

## Avaliação de pontas e volumes de pulverização na aplicação de fungicida na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)

Nozzle and spray volume evaluation on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) fungicide application

J.P.A. Rodrigues da Cunha<sup>1</sup>, R.A.M. Silva<sup>2</sup> e J.J. Olivet<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, Sala 4C125, Uberlândia-MG, Brasil. <sup>2</sup>Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil. <sup>3</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de La Republica, Montevideo, Uruguay.

### Resumo

A correta tecnologia de aplicação de fungicida pode auxiliar a eficácia de controle das doenças da soja. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes pontas e volumes de pulverização no controle químico da ferrugem asiática da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 2) + 1: quatro pontas de pulverização (jato plano defletor, jato plano defletor duplo, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor e jato cônico vazio), dois volumes de pulverização (130 e 200 L.ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional que não recebeu fungicida (testemunha). Foram avaliados: severidade de ferrugem, massa de 1000 grãos, produtividade e deposição de calda, por meio da técnica de espectrofotometria. De acordo com os resultados, pôde-se concluir que a produtividade da cultura da soja não foi influenciada pelo emprego das diferentes pontas. A uniformidade de distribuição do fungicida proporcionada pelas pontas avaliadas no dossel da soja foi baixa. É preciso buscar estratégias que incrementem essa deposição, principalmente na parte inferior da cultura. O volume de aplicação de 200 L.ha<sup>-1</sup> proporcionou maior deposição nas folhas do que o volume de 130 L.ha<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** tecnologia de aplicação, bicos de pulverização, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*.

## Abstract

The fungicide application technology may contribute to improve the soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) disease control. Therefore, the aim of this research was to evaluate different nozzles and spray volumes in the chemical control of Asian soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow). A complete-randomized block design with four replications was used, in a factorial model  $(4 \times 2) + 1$ : four spray nozzles (flat fan deflector nozzle, twin flat fan deflector nozzle, twin adapter with two flat fan deflector nozzles and hollow cone nozzle), two spray volumes (130 and 200 L.ha<sup>-1</sup>) and the control (non-treated plot). The Asian rust severity, 1000-grain mass, soybean yield and spray deposition on the plant canopy, using spectrophotometer technique, were evaluated. The results showed that the yield was not affected by the use of different spray nozzles. The fungicide distribution uniformity on the plant canopy was low. It is necessary to find strategies to increase the deposition, mainly at the bottom part of the soybean canopy. The application volume of 200 L.ha<sup>-1</sup> provided higher retention of fungicide than the volume of 130 L.ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** application technology, spray nozzle, *Glycine max*, *Phakopsora pachyrhizi*.

## Introdução

A ferrugem asiática da soja (*Glycine max* (L.) Merrill), causada por *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow, é a principal enfermidade que ocorre nesta cultura. Ela pode provocar redução de rendimento de até 75%, principalmente em áreas onde o controle não é executado ou o é, mas de forma tardia (Balardin *et al.*, 2005). A doença tem ocorrido há décadas no Oriente Asiático e na Austrália, e nos últimos anos, tem se dispersado pelas Américas e África (Pivonia e Yang, 2004).

A falta de cultivares de soja resistente à ferrugem tem feito com que o uso de fungicidas tenha crescido (Yorinori *et al.*, 2005). De maneira geral, há no mercado mundial diversas moléculas fungicidas com boa eficácia no controle da doença, no entanto, o que se vê no campo é uma

## Introduction

Asian rust caused by *Phakopsora pachyrhizi* H. Sydow & Sydow is the main disease presented in soybean crop (*Glycine max* (L.) Merrill). It might cause a reduction in the performance of even 75%, especially in areas where the control is not executed or is done belatedly (Balardin *et al.*, 2005). The disease has been produced in the East of Asia and Australia, and in the last years it has spread through all America and Africa (Pivonia and Yang, 2004).

The lack of resistant cultivars to control this disease has increased demand for fungicide use (Yorinori *et al.*, 2005). In general, there are some molecules in the worldwide market with a good efficiency in the control of the disease, however, what is seen in the field is a huge difficulty in the

grande dificuldade no manejo da doença. Uma das causas está relacionada à falta de tecnologia adequada para a aplicação do fungicida. De acordo com Cunha *et al.* (2008), a cobertura do dossel da soja proporcionada pela aplicação de fungicida em geral é baixa, principalmente na parte inferior, resultando em controle ineficiente, mesmo com produtos sistêmicos. Ainda de acordo com os autores, é necessário estudar novas estratégias que incrementem a deposição na parte inferior do dossel.

Neste contexto, a indústria de pontas de pulverização tem lançado no mercado novos produtos com o intuito de melhorar a tecnologia de aplicação (Cunha e Peres, 2010). Recentemente, foram lançadas as pontas de jato plano defletor duplo e o corpo de bico duplo para colocação de duas pontas de pulverização com angulação de 90°. Ambas produzem um jato para frente e outro para trás, com o objetivo de melhorar a penetração.

Nos pulverizadores hidráulicos as pontas representam um dos principais componentes (Viana *et al.*, 2009). Segundo Sidahmed (1998), elas têm como funções: fragmentar o líquido em pequenas gotas, distribuir as gotas em uma determinada área e controlar a saída de líquido por unidade de área. O tamanho e a energia contida na gota, características de cada modelo de ponta, são diretamente responsáveis pela sua capacidade de penetração. Assim, é preciso combinar a segurança das gotas grossas com a eficácia biológica das gotas finas. A prevenção da deriva também deve ser sempre levada em conta nas aplicações de agrotóxicos (Guler *et al.*, 2007).

handle of the disease. One of the reasons has to be with the lack of adequate technology for the application of fungicides. According to Cunha *et al.* (2008) the deposition on the soybean canopy provided by fungicide application is generally low, especially in the bottom part of the canopy, which results in inefficient control, even with systemic products. Also, according to the authors, it is necessary to study new strategies that increment the deposition in the bottom part of the canopy.

In this context, the spray nozzle manufacturers have launched new products in the market with the aim of improving the application technology (Cunha and Peres, 2010). Recently, were let to know the twin flat fan deflector nozzle and the twin adapter for the collocation of two nozzles with angle of 90°. Both produce two spray jets, with the aim of improving the penetration.

The spray nozzles represent an important component in hydraulic sprayers (Viana *et al.*, 2009). According to Sidahmed (1998), these have the following functions: to break the liquid in small droplets, to distribute the droplets in a determined area and to control the liquid volume per area unit. The size and energy content in the droplets are characteristics of every nozzle model, and are directly responsible of its capacity to penetrate, therefore, it is necessary to combine the security of coarse droplets with the biological efficiency of fine droplets. Drift prevention should also be taken into account in the application of pesticides (Guler *et al.*, 2007).

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de diferentes pontas e volumes de pulverização no controle químico da ferrugem asiática da soja (*Glycine max* (L.) Merrill).

## Material e métodos

O presente trabalho foi realizado em área experimental pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Realizou-se a semeadura direta da cultivar de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) BRS Valiosa RR (ciclo médio), utilizando-se espaçamento entre fileiras de 0,45 m e 11 plantas por metro linear.

O ensaio foi conduzido no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, em esquema fatorial  $(4 \times 2) + 1$ : quatro pontas de pulverização (jato plano defletor, jato plano defletor duplo, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor e jato cônico vazio), dois volumes de pulverização (130 e 200 L.ha<sup>-1</sup>) e um tratamento adicional que não recebeu fungicida (testemunha).

Foi utilizado um fungicida sistêmico do grupo químico estrobirulina+triazol, composto pela mistura de azoxystrobina + ciproconazole (200 g.L<sup>-1</sup> + 80 g.L<sup>-1</sup>), na dose de 300 mL.ha<sup>-1</sup> de produto comercial. A aplicação foi realizada utilizando-se um pulverizador costal de pressão constante (CO<sub>2</sub>), dotado de uma barra com quatro pontas espaçadas de 0,50 m. Com o uso das pontas de jato plano, empregou-se a pressão de 200 kPa e a velocidade de deslocamento de aproximadamente 4,0 km.h<sup>-1</sup>, para a

The aim of this research was to evaluate the use of different nozzles and spray volumes in the chemical control of Asian soybean rust.

## Materials and methods

This research was done at an experimental field of the “Universidade Federal de Uberlândia”, in Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. It was realized the direct sowed of *Glycine max* (L.) Merrill BRS Valiosa RR (mean cycle), with a distance among lines of 0.45 m and 11 plants per lineal meter.

A complete-randomized block design with four replications was used, in a factorial model  $(4 \times 2) + 1$ : four spray nozzles (flat fan deflector nozzle, twin flat fan deflector nozzle, twin adapter with two flat fan deflector nozzles and hollow cone nozzle), two spray volumes (130 and 200 L.ha<sup>-1</sup>) and the control (non-treated plot).

It was used a systemic fungicide of the chemical group estrobirulina + triazol, composed by the mixture of azoxystrobin + cyproconazole (200 g.L<sup>-1</sup> + 80 g.L<sup>-1</sup>) in a doses of 300 mL.ha<sup>-1</sup> of commercial product. Treatments were applied with a CO<sub>2</sub>-pressurized backpack sprayer with a boom of four nozzles spaced 0.5 m apart and boom height of 0.5 m. With the usage of the flat fan nozzles, it was used a pressure of 200 kPa and a travel speed of approximately 4.0 km.h<sup>-1</sup> to obtain an application volume of 200 L.ha<sup>-1</sup>, and 200 kPa and 6 km.h<sup>-1</sup> for a volume of 130 L.ha<sup>-1</sup>. With the hollow cone nozzle, it was used 400 kPa of pressure and 3.8 km h<sup>-1</sup> for a volume of 200 L.ha<sup>-1</sup>, and 6.0 km h<sup>-1</sup> for a volume of de 130 L.ha<sup>-1</sup>. The travel speed was

obtenção do volume de pulverização de 200 L.ha<sup>-1</sup>, e 200 kPa e 6 km.h<sup>-1</sup>, para o volume de 130 L.ha<sup>-1</sup>. Com a ponta de jato cônico vazio, empregou-se 400 kPa de pressão e 3,8 km.h<sup>-1</sup>, para o volume de 200 L.ha<sup>-1</sup>, e 6,0 km.h<sup>-1</sup>, para o volume de 130 L.ha<sup>-1</sup>.

Foram utilizados quatro tipos de pontas de pulverização hidráulicas: jato plano defletor TT 110-02, jato plano defletor duplo TTJ60 110-02, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor QJ90-2XTT110-01 e jato cônico vazio MAG 2. De acordo com os fabricantes, na pressão empregada nesta avaliação, a primeira e a segunda apresentam espectro de gotas grosso, a terceira, médio, e a quarta, muito fino.

A velocidade de deslocamento foi determinada com auxílio de um passômetro e os manômetros foram previamente calibrados por meio de um manômetro padrão (Classe A4). A altura de aplicação em relação à cultura foi de 0,50 m.

O número e a necessidade de reaplicações foram determinados pelo estágio inicial em que foram detectadas as doenças e pelo efeito residual do produto. O fungicida foi aplicado três vezes, em intervalos de aproximadamente 21 dias. A primeira aplicação foi realizada no estágio R<sub>1</sub> (51 DAE), estando a soja com fechamento de 90% da área. Nesse estágio, a soja apresentava severidade de 2% de ferrugem nas folhas do terço inferior da cultura. Na parte superior ainda não havia sintomas da doença. A segunda aplicação foi realizada no estágio R<sub>3</sub> e a terceira, no estágio R<sub>6</sub>, ambas com fechamento total da cultura.

A avaliação da eficácia dos tratamentos no controle da ferrugem

determinada usando um pedômetro e as bocanetas foram calibradas com um padrão de bocaneta (tipo A4).

Quatro tipos de pulverizadores hidráulicos foram usados: defletor de abanico plano TT 110-02, defletor de abanico plano duplo TTJ60 110-02, adaptador com dois defletores de abanico planos QJ90-2XTT110-01 e bico de cone oco MAG 2. De acordo com os fabricantes, com a pressão empregada, o primeiro e o segundo bicos apresentam gotas grosseiras, o terceiro, médio e o último, muito fino.

O número e a necessidade de novas aplicações foram determinados na fase inicial em que foi encontrada a doença e pelo efeito residual do produto. O fungicida foi aplicado três vezes a intervalos de aproximadamente 21 dias. A primeira aplicação foi realizada no estágio R<sub>1</sub> (51 dias após o surgimento das plântulas - DAE), quando as folhas da soja estavam cobrindo 90% da área. Nesta fase, a ferrugem asiática teve severidade de 2% na parte inferior do dossel e não foi visível na parte superior do dossel. A segunda aplicação foi realizada no estágio R<sub>3</sub> e a terceira aplicação no estágio R<sub>6</sub>; o dossel da soja cobriu completamente o solo nestas épocas.

A avaliação da eficácia dos tratamentos no controle da ferrugem da soja foi feita comparando a severidade da ferrugem e a massa de 1000 grãos e o rendimento em grãos em tratamentos com e sem fungicida. As avaliações de severidade da ferrugem da soja foram feitas aos estágios R<sub>3</sub> (68 DAE), R<sub>4</sub> (80 DAE) e R<sub>6</sub> (95 DAE). A escala diagramática de Godoy *et al.* (2006) foi usada para todas as avaliações. Dez plantas foram

da soja foi feita mediante a comparação da severidade da doença, da massa de 1000 grãos e da produtividade.

Foram realizadas três avaliações de severidade da ferrugem: a primeira aos 68 DAE (Estágio R<sub>3</sub>), a segunda, aos 80 DAE (Estágio R<sub>4</sub>), e a terceira, aos 95 DAE (Estágio R<sub>6</sub>). Para tal, utilizou-se a escala diagramática proposta por Godoy *et al.* (2006). Na avaliação, marcaram-se dez plantas, escolhidas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, três folhas: uma na parte inferior, outra na parte intermediária e a terceira na parte superior da planta. As médias dessas avaliações constituíram a severidade média da doença.

Com os dados de severidade, procedeu-se à construção da curva de progresso e à determinação da área abaixo da curva de progresso da doença. Esta foi calculada pelo somatório das áreas trapezoidais.

A colheita foi realizada aos 122 DAE, sendo avaliada a massa de 1000 grãos e a produtividade, corrigidas para o conteúdo de água de 13% (b.u.).

Também foi conduzido um estudo de deposição da calda fungicida pulverizada, considerando as parcelas que receberam produto. Esse estudo foi realizado na terceira aplicação do fungicida (Estágio R<sub>6</sub>).

Para a avaliação dos depósitos, foi utilizado um traçador composto do corante alimentício azul brilhante (catalogado internacionalmente pela "Food, Drug & Cosmetic" como FD&C Blue n.1). O corante foi utilizado, junto à calda, na concentração de 1500 mg.L<sup>-1</sup> para volume de aplicação de 130 L.ha<sup>-1</sup>, e de 975 mg.L<sup>-1</sup> para volume de aplicação de 200 L.ha<sup>-1</sup>, sendo detecta-

arbitrariamente marcada em cada parcela, e três folhas por planta foram selecionadas: uma em cada uma das partes inferior, intermediária, e superior do dossel. A média dessas avaliações formou a severidade média da doença. A curva de progresso da doença foi feita com os dados de severidade de todas as datas de avaliação, e a área sob a curva de progresso (AUPC) foi estimada.

A soja foi colhida aos 122 DAE. O rendimento e a massa de 1000 grãos, corrigida para 13% de umidade, foram avaliados em uma área experimental de 9.0 m<sup>2</sup> (5.0 x 1.8 m), consistindo de quatro fileiras de 5 m de comprimento.

Além disso, um estudo de deposição do fungicida aplicado foi realizado, considerando as parcelas que receberam o produto. Este estudo foi realizado na terceira aplicação do fungicida (estágio R<sub>6</sub>).

Para a avaliação de deposição, foi utilizado um corante azul brilhante (catalogado pela comunidade FD&C azul N° 1). O traçador foi utilizado em uma concentração de 1.500 mg.L<sup>-1</sup> para a aplicação de 130 L.ha<sup>-1</sup> e 975 mg.L<sup>-1</sup> para 200 L.ha<sup>-1</sup>. Foi detectado por espectrofotômetro (foto-elétrico Biospectrum SP22 com lâmpada de tungstênio-halógeno).

Durante a aplicação, dez plantas foram selecionadas aleatoriamente em cada parcela e em cada planta, duas folhas foram coletadas: uma na parte superior e uma na parte inferior da planta. As folhas foram agrupadas de acordo com sua posição na planta e colocadas em sacos plásticos com 100 mL de água destilada, e agitadas por 30 s. Posteriormente, a quantificação do corante foi realizada por leitura de absorbância a 630 nm, usando

do por absorvância em espectrofotometria. Para tanto foi utilizado um espectrofotômetro (fotômetro fotoelétrico Biospectro SP22), com lâmpada de tungstênio-halogênio.

Após a pulverização, foram marcadas dez plantas ao acaso em cada parcela e, em cada planta, dois folíolos centrais foram recoletados: um na parte superior e outro na parte inferior da planta. Os folíolos foram, então, agrupados por posição na planta e colocados em recipientes plásticos adicionando-se 100 mL de água destilada. Esses recipientes foram fechados e agitados por 30 s. Posteriormente, foi feita a quantificação da coloração por absorvância em 630 nm (faixa de detecção do corante azul utilizado), com o uso do espectrofotômetro, conforme metodologia apresentada por Palladini *et al.* (2005). Os folíolos tiveram sua área medida através do programa de análise de imagens "Image Tool", após serem digitalizadas com resolução espacial de 600 dpi não interpolados, com cores em 24 bits.

Com o uso das curvas de calibração, obtida por meio de soluções-padrão, os dados de absorvância foram transformados em concentração ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) e, de posse da concentração inicial da calda e do volume de diluição das amostras, determinou-se o volume retido no alvo; procedeu-se, então, à divisão do depósito total pela área foliar de remoção obtendo-se, assim, a quantidade em  $\mu\text{L cm}^{-2}$  de folha.

Durante as aplicações do fungicida, foram monitoradas as condições ambientais de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras

the spectrophotometer, according to the methodology of Palladini *et al.* (2005). The area of the leaves was measured using the image analysis software "Image tool", after being scanned with a spatial solution of 600 dpi non interpolated, with 24 bit color.

With the use of calibration curves obtained by pattern solutions, the absorption data was transformed to concentration ( $\text{mg.L}^{-1}$ ). With the initial concentration of the mix and the dilution quantity of samples, it was determined the retained volume and calculated the total of the deposition per leaf area ( $\mu\text{L.cm}^{-2}$  of leaf).

During the fungicide application, the environmental conditions of temperature, relative humidity and wind velocity were monitored.

Deposition data were submitted to analysis of variance and averages were compared by the Tukey test at 5% probability. Rust severity and soybean 1000-grain mass and yield data were submitted to analysis of variance, and averages of fungicide treatments were compared among themselves using the Tukey test at 5% probability, and with the control using the Dunnett test at 5% probability. The computer statistical software SAEG 9.0 was used.

## Results and discussion

Temperature, relative humidity and wind velocity were favorable for the application of fungicide: the temperature was under  $29^{\circ}\text{C}$ , the relative humidity was superior to 62% and the wind velocity from 3 to  $7 \text{ km.h}^{-1}$ .

In table 1, the spray volume retained on the upper and bottom parts

de cinco metros de comprimento, apresentando 9,0 m<sup>2</sup> (5,0 x 1,8 m).

Os dados de deposição foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro. Os dados de severidade de ferrugem, massa de 1000 grãos e produtividade foram submetidos à análise de variância, e as médias das parcelas tratadas com fungicidas, quando pertinente, foram comparadas entre si, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade, e com a testemunha, utilizando-se o teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Empregou-se o programa computacional estatístico SAEG 9.0.

## Resultados e discussão

A temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento foram favoráveis, durante as aplicações do fungicida: temperatura inferior a 29°C, umidade relativa superior a 62% e velocidade do vento entre 3 e 7 km h<sup>-1</sup>.

No Quadro 1, é apresentado o volume de calda retido nas partes superior e inferior do dossel da soja, após a aplicação do fungicida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação. A interação entre os fatores ponta e volume não foi significativa, indicando a independência entre eles. Na posição superior e inferior não houve diferença entre as quatro pontas avaliadas, no entanto, o volume de pulverização de 200 L.ha<sup>-1</sup> proporcionou maior deposição de calda. Apesar das pontas avaliadas apresentarem espectro de gotas diferentes, nenhuma delas apresenta grande potencial anti-deriva, como por exemplo as de indução de

of soybean canopy after the application of fungicide with different nozzles and two spray volumes is presented. The interaction among the factors was not significant, which indicates the independence among them. In the upper and bottom position of the plant, there were not differences among the four evaluated nozzles; however, the spray volume of 200 L.ha<sup>-1</sup> provided a higher deposition on the plant. Even though the nozzles presented different droplet spectrum, neither of them had low drift potential, as the droplet spectrum of the air induction nozzles. This might have contributed to the results found.

Antuniassi *et al.* (2004) and Cunha *et al.* (2006), evaluated the deposition promoted by different nozzles, finding a higher coverage of the soybean canopy when employed fine droplets. The small droplets promoted a higher coverage due to the ability of penetrating in the canopy.

According to Cunha *et al.* (2006) there is also a higher retention of the spray in the bottom part of the canopy with a water volume of 160 L.ha<sup>-1</sup> compare to a volume of 115 L.ha<sup>-1</sup>. It is expected that a higher application volume increase the deposition at a certain point, after which, the surface cannot longer retain the liquid, generating the run-off, which is not desirable.

In table 2, the percentage difference among the volume retained in the upper and bottom parts of the canopy in relation to the retained volume on the upper position is shown. This indicates the uniformity of the spray deposition among the two analyzed positions. There were not

**Quadro 1. Volume de calda retido na folhagem da cultura da soja ( $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$  de folha) nas partes superior e inferior do dossel, após a aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação.**

**Table 1. Volume of retained water for the soy foliage ( $\mu\text{L}\cdot\text{cm}^{-2}$  leave) in the superior and inferior part of the canopy, after the application of fungicides with different nozzles, with two volume of applications.**

Ponta	Posição superior Volume de aplicação ( $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ )			Posição inferior Volume de aplicação ( $\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$ )		
	200	130	Média	200	130	Média
TT 110-02	1,12	0,70	0,91a	0,85	0,29	0,57a
TTJ 110-02	0,91	0,74	0,83a	0,45	0,38	0,42a
QJ90-2XTT110-01	1,06	0,85	0,96a	0,79	0,52	0,66a
MAG 2	1,13	0,92	1,03a	0,50	0,43	0,47a
Média	1,06A	0,80B		0,65A	0,41B	
CV (%)		8,9			12,9	

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

ar que possuem espectro de gotas grosso a muito grosso. Isso pode ter contribuído para os resultados encontrados.

Antuniassi *et al.* (2004) e Cunha *et al.* (2006), avaliando a deposição promovida por diferentes pontas, constataram maior cobertura do dossel da cultura da soja quando se empregaram pontas com tamanho de gota menor do que as geradas por pontas com indução de ar. Essas promoveram baixa cobertura do alvo em virtude da dificuldade de penetração no dossel pelas gotas grossas.

Ainda de acordo com Cunha *et al.* (2006), também foi encontrado maior retenção de calda na parte infe-

significant differences among the nozzles and the spray volumes. The deposition in the upper part was in average of 44% superior to the bottom, which indicated a high non-uniformity of the distribution. Cunha *et al.* (2006) found a difference in the spray deposition among the upper and bottom part of 49% in soybean. The ideal would be a little difference, which would guarantee a more efficient application. However, there is not a limit value that divides an uniform deposition from a non-uniform.

The nozzles presented difficulty in the promotion the transposition of the barrier imposed by leaves for the spray jet. Not even hollow cone nozzle,

rior do dossel com volume de calda de 160 L.ha<sup>-1</sup>, quando comparado ao volume de 115 L.ha<sup>-1</sup>. Espera-se que o incremento do volume de aplicação propicie aumento do volume de calda retido até certo ponto, a partir do qual a superfície não mais retém o líquido, passando a ocorrer o escorrimento, o que não é desejável.

No Quadro 2, é mostrada a diferença percentual de volume retido entre as posições superior e inferior do dossel da cultura da soja em relação ao volume retido na posição superior. Esse dado indica a uniformidade de deposição da calda entre as duas posições analisadas. Não houve

that has a fine droplet spectrum, was able to reduce the difference in the deposition, which proves that technologies such air assistance and electrostatic spray must be studied to improve the efficiency of the applications.

Boschini *et al.* (2008) also showed that the spray deposition in the bottom part of the soybean variety CD 202 was significantly lower than the obtained in the upper part, independently from the nozzle and the volume used.

In table 3, a summary of the variance analysis of the soybean yield, 1000-grain mass and area under the progress curve (AAP) of rust is

**Quadro 2. Diferença percentual de volume retido entre as posições superior e inferior do dossel da cultura da soja em relação ao volume retido na posição superior, após a aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação.**

**Table 2. Percentage difference of retained volume among the superior and inferior part of the soy's canopy in relation to the retained volume of the superior part, after the application of fungicides with different nozzles with two spray volume.**

Ponta	Diferença percentual		
	Volume de aplicação (L.ha <sup>-1</sup> )		Média
	200	130	
TT 110-02	24,11	58,57	41,34a
TTJ 110-02	50,55	48,65	49,60a
QJ90-2XTT110-01	25,47	38,82	32,15a
MAG 2	55,75	53,26	54,51a
Média	38,97A	49,83A	
CV (%)	16,6		

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

diferença significativa entre pontas e volumes de calda. A deposição na parte superior foi, em média, 44% superior à parte inferior, o que indica uma alta desuniformidade de distribuição. Cunha *et al.* (2006) encontraram uma diferença de deposição de pulverização entre a parte superior e inferior da soja de 49%. Segundo os autores, o ideal seria que não existisse esta diferença, ou que ela fosse bastante reduzida, o que asseguraria uma aplicação mais eficiente. Contudo, não há um valor limite que separe uma deposição uniforme de uma desuniforme.

As diversas pontas empregadas tiveram dificuldade em promover a transposição da barreira imposta pelas folhas ao jato de pulverização. Nem mesmo a ponta de jato cônico vazio, que apresenta espectro de gotas muito fino, foi capaz de reduzir essa diferença de deposição, o que demonstra que tecnologias como a assistência de ar na barra ou a energização das gotas (pulverização eletrostática) devem ser estudadas para melhorar a eficiência das aplicações.

Boschini *et al.* (2008) também mostraram que as deposições de calda ocorridas no terço inferior da cultivar de soja CD 202 foram significativamente inferiores às obtidas no terço superior, independentemente da ponta e da vazão utilizada.

No Quadro 3, tem-se o resumo da análise de variância da produtividade da soja, da massa de 1000 grãos e dos dados de área abaixo da curva de progresso (AACP) da ferrugem, em função da aplicação de fungicida com diferentes pontas e volumes de calda. Com relação a pontas e volumes, nota-se que apenas

presented, regarding the fungicide application with different nozzles and spray volumes. It was found that only nozzles, considering the AACP, had significance in the mean square. The other variables were not statistically significant showing that the yield and 1000-grain mass were not affected by the nozzles and the volumes.

In table 4, the comparisons among the treatments with fungicide and the control are shown. The AACP of Asian rust in the plots treated was lower than the obtained in the control, as well as the 1000-grain mass and yield were also higher than the control. This showed the rust control obtained with the fungicide, in the evaluated conditions.

In average, the yield of treated plots was 224% higher than the control. Fungicides of the estrobirulinas group have been used with success to control Asian soybean rust (Navarini *et al.*, 2007). The high severity of rust in the vegetative phase caused the premature fall of leaves, which reduced the foliar area for the photosynthesis, consequently, reducing the yield.

In table 5, the effect of the volume and the spray nozzles in AACP of rust are shown. The interaction among the factors nozzles and application volume was not significant. The flat fan deflector nozzle promoted a higher control of rust, but it was not different with the hollow cone nozzle and the twin adapter. With the twin flat fan deflector nozzle, the rust severity was higher. These differences in relation to the rust severity were not enough to influence in the yield, since they did not vary significantly in function of the nozzles used.

**Quadro 3. Resumo da análise de variância da produtividade da soja, da massa de 1000 grãos e dos dados de área abaixo da curva de progresso (AACP) da ferrugem, em função da aplicação de fungicida com diferentes pontas e volumes de calda.**

**Table 3. Abstract of the variance analysis of the soy's productivity, biomass of 1000 seeds and the area under the progress curve of the disease (AACP), in function of the application of fungicides with different nozzles and spray volumes.**

Fontes de variação	GL	AACP da ferrugem	Massa de 1000 grãos	Produtividade
Pontas	3	*	ns	ns
Volume	1	ns	ns	ns
Volume x Ponta	3	ns	ns	ns
Fatorial x Testemunha	1	*	*	*
CV (%)		21,69	7,04	14,46

\*Quadrado médio significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F. ns – não significativo.

para a fonte de variação ponta, considerando a AACP da ferrugem, houve significância do quadrado médio. Para as demais variáveis, não houve significância, o que mostra que a produtividade e a massa de 1000 grãos não foram influenciadas pela variação das pontas e volumes empregados.

No Quadro 4, tem-se a comparação entre os tratamentos que receberam fungicida e a testemunha. A AACP da ferrugem nas parcelas tratadas foi inferior à obtida na testemunha, bem como a massa de 1000 grãos e a produtividade foram superiores também em relação a testemunha. Isso mostra o controle da ferrugem obtido pelo fungicida empregado nas condições avaliadas.

Em média, a produtividade das parcelas tratadas foi 224% superior à obtida na testemunha. Fungicidas do grupo das estrobirulinas têm sido utilizados com êxito para o controle da

These results might be explained through the analysis of deposition information. In all treatments, there was a low uniformity in the spray deposition, without influence of the used nozzle for the foliage coverage. The fact of working with favorable weather conditions, and systemic fungicide during the application, has to be corroborated by the results presented. The liquid pressure used with hollow cone nozzle is another possibility for the non differentiation of the treatments. Even when, it was inside the recommended limits by the manufacturer, it was found in the inferior limit, however, there is a possibility of a different behavior in relation to the canopy coverage when higher pressures are used, close to 2000 kPa (superior limit of usage established by the manufacturer).

In a research done by Cunha et al. (2005), there was not influence of

**Quadro 4. Efeito do tipo de ponta de pulverização e do volume de calda, utilizados na aplicação de fungicida, na área abaixo da curva de progresso (AACP) da ferrugem e na produtividade da soja.**

**Table 4. Effect of the type of nozzle and the application volume of fungicides in the area under the progress curve of the disease (AACP) of *Glycine max* (L.) Merrill.**

Tratamento Ponta	Volume de aplicação (L.ha <sup>-1</sup> )	AACP da ferrugem	Massa de 1000 grãos (g)	Produtividade (kg.ha <sup>-1</sup> )
TT 110-02	200	867,95*	139,97*	2034,71*
TTJ 110-02	200	1334,95*	135,76*	2279,73*
QJ90-2XTT110-01	200	1008,45*	140,93*	2136,78*
MAG 2	200	1256,77*	134,54*	2318,48*
TT 110-02	130	731,76*	139,90*	2582,26*
TTJ 110-02	130	1127,03*	136,68*	2500,94*
QJ90-2XTT110-01	130	643,16*	148,03*	2907,12*
MAG 2	130	1166,99*	128,08*	2274,93*
Testemunha		1755,58	115,72	733,96

As médias seguidas por um asterisco diferem significativamente da testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett.

ferrugem asiática (Navarini *et al.*, 2007). A alta severidade de ferrugem ainda no estágio vegetativo provocou queda prematura das folhas, diminuindo a área foliar para fotossíntese, com conseqüente redução de produtividade.

No Quadro 5, é mostrado o efeito do volume e das pontas de pulverização na AACP da ferrugem. Nota-se que a interação entre os fatores ponta e volume de aplicação não foi significativa. A ponta de jato plano defletor promoveu melhor controle da ferrugem, porém não se diferenciou das pontas de jato cônico vazio e do corpo duplo com pontas de jato plano defletor. Com a ponta de jato plano defletor du-

the spray nozzle (standard flat fan, low-drift flat fan and hollow cone nozzles) used in the fungicide application for the control of diseases of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In a research done by Ozkan *et al.* (2006), the evaluation of different nozzles in the chemical control of Asian rust, found a superiority of the flat fan nozzles with medium droplet spectrum in relation to the twin flat fan and hollow cone, in the coverage of the soybean canopy. However, the yield was not available, so, it was not possible to prove if the difference in the spray deposition was enough to influence the yield.

It is observed that even though the nozzles and the spray volumes did

**Quadro 5. Área abaixo da curva de progresso (AACP) da ferrugem na cultura da soja, obtida após a aplicação de fungicida com diferentes pontas de pulverização, em dois volumes de aplicação.**

**Table 5. Area under progress curve of the disease (AACP) of *Glycine max* (L.) Merrill that was obtained after the application of fungicides with different nozzles with two spray volumes.**

Ponta	AACP da ferrugem		
	Volume de aplicação (L.ha <sup>-1</sup> )		
	200	130	Média
TT 110-02	867,95	731,76	799,85 <sup>b</sup>
TTJ 110-02	1334,95	1127,03	1341,27 <sup>a</sup>
QJ90-2XTT110-01	1008,45	643,16	825,80 <sup>ab</sup>
MAG 2	1256,77	1166,99	1211,88 <sup>ab</sup>
Média	1172,03 <sup>a</sup>	917,24 <sup>a</sup>	

\*Médias seguidas por letras distintas maiúsculas, nas linhas, e minúsculas, nas colunas, diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade pelo teste F, e a 5% pelo teste de Tukey, respectivamente.

plo ocorreu a maior severidade da ferrugem. Essas diferenças encontradas em relação à severidade da ferrugem não foram suficientes para influenciar a produtividade, tendo em vista que a mesma não variou significativamente em função das pontas empregadas.

Esses resultados podem ser explicados analisando-se os dados de deposição. Em todos os tratamentos houve baixa uniformidade de distribuição, sem influência da ponta empregada na cobertura da folhagem. O fato de trabalhar com fungicida sistêmico e em condições climáticas favoráveis durante as aplicações também deve ter corroborado com os resultados apresentados. No caso do

not influence in the yield, the general quality of the applications was low in relation to the distribution uniformity. It is necessary to look for strategies that improve the spray deposition, especially in the bottom part of the crop.

## Conclusions

The soybean yield was not affected by different nozzles (flat fan deflector nozzle, twin flat fan deflector nozzle, twin adapter with two flat fan deflector nozzles and hollow cone nozzle) used in the fungicide application for the Asian rust control. The distribution uniformity of the fungicide provided by the nozzles in the soybean

emprego da ponta de jato cônico vazio, outra possibilidade para a não-diferenciação dos tratamentos foi a pressão empregada. Apesar de estar dentro do limite estipulado pelo fabricante, situa-se no limite inferior. Contudo, existe a possibilidade de haver um comportamento diferente em relação à cobertura da planta quando do uso de pressões mais elevadas, próximas de 2000 kPa (limite de uso superior indicado pelo fabricante).

Em trabalho realizado por Cunha *et al.* (2005), também não houve influência do tipo de ponta de pulverização (jato plano padrão, jato plano antideriva e jato cônico vazio) utilizada na aplicação de fungicida, no controle de doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Em trabalho realizado por Ozkam *et al.* (2006), avaliando diferentes pontas de pulverização no controle da ferrugem asiática, encontrou-se uma superioridade das pontas de jato plano, com espectro de gotas médio, em relação às de jato plano duplo e jato cônico vazio na cobertura do dossel da soja. No entanto, a produtividade da lavoura não foi avaliada, o que não permitiu verificar se a diferença de deposição entre as pontas foi suficiente para influenciá-la.

Percebe-se que, apesar das pontas e dos volumes de pulverização não terem influenciado a produtividade, a qualidade geral das aplicações avaliadas foi baixa, no que se refere à uniformidade de distribuição. É preciso buscar estratégias que incrementem a deposição, principalmente na parte inferior da cultura.

canopy was low. The use of fungicide allowed the control of Asian rust independently from the volume and the nozzle. The application volume of 200 L.ha<sup>-1</sup> provided a higher deposition in leaves than the volume of 130 L.ha<sup>-1</sup>.

## Acknowledgment

The authors acknowledge the financial support of the Brazilian agency FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais.

*End of english version*

---

## Conclusões

A produtividade da cultura da soja não foi influenciada pelas diferentes pontas (jato plano defletor, jato plano defletor duplo, corpo duplo com duas pontas de jato plano defletor e jato cônico vazio) empregadas na aplicação de fungicida para o controle da ferrugem asiática. A uniformidade de distribuição do fungicida proporcionada pelas pontas avaliadas no dossel da soja foi baixa. A utilização de fungicida permitiu o controle da ferrugem independentemente da ponta e do volume empregados. O volume de aplicação de 200 L.ha<sup>-1</sup> proporcionou maior deposição nas folhas pulverizadas do que o volume de 130 L.ha<sup>-1</sup>.

## Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro

que permitiu o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

## Literatura citada

- Antuaniassi, U.R., T.V. Camargo, M.A.P.O. Bonelli y E.W.C. Romagnole. 2004. Controle da ferrugem da soja através de aplicações aéreas e terrestres. pp. 92-95. En: Simpósio Internacional de Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. Terceira edição. Fepaf, Botucatu.
- Balardin, R.S., L. Navarini y L.J. Dallagnol. 2005. Epidemiologia da ferrugem da soja. pp.39-50. En: Juliatti, F.C., A.C. Polizel, O.T. Hamawaki (Eds.). Workshop brasileiro sobre ferrugem asiática. EDUFU, Uberlândia.
- Boschini, L., R.L. Contiero, E.K. Macedo Júnior y V.F. Guimarães. 2008. Avaliação da deposição da calda de pulverização em função da vazão e do tipo de bico hidráulico na cultura da soja. *Acta Scientiarum Agronomy (Maringá)* 30(2):171-175.
- Cunha, J.P.A.R., E.A.C. Moura, J.L. Silva Júnior, F.A. Zagoy F.C. Juliatti. 2008. Efeito de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. *Engenharia Agrícola (Jaboticabal)* 28(2):283-291.
- Cunha, J.P.A.R., E.F. Reis y R.O. Santos. 2006. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e de volume de calda. *Ciência Rural (Santa Maria)* 36(5):1360-1366.
- Cunha, J.P.A.R., M.M. Teixeira y R.F. Vieira. 2005. Avaliação de pontas de pulverização hidráulicas na aplicação de fungicida em feijoeiro. *Ciência Rural (Santa Maria)* 35(5):1069-1074.
- Cunha, J.P.A.R. y T.C.M. Peres. 2010. Influência de pontas de pulverização e adjuvante no controle químico da ferrugem asiática da soja. *Acta Scientiarum Agronomy (Maringá)* 32(4):597-602.
- Godoy, C.V., L.J. Koga y M.G. Canteri. 2006. Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity. *Fitopatologia Brasileira (Brasília)* 31(1):63-68.
- Guler, H., H.E. Zhu, R.C. Derksen, Y. Yu y C.R. Krause. 2007. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-flan nozzles. *Transaction of the ASAE (St. Joseph)* 50(3):745-754.
- Navarini, L., L.J. Dallagnol, R.S. Balardin, M.T. Moreira, R.C. Menegheti y M.G. Madalosso. 2007. Controle químico da ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sidow) na cultura da soja. *Summa Phytopathologica (Botucatu)* 33(2):182-186.
- Palladini, L.A., C.G. Raetano y E.D. Velini. 2005. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agrícola (Piracicaba)* 62(5):440-445.
- Pivonia, S. y X.B. Yang. 2004. Assessment of the potential year-round establishment of soybean rust throughout the world. *Plant Disease (Saint Paul)* 88:523-529.
- Ozkan, H.E., H. Zhu y R.C. Derksen. 2006. Evaluation of spraying equipment for effective application of fungicides to control asian soybean rust. *Asabe, St. Joseph. 9 p. ASAE Paper N.061161.*
- Sidahmed, M.M. 1998. Analytical comparison of force and energy balance methods for characterizing sprays from hydraulic nozzles. *Transactions of the ASAE (St. Joseph)* 41(3):531-536.
- Viana, R.G., L.R. Ferreira, J.R. Rosell, F. Solanelles, S. Planas, M.S. Machado y A.F.L. Machado. 2009. Deposition universal de líquido de las boquillas de doble abanico TTJ60-11004 y TTJ60-11002 en distintas condiciones operacionales. *Planta Daninha (Viçosa)* 27(2):397-403.
- Yorinori, J.T., W.M. Paiva, R.D. Frederick, L.M. Costamilan, P.F. Bertagnolli, G.E. Hartman, C.V. Godoy y J. Nunes Júnior. 2005. Epidemics of soybean rust (*Phakopsora pachyrhizi*) in Brazil and Paraguay. *Plant Disease (Saint Paul)* 89:675-677.