interação negativa entre a adubação nitrogenada na soja e a aplicação de fungicida (Estrobilurina + Triazol) que interferiu nos teores de clorofila, sendo necessários novos estudos para verificar se a redução da clorofila foi em decorrência do uso de estrobilurina em associação com a

adubação nitrogenada, do triazol com a aplicação de N, ou a mistura de ambos fungicidas com a adubação nitrogenada.

Com base nos dados obtidos, é possível concluir que a adubação nitrogenada e a aplicação de fungicida aumenta a produtividade da soja, no entanto o uso de N na soja aumenta a severidade, AACPD e a taxa de progresso da ferrugem asiática da soja.

Referências

Andrade PJM, Andrade DF de AA (2002) Ferrugem Asiática: uma ameaça à sojicultura brasileira Embrapa Agropecuária Oeste.

Berti M, Zagonel J, Fernandes EC (2007). Produtividade de cultivares de trigo em função do trinexapacetyl e doses de nitrogênio. *Scientia Agraria* v.8, n.2.

Carvalho MD, Furlani Junior E, Arf O, Sá MD, Paulino HB, Buzetti S (2003). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27(3).

Desmukh SS, Mayee CD, Kulkarni BS (1978) Reduction of downy mildew of pearl millet with fertilizer management *Phytopathology*, v 68, 1350-1353.

Dornelas GA, Pozza EA, Souza PE de, Costa RV, Aziz A, Pozza A, Santos LA (2015) Nitrogen and potassium fertilization on the yield and intensity of the maize white spot *Rev Ceres*, vol62, n4 Viçosa, Minas Gerais .

Fernandes MS (2006) Nutrição mineral de plantas Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Minas Gerais.

Huber DM, Watson RD (1974) Nitrogen form and plant disease *Ann Rev Phytopathol*, 12:139-165.

Hungria M, Campo JR, Mendes IC (2001) Fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja Embrapa Soja, Brasília, DF: Embrapa Cerrados.

Marschiner H (1995) Mineral nutrition of higher plants Academic Press, San Diego
Navarini L, Dallagnol LJ, Balardin RS, Moreira MT, Meneghetti, RC, Madalosso, MG (2007) Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja *Summa Phytopathologica*, 33(2), 182-186.

Nunkumar A, Caldwell P M, Pretorius ZA (2008) Alternative hosts of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in South Africa *South African Journal of Plant and Soil*, v 25, n 1, p 62-63.

Prando AM, Zucareli C, Fronza V, Álvares de Oliveira F, Oliveira Júnior A (2013). Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 43(1).

Perrenoud S (1990) Potassium and Plant Health 2nd ed International Potash Institute Bern, Switzerland.

de Resende GM, SOUZA RD (2001). Doses e épocas de aplicação de nitrogênio sobre a produtividade e características comerciais de alho. Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE). Hort. bras., v. 19, n. 2.

Rodrigues F de A, Carvalho EM, do Vale FXR (2002) Severidade da podridão-radicular de *Rhizoctonia* do feijoeiro influenciada pela calagem, e pelas fontes e doses de nitrogênio Pesq agropec bras, Brasília, v 37, n 9, 1247-1252.

Soratto RP, de Carvalho MAC, Arf O (2004). Teor de clorofila e produtividade do feijoeiro em razão da adubação nitrogenada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 39(9), 895-901.

Tratch R, May de Mio LL, Serrat BM, Motta ACV (2007). Nitrogen and potassium fertilization influences on intensity of peach leaf rust Acta Horticulturae, 872, 313-318.

Yang XB, Tschanz AT, Dowler WM, Wang TC (1991) Development of yield loss models in relation to reductions of components of soybeans infected with *Phakopsora pachyrhizi* Phytopathology 81:1420-1426.

Yorinori, JT, Nunes Júnior J, Lazzarotto JJ (2004). Ferrugem "asiática" da soja no Brasil: evolução, importância econômica e controle. Embrapa Soja.

Wellburn AR (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of plant physiology*, 144(3), 307-313.

Zambolim L (2006). Ferrugem Asiática da Soja. Viçosa, Minas Gerais.

Zambolim L, Ventura JA, Zanão Junior LA (2012) Influência da nutrição mineral no controle de doenças de plantas Viçosa, Minas Gerais, 321p.

ANEXOS

1. Análise de variância (ANOVA) do experimento de fósforo

Tabela 1. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|------------------|------------|------------------------|--------------|---------|--------|
| ENSAIO | 1 | 185.313335 | 185.313335 | 6.638 | 0.0131 |
| PULV | 1 | 10078.450312 | 10078.450312 | 360.992 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 1098.973890 | 219.794778 | 7.873 | 0.0000 |
| ENSAIO*PULV | 1 | 2.145901 | 2.145901 | 0.077 | 0.7828 |
| ENSAIO*DOSE | 5 | 133.723524 | 26.744705 | 0.958 | 0.4529 |
| PULV*DOSE | 5 | 156.211879 | 31.242376 | 1.119 | 0.3630 |
| ENSAIO*PULV*DOSE | 5 | 40.099557 | 8.019911 | 0.287 | 0.9177 |
| erro | 48 | 1340.099400 | 27.918738 | | |
| Total corrigido | 71 | 13035.017799 | | | |
| CV (%) = | 21.90 | | | | |
| Média geral: | 24.1248611 | Número de observações: | 72 | | |

Tabela 2. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE do ensaio 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|------------|------------------------|------------|---------|--------|
| FOSFORO | 1 | 263.463382 | 263.463382 | 51.024 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 856.524645 | 856.524645 | 165.881 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 293.399391 | 97.799797 | 18.941 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 0.399750 | 0.399750 | 0.077 | 0.7823 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 0.888218 | 0.296073 | 0.057 | 0.9820 |
| PULV*DOSE | 3 | 8.785220 | 2.928407 | 0.567 | 0.6399 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 7.647048 | 2.549016 | 0.494 | 0.6887 |
| erro | 40 | 206.539058 | 5.163476 | | |
| Total corrigido | 55 | 1637.646713 | | | |
| CV (%) = | 17.31 | | | | |
| Média geral: | 13.1262500 | Número de observações: | 56 | | |

Tabela 3. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|------------------|--------------|------------------------|-----------------|---------|--------|
| ENSAIO | 1 | 479253.133889 | 479253.133889 | 12.881 | 0.0008 |
| PULV | 1 | 20634937.266672 | 20634937.266672 | 554.610 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 317712.655761 | 63542.531152 | 1.708 | 0.1509 |
| ENSAIO*PULV | 1 | 2122.261250 | 2122.261250 | 0.057 | 0.8123 |
| ENSAIO*DOSE | 5 | 110600.995361 | 22120.199072 | 0.595 | 0.7042 |
| PULV*DOSE | 5 | 143465.073678 | 28693.014736 | 0.771 | 0.5752 |
| ENSAIO*PULV*DOSE | 5 | 43693.230100 | 8738.646020 | 0.235 | 0.9452 |
| erro | 48 | 1785899.534333 | 37206.240299 | | |
| Total corrigido | 71 | 23517684.151044 | | | |
| CV (%) = | 18.82 | | | | |
| Média geral: | 1024.9072222 | Número de observações: | 72 | | |

Tabela 4. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|-------------|------------------------|----------------|---------|--------|
| FOSFORO | 1 | 239141.795438 | 239141.795438 | 108.221 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 1513943.187902 | 1513943.187902 | 685.117 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 677803.580762 | 225934.526921 | 102.244 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 59.452402 | 59.452402 | 0.027 | 0.8705 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 18097.197833 | 6032.399278 | 2.730 | 0.0565 |
| PULV*DOSE | 3 | 9147.424005 | 3049.141335 | 1.380 | 0.2628 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 17163.816040 | 5721.272013 | 2.589 | 0.0662 |
| erro | 40 | 88390.402400 | 2209.760060 | | |
| Total corrigido | 55 | 2563746.856784 | | | |
| CV (%) = | 9.36 | | | | |
| Média geral: | 502.1544643 | Número de observações: | | 56 | |

Tabela 5. Análise de variância referente à produtividade dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|------------------|-------------|------------------------|---------------|---------|--------|
| ENSAIO | 1 | 660.055556 | 660.055556 | 0.457 | 0.5025 |
| PULV | 1 | 207582.722222 | 207582.722222 | 143.568 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 60148.111111 | 12029.622222 | 8.320 | 0.0000 |
| ENSAIO*PULV | 1 | 10082.000000 | 10082.000000 | 6.973 | 0.0111 |
| ENSAIO*DOSE | 5 | 2004.277778 | 400.855556 | 0.277 | 0.9233 |
| PULV*DOSE | 5 | 1130.944444 | 226.188889 | 0.156 | 0.9771 |
| ENSAIO*PULV*DOSE | 5 | 8544.333333 | 1708.866667 | 1.182 | 0.3320 |
| erro | 48 | 69402.666667 | 1445.888889 | | |
| Total corrigido | 71 | 359555.111111 | | | |
| CV (%) = | 21.74 | | | | |
| Média geral: | 174.8888889 | Número de observações: | | 72 | |

Tabela 6. Análise de variância referente à produtividade dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|------------|------------------------|--------------|---------|--------|
| FOSFORO | 1 | 45621.748962 | 45621.748962 | 201.810 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 10756.468829 | 10756.468829 | 47.582 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 116532.469979 | 38844.156660 | 171.829 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 3670.202412 | 3670.202412 | 16.235 | 0.0002 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 3179.958093 | 1059.986031 | 4.689 | 0.0067 |
| PULV*DOSE | 3 | 3318.208329 | 1106.069443 | 4.893 | 0.0054 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 1343.668077 | 447.889359 | 1.981 | 0.1322 |
| erro | 40 | 9042.493542 | 226.062339 | | |
| Total corrigido | 55 | 193465.218221 | | | |
| CV (%) = | 15.92 | | | | |
| Média geral: | 94.4617857 | Número de observações: | | 56 | |

Tabela 7. Análise de variância referente ao teor de clorofila A dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|----|------------|-----------|--------|--------|
| FOSFORO | 1 | 67.617397 | 67.617397 | 40.846 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 7.730172 | 7.730172 | 4.670 | 0.0367 |
| DOSE | 3 | 156.112357 | 52.037452 | 31.434 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 8.440772 | 8.440772 | 5.099 | 0.0295 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 0.980474 | 0.326825 | 0.197 | 0.8977 |
| PULV*DOSE | 3 | 12.158678 | 4.052893 | 2.448 | 0.0777 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 10.455404 | 3.485135 | 2.105 | 0.1148 |
| erro | 40 | 66.217481 | 1.655437 | | |
| Total corrigido | 55 | 329.712736 | | | |

Tabela 8. Análise de variância referente ao teor de clorofila B dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|-----------|------------------------|------------|--------|--------|
| FOSFORO | 1 | 151.729270 | 151.729270 | 82.600 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 117.140465 | 117.140465 | 63.770 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 243.307803 | 81.102601 | 44.152 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 18.306092 | 18.306092 | 9.966 | 0.0030 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 15.446037 | 5.148679 | 2.803 | 0.0520 |
| PULV*DOSE | 3 | 33.312430 | 11.104143 | 6.045 | 0.0017 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 7.613649 | 2.537883 | 1.382 | 0.2623 |
| erro | 40 | 73.476625 | 1.836916 | | |
| Total corrigido | 55 | 660.332370 | | | |
| CV (%) = | 19.47 | | | | |
| Média geral: | 6.9595179 | Número de observações: | | 56 | |

Tabela 9. Análise de variância referente ao teor de clorofila Total dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-------------------|------------|------------------------|------------|--------|--------|
| FOSFORO | 1 | 421.906408 | 421.906408 | 92.190 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 185.050586 | 185.050586 | 40.435 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 783.198938 | 261.066313 | 57.045 | 0.0000 |
| FOSFORO*PULV | 1 | 51.613423 | 51.613423 | 11.278 | 0.0017 |
| FOSFORO*DOSE | 3 | 17.246268 | 5.748756 | 1.256 | 0.3024 |
| PULV*DOSE | 3 | 81.708636 | 27.236212 | 5.951 | 0.0019 |
| FOSFORO*PULV*DOSE | 3 | 27.007661 | 9.002554 | 1.967 | 0.1344 |
| erro | 40 | 183.059163 | 4.576479 | | |
| Total corrigido | 55 | 1750.791082 | | | |
| CV (%) = | 12.99 | | | | |
| Média geral: | 16.4735714 | Número de observações: | | 56 | |

1. Análise de variância (ANOVA) do experimento de potássio

Tabela 1. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| CAMPO | 1 | 345.144022 | 345.144022 | 36.805 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 4714.205000 | 4714.205000 | 502.713 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 626.313744 | 125.262749 | 13.358 | 0.0000 |
| CAMPO*PULV | 1 | 502.973472 | 502.973472 | 53.636 | 0.0000 |
| CAMPO*DOSE | 5 | 142.387528 | 28.477506 | 3.037 | 0.0184 |
| PULV*DOSE | 5 | 20.228583 | 4.045717 | 0.431 | 0.8244 |
| CAMPO*PULV*DOSE | 5 | 2.869578 | 0.573916 | 0.061 | 0.9974 |
| erro | 48 | 450.121600 | 9.377533 | | |
| Total corrigido | 71 | 6804.243528 | | | |
| CV (%) = | 13.64 | | | | |
| Média geral: | 22.4519444 | Número de observações: | | 72 | |

Tabela 2. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 0.008269 | 0.008269 | 0.001 | 0.9725 |
| PULV | 1 | 1402.381302 | 1402.381302 | 205.305 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 228.703606 | 76.234535 | 11.161 | 0.0000 |
| VASOS*PULV | 1 | 4.410469 | 4.410469 | 0.646 | 0.4276 |
| VASOS*DOSE | 3 | 42.950406 | 14.316802 | 2.096 | 0.1203 |
| PULV*DOSE | 3 | 11.744373 | 3.914791 | 0.573 | 0.6368 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 19.080473 | 6.360158 | 0.931 | 0.4370 |
| erro | 32 | 218.583600 | 6.830737 | | |
| Total corrigido | 47 | 1927.862498 | | | |
| CV (%) = | 13.35 | | | | |
| Média geral: | 19.5764583 | Número de observações: | 48 | | |

Tabela 3. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|-----------------|----------|--------|
| CAMPO | 1 | 1333113.168368 | 1333113.168368 | 145.073 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 12423725.047068 | 12423725.047068 | 1351.981 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 985814.083562 | 197162.816712 | 21.456 | 0.0000 |
| CAMPO*PULV | 1 | 509772.287813 | 509772.287813 | 55.475 | 0.0000 |
| CAMPO*DOSE | 5 | 156478.599474 | 31295.719895 | 3.406 | 0.0103 |
| PULV*DOSE | 5 | 160578.300774 | 32115.660155 | 3.495 | 0.0090 |
| CAMPO*PULV*DOSE | 5 | 32451.932596 | 6490.386519 | 0.706 | 0.6216 |
| erro | 48 | 441085.171733 | 9189.274411 | | |
| Total corrigido | 71 | 16043018.591388 | | | |
| CV (%) = | 10.21 | | | | |
| Média geral: | 939.0445833 | Número de observações: | 72 | | |

Tabela 4. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|----------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 1298.856169 | 1298.856169 | 0.254 | 0.6177 |
| PULV | 1 | 3218308.293802 | 3218308.293802 | 629.587 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 463023.011623 | 154341.003874 | 30.193 | 0.0000 |
| VASOS*PULV | 1 | 56330.977552 | 56330.977552 | 11.020 | 0.0023 |
| VASOS*DOSE | 3 | 84451.030923 | 28150.343641 | 5.507 | 0.0036 |
| PULV*DOSE | 3 | 26461.029556 | 8820.343185 | 1.725 | 0.1815 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 19039.620506 | 6346.540169 | 1.242 | 0.3109 |
| erro | 32 | 163576.952200 | 5111.779756 | | |
| Total corrigido | 47 | 4032489.772331 | | | |
| CV (%) = | 9.24 | | | | |
| Média geral: | 773.8518750 | Número de observações: | 48 | | |

Tabela 5. Análise de variância referente à produtividade do ensaio 1.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|---------------|--------|--------|
| PULV | 1 | 127687.111111 | 127687.111111 | 77.590 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 47326.000000 | 9465.200000 | 5.752 | 0.0013 |
| PULV*DOSE | 5 | 18004.888889 | 3600.977778 | 2.188 | 0.0891 |
| erro | 24 | 39496.000000 | 1645.666667 | | |
| Total corrigido | 35 | 232514.000000 | | | |
| CV (%) = | 24.05 | | | | |
| Média geral: | 168.6666667 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 6. Análise de variância referente à produtividade do ensaio 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|--------------|--------|--------|
| PULV | 1 | 75167.361111 | 75167.361111 | 60.470 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 29271.138889 | 5854.227778 | 4.710 | 0.0039 |
| PULV*DOSE | 5 | 19215.138889 | 3843.027778 | 3.092 | 0.0271 |
| erro | 24 | 29833.333333 | 1243.055556 | | |
| Total corrigido | 35 | 153486.972222 | | | |
| CV (%) = | 18.46 | | | | |
| Média geral: | 190.9722222 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 7. Análise de variância referente à produtividade dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|--------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 95583.180033 | 95583.180033 | 414.474 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 20091.720033 | 20091.720033 | 87.123 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 20845.223383 | 6948.407794 | 30.130 | 0.0000 |
| VASOS*PULV | 1 | 3859.970700 | 3859.970700 | 16.738 | 0.0003 |
| VASOS*DOSE | 3 | 460.397883 | 153.465961 | 0.665 | 0.5794 |
| PULV*DOSE | 3 | 3632.150750 | 1210.716917 | 5.250 | 0.0046 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 1188.265617 | 396.088539 | 1.718 | 0.1831 |
| erro | 32 | 7379.621400 | 230.613169 | | |
| Total corrigido | 47 | 153040.529800 | | | |
| CV (%) = | 17.75 | | | | |
| Média geral: | 85.5400000 | Número de observações: | | 48 | |

Tabela 8. Análise de variância referente ao teor de clorofila A dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 1496.467336 | 1496.467336 | 870.805 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 46.997292 | 46.997292 | 27.348 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 48.456328 | 16.152109 | 9.399 | 0.0001 |
| VASOS*PULV | 1 | 4.845052 | 4.845052 | 2.819 | 0.1029 |
| VASOS*DOSE | 3 | 2.161772 | 0.720591 | 0.419 | 0.7403 |
| PULV*DOSE | 3 | 1.660938 | 0.553646 | 0.322 | 0.8092 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 11.941084 | 3.980361 | 2.316 | 0.0944 |
| erro | 32 | 54.991600 | 1.718487 | | |
| Total corrigido | 47 | 1667.521402 | | | |
| CV (%) = | 11.20 | | | | |
| Média geral: | 11.7072917 | Número de observações: | | 48 | |

Tabela 9. Análise de variância referente ao teor de clorofila B dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-----------|------------------------|------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 447.392726 | 447.392726 | 222.957 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 4.530709 | 4.530709 | 2.258 | 0.1427 |
| DOSE | 3 | 42.348118 | 14.116039 | 7.035 | 0.0009 |
| VASOS*PULV | 1 | 16.290195 | 16.290195 | 8.118 | 0.0076 |
| VASOS*DOSE | 3 | 12.573003 | 4.191001 | 2.089 | 0.1213 |
| PULV*DOSE | 3 | 1.375120 | 0.458373 | 0.228 | 0.8760 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 3.430061 | 1.143354 | 0.570 | 0.6389 |
| erro | 32 | 64.212226 | 2.006632 | | |
| Total corrigido | 47 | 592.152158 | | | |
| CV (%) = | 20.47 | | | | |
| Média geral: | 6.9201458 | Número de observações: | | 48 | |

3. Análise de variância do experimento de nitrogênio

Tabela 1. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE do ensaio 1.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 5906.691025 | 5906.691025 | 254.905 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 322.025481 | 64.405096 | 2.779 | 0.0406 |
| PULV*DOSE | 5 | 458.852258 | 91.770452 | 3.960 | 0.0092 |
| erro | 24 | 556.130533 | 23.172106 | | |
| Total corrigido | 35 | 7243.699297 | | | |
| CV (%) = | 14.41 | | | | |
| Média geral: | 33.4102778 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 2. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE do ensaio 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 4150.580625 | 4150.580625 | 488.679 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 1357.041947 | 271.408389 | 31.955 | 0.0000 |
| PULV*DOSE | 5 | 103.997258 | 20.799452 | 2.449 | 0.0628 |
| erro | 24 | 203.843467 | 8.493478 | | |
| Total corrigido | 35 | 5815.463297 | | | |
| CV (%) = | 9.39 | | | | |
| Média geral: | 31.0252778 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 3. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE do ensaio 3.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 2065.728150 | 2065.728150 | 731.997 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 165.598217 | 55.199406 | 19.560 | 0.0000 |
| PULV*DOSE | 3 | 105.943883 | 35.314628 | 12.514 | 0.0002 |
| erro | 16 | 45.152733 | 2.822046 | | |
| Total corrigido | 23 | 2382.422983 | | | |
| CV (%) = | 12.46 | | | | |
| Média geral: | 13.4858333 | Número de observações: | | 24 | |

Tabela 4. Análise de variância referente à severidade aos 75 DAE do ensaio 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 958.870417 | 958.870417 | 331.216 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 302.154583 | 100.718194 | 34.790 | 0.0000 |
| PULV*DOSE | 3 | 25.271250 | 8.423750 | 2.910 | 0.0666 |
| erro | 16 | 46.320000 | 2.895000 | | |
| Total corrigido | 23 | 1332.616250 | | | |
| CV (%) = | 7.11 | | | | |
| Média geral: | 23.9375000 | Número de observações: | | 24 | |

Tabela 5. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) do ensaio 1.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|--------------|------------------------|-----------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 10236906.900278 | 10236906.900278 | 691.770 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 935956.122689 | 187191.224538 | 12.650 | 0.0000 |
| PULV*DOSE | 5 | 279948.533322 | 55989.706664 | 3.784 | 0.0114 |
| erro | 24 | 355155.073333 | 14798.128056 | | |
| Total corrigido | 35 | 11807966.629622 | | | |
| CV (%) = | 8.51 | | | | |
| Média geral: | 1429.1077778 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 6. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) do ensaio 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|----------------|---------|--------|
| PULV | 1 | 5958025.355378 | 5958025.355378 | 261.355 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 600437.129322 | 120087.425864 | 5.268 | 0.0021 |
| PULV*DOSE | 5 | 292275.956956 | 58455.191391 | 2.564 | 0.0539 |
| erro | 24 | 547119.829800 | 22796.659575 | | |
| Total corrigido | 35 | 7397858.271456 | | | |
| CV (%) = | 16.15 | | | | |
| Média geral: | 935.1038889 | Número de observações: | | 36 | |

Tabela 7. Análise de variância referente à Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) do ensaio 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|------------------------|----------------|----------|--------|
| VASOS | 1 | 2794514.613075 | 2794514.613075 | 1115.779 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 3135833.712408 | 3135833.712408 | 1252.059 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 444079.760875 | 148026.586958 | 59.103 | 0.0000 |
| VASOS*PULV | 1 | 9949.248408 | 9949.248408 | 3.972 | 0.0548 |
| VASOS*DOSE | 3 | 21247.256342 | 7082.418781 | 2.828 | 0.0541 |
| PULV*DOSE | 3 | 57450.223542 | 19150.074514 | 7.646 | 0.0005 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 14152.979275 | 4717.659758 | 1.884 | 0.1522 |
| erro | 32 | 80145.335400 | 2504.541731 | | |
| Total corrigido | 47 | 6557373.129325 | | | |
| CV (%) = | 6.77 | | | | |
| Média geral: | 738.8862500 | Número de observações: | | 48 | |

Tabela 8. Análise de variância referente à produtividade dos ensaios 1 e 2.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-------------|---------------|------------------------|---------|--------|
| CAMPO | 1 | 312.500000 | 312.500000 | 0.511 | 0.4781 |
| PULV | 1 | 163973.555556 | 163973.555556 | 268.174 | 0.0000 |
| DOSE | 5 | 36924.500000 | 7384.900000 | 12.078 | 0.0000 |
| CAMPO*PULV | 1 | 1233.388889 | 1233.388889 | 2.017 | 0.1620 |
| CAMPO*DOSE | 5 | 4335.000000 | 867.000000 | 1.418 | 0.2348 |
| PULV*DOSE | 5 | 2826.277778 | 565.255556 | 0.924 | 0.4735 |
| CAMPO*PULV*DOSE | 5 | 899.444444 | 179.888889 | 0.294 | 0.9138 |
| erro | 48 | 29349.333333 | 611.444444 | | |
| Total corrigido | 71 | 239854.000000 | | | |
| CV (%) = | 14.91 | | | | |
| Média geral: | 165.8333333 | | Número de observações: | 72 | |

Tabela 9. Análise de variância referente à produtividade dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|--------------|------------------------|---------|--------|
| VASOS | 1 | 54912.181669 | 54912.181669 | 371.334 | 0.0000 |
| PULV | 1 | 12495.266719 | 12495.266719 | 84.497 | 0.0000 |
| DOSE | 3 | 11719.157556 | 3906.385852 | 26.416 | 0.0000 |
| VASOS*PULV | 1 | 6706.431602 | 6706.431602 | 45.351 | 0.0000 |
| VASOS*DOSE | 3 | 2782.843540 | 927.614513 | 6.273 | 0.0018 |
| PULV*DOSE | 3 | 1841.662623 | 613.887541 | 4.151 | 0.0136 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 1254.985273 | 418.328424 | 2.829 | 0.0540 |
| erro | 32 | 4732.094267 | 147.877946 | | |
| Total corrigido | 47 | 96444.623248 | | | |
| CV (%) = | 15.85 | | | | |
| Média geral: | 76.7389583 | | Número de observações: | 48 | |

Tabela 10. Análise de variância referente à Clorofila A dos ensaios 3 e 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-----------|------------|------------------------|--------|--------|
| VASOS | 1 | 8.161726 | 8.161726 | 4.293 | 0.0464 |
| PULV | 1 | 23.681276 | 23.681276 | 12.456 | 0.0013 |
| DOSE | 3 | 18.271321 | 6.090440 | 3.203 | 0.0362 |
| VASOS*PULV | 1 | 2.882670 | 2.882670 | 1.516 | 0.2272 |
| VASOS*DOSE | 3 | 18.329200 | 6.109733 | 3.214 | 0.0358 |
| PULV*DOSE | 3 | 5.153971 | 1.717990 | 0.904 | 0.4502 |
| VASOS*PULV*DOSE | 3 | 6.500658 | 2.166886 | 1.140 | 0.3479 |
| erro | 32 | 60.840318 | 1.901260 | | |
| Total corrigido | 47 | 143.821139 | | | |
| CV (%) = | 16.60 | | | | |
| Média geral: | 8.3046042 | | Número de observações: | 48 | |

Tabela 11. Análise de variância referente à Clorofila B do ensaio 3.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------|-------|--------|
| PULV | 1 | 25.752888 | 25.752888 | 7.473 | 0.0147 |
| DOSE | 3 | 64.989079 | 21.663026 | 6.286 | 0.0050 |
| PULV*DOSE | 3 | 8.223508 | 2.741169 | 0.795 | 0.5142 |
| erro | 16 | 55.140545 | 3.446284 | | |
| Total corrigido | 23 | 154.106022 | | | |
| CV (%) = | 30.56 | | | | |
| Média geral: | 6.0743750 | Número de observações: | | 24 | |

Tabela 12. Análise de variância referente à Clorofila B do ensaio 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------|--------|--------|
| PULV | 1 | 62.603860 | 62.603860 | 29.074 | 0.0001 |
| DOSE | 3 | 8.808147 | 2.936049 | 1.364 | 0.2896 |
| PULV*DOSE | 3 | 56.648367 | 18.882789 | 8.769 | 0.0011 |
| erro | 16 | 34.451806 | 2.153238 | | |
| Total corrigido | 23 | 162.512180 | | | |
| CV (%) = | 19.11 | | | | |
| Média geral: | 7.6770000 | Número de observações: | | 24 | |

Tabela 13. Análise de variância referente à Clorofila Total do ensaio 3.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|-----------|-------|--------|
| PULV | 1 | 94.406667 | 94.406667 | 8.491 | 0.0101 |
| DOSE | 3 | 194.599554 | 64.866518 | 5.834 | 0.0068 |
| PULV*DOSE | 3 | 11.890061 | 3.963354 | 0.356 | 0.7852 |
| erro | 16 | 177.902152 | 11.118885 | | |
| Total corrigido | 23 | 478.798433 | | | |
| CV (%) = | 22.54 | | | | |
| Média geral: | 14.7913333 | Número de observações: | | 24 | |

Tabela 14. Análise de variância referente à Clorofila Total do ensaio 4.

| FV | GL | SQ | QM | Fc | Pr>Fc |
|-----------------|------------|------------------------|------------|--------|--------|
| PULV | 1 | 103.057137 | 103.057137 | 23.412 | 0.0002 |
| DOSE | 3 | 8.919786 | 2.973262 | 0.675 | 0.5796 |
| PULV*DOSE | 3 | 100.474829 | 33.491610 | 7.609 | 0.0022 |
| erro | 16 | 70.428931 | 4.401808 | | |
| Total corrigido | 23 | 282.880683 | | | |
| CV (%) = | 13.48 | | | | |
| Média geral: | 15.5690417 | Número de observações: | | 24 | |