

Diferentes técnicas de pulverização sobre o depósito de gotas na cultura do trigo

Rafael de Souza Christovam¹, Carlos Gilberto Raetano¹, Leonardo Aparecido Inacio Leite², Evandro Pereira Prado³, Mário Henrique Ferreira do Amaral Dal Pogetto⁴

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus Botucatu, São Paulo, Brasil. E-mail: srchristovam@bol.com.br, raetano@fca.unesp.br

² JBS Biodiesel, Lins, São Paulo, Brasil. E-mail: inacioleite@gmail.com

³ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus Dracena, São Paulo, Brasil. E-mail: eprado@dracena.unesp.br

⁴ Dow AgroSciences, Crop Protection R&D, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: mfdalpogetto@dow.com

Recebido: 25/07/2017; Aceito: 19/01/2018

RESUMO

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), tem relevante importância no mundo. Ao longo dos tempos, com o surgimento de doenças, foram desenvolvidas pesquisas para buscar a melhor eficiência no controle desses patógenos. Para obter resultados de melhor eficiência em aplicação curativa de fungicidas, o presente trabalho objetivou avaliar técnicas de pulverização sobre o depósito de gotas nas folhas da cultura. Foram realizados dois experimentos na área experimental da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, sendo divididos em duas áreas: área de agricultura e área cascalheira. No Experimento I utilizou-se o esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições; foram dispostos três níveis de ar (0; 15; 29 km h⁻¹), dois volumes de pulverização (100 L ha⁻¹ e 200 L ha⁻¹). No Experimento II foram três níveis de ar (0; 15; 29 km h⁻¹) e dois ângulos diferentes de inclinação das pontas de pulverização em relação a cultura (0° e 30°). Nos estádios de segundo nó visível com 53 dias após semeadura (DAS) e emborrachamento completo 67 DAS foram realizadas pulverizações com fungicida triazol (tebuconazole). No Experimento I, na aplicação realizada aos 53 DAS, o tratamento com 200 L ha⁻¹ com 29 km h⁻¹ foi mais eficiente, para o Experimento II o melhor resultado foi obtido aos 67 DAS com ângulo de 30° e vento de 15 km h⁻¹. Com base no estudo realizado torna-se possível alcançar melhor controle curativo dos patógenos que possam se instalar na cultura.

Palavras-chave: tecnologia de aplicação, assistência de ar, ângulo de pulverização.

Different spraying techniques on the deposit of drops in wheat culture

ABSTRACT

Wheat (*Triticum aestivum* L.) has important importance in the world, with the appearance of diseases, there is also researching to seek the best efficiency in the control of these pathogens. To obtain better efficiency results in the curative application of fungicides, the present work aimed to evaluate spray techniques on the deposit of droplets on the leaves of the culture. Two experiments were carried out in the experimental area of FCA/UNESP - Campus de Botucatu, being divided into two areas: agriculture area and gravel area. Two experiments were performed in the 3 x 2 factorial scheme with four replicates in Experiment I: three air levels (0; 15; 29 km h⁻¹), two spray volumes (100 L ha⁻¹ and 200 L ha⁻¹). In Experiment II, there were three levels of air (0; 15; 29 km h⁻¹), and two different angles of inclination of the spray tips with respect to culture (0 ° and 30 °). In the second visible node stages with 53 days after sowing (DAS) and complete rubber production 67 DAS were sprayed with triazole fungicide (tebuconazole). In Experiment I, in the application to the 53 DAS, the treatment with 200 L ha⁻¹ with 29 km h⁻¹ was more efficient, for Experiment II the best result was obtained in the 67 DAS with angle of 30 ° and wind of 15 km h⁻¹. Based on the study we can obtain better ways of curative control of the pathogens that may come to install in the crop.

Key words: application technology, air Assistance, spray angle.

1. Introdução

A cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) é de grande relevância em todo mundo. O grão é formado por três partes: gérmen (rico em proteínas e lipídios), utilizado para ração animal; casca (rica em fibra, minerais e vitaminas) que se transforma em farelo; endosperma (amido) de onde se origina a farinha utilizada para panificação. O Brasil, um dos maiores produtores de grãos ainda não consegue suprir a necessidade do mercado interno com sua produção de trigo.

No Sul do Brasil, onde temos a maior produção nacional, o clima é muito instável, principalmente em relação à precipitação pluviométrica e temperatura. Esta região caracteriza-se pelo excesso hídrico e temperaturas altas durante o desenvolvimento dos cultivos de inverno contribuindo para a ocorrência e severidade de doenças, constituindo-se a principal causa da instabilidade das safras (NAVARINI; BALARDIN, 2012).

Essa produção pode ser afetada por vários fatores como doenças, as quais limitam ou comprometem a sua produção. As doenças que incidem na parte aérea, como as ferrugens, o oídio, as manchas foliares e da espiga podem causar prejuízos consideráveis, especialmente sob condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento de epidemias (SANTOS et al, 2011).

Os prejuízos são agravados quando várias doenças incidem simultaneamente na lavoura. Dados sobre danos causados por doenças na cultura do trigo são bastante variáveis, especialmente porque diversos fatores interferem no estabelecimento e desenvolvimento das epidemias, tais como: condições ambientais, maior ou menor suscetibilidade das cultivares, agressividade dos patógenos e época do início da infecção.

Com a instalação da doença há perda de produção; para minimizar tal perda é necessário que se realize aplicações curativas com fungicidas para controle da doença, contudo não basta apenas se escolher o melhor fungicida mas também o equipamento utilizado para que ocorra deposição mínima de defensivo no alvo a ser controlado (SARI et al., 2014).

Observa-se vários estudos sobre a aplicação curativa de fungicidas na cultura do trigo, porém, apenas no que se refere às diferentes pontas de aplicação. Poucos estudos relatam sobre a eficiência com a diminuição de volume de calda (Fiallos et al., 2011). Na tentativa de minimizar perdas e melhorar a eficiência de controle de agentes nocivos à cultura do trigo, o presente trabalho teve por objetivo comparar os depósitos da pulverização, com dois modelos de pontas, em diferentes níveis de ar junto à barra, com dois volume de calda e ângulos de posicionamento das pontas.

2. Material e Métodos

Os experimentos na cultura do trigo cv. IAC-370 foram conduzidos na área experimental da fazenda de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP) da FCA/UNESP – Campus de Botucatu, área didática do Departamento de Produção Vegetal, denominadas Agricultura e Cascalheira. A área de Agricultura está situada a 694 metros de altitude, sob as coordenadas geográficas 22° 41'33,5" de latitude Sul e 48°25'22,7" de longitude Oeste, com vento predominante na direção Leste para Oeste. A área Cascalheira está situada a 724 metros de altitude, com as coordenadas geográficas 22° 48'59,7" de latitude Sul e 48°25'38,2" de longitude Oeste, com vento predominante na direção Leste para Oeste.

A seleção do cultivar IAC-370, ocorreu pela sua adaptação na região de Botucatu-SP e ciclo de desenvolvimento médio 120 a 130 dias, proporcionando um tempo maior da cultura a campo.

Para a semeadura da cultura, utilizou-se o sistema de plantio direto, com espaçamento de 0,17 m entre linhas com 65 plantas por metro, 200 kg ha⁻¹ de adubo N P K (formula 8-28-16) e aos trinta dias após a germinação foi realizada adubação de cobertura com 100 kg ha⁻¹ uréia, fonte de nitrogênio. Adubações foram realizadas com base na análise de solo de ambas as áreas, atribuindo-se à elas a correção de solo exigida para a cultura.

Foram feitas duas aplicações fungicidas como controle curativo, nos estádios de desenvolvimento, 32 (segundo nó visível), aos 53 Dias Após Semeadura (DAS) e estádio 45 (emborrachamento completo), aos 67 DAS, com pontas de pulverização XR 110015 à 100 L ha⁻¹ e XR 11003 à 200 L ha⁻¹, espaçadas de 0,50 m e posicionadas a 0,50 m de altura do alvo. Para as aplicações foi utilizado fungicida com ingrediente ativo Tebuconazole 200 g/L, com dose de 0,6 L ha⁻¹ ou 120 g i.a ha⁻¹, juntamente com o corante alimentício Azul Brilhante em solução aquosa (0,15%). Para as aplicações o equipamento disponível para as aplicações foi o pulverizador de arrasto Advance Vortex 2000.

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-pulverizador foi 7 km h⁻¹. Optou-se pela ponta de jato plano XR 110015 e XR 11003 devido à compatibilidade da tecnologia utilizada com a estrutura do diâmetro mediano volumétrico (DMV) das gotas da pulverização; 198 µm e 241 µm respectivamente, e também ao volume de calda obtido na respectiva condição operacional. Durante a pulverização, as condições meteorológicas em ambas áreas estão apresentadas na Tabela 1.

Foram desenvolvidos dois experimentos distintos neste trabalho, sendo Velocidade do Ar x Volume de Calda e Velocidade do Ar x Ângulo de inserção das pontas de pulverização em relação à cultura, ambos desenvolvidos na Área da Agricultura e Cascalheira.

Tabela 1: Condições meteorológicas na área de Agricultura no momento das aplicações

DAS	Umidade relativa do ar (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)	Horário de aplicação (Horas)
53	70 - 75	19,5 - 21,2	2,3 - 2,5	8 - 10
67	68,3 - 69,5	18,5 - 21	5,5 - 7,5	8 - 10

No Experimento I foi avaliado Velocidade do AR x Volume de calda conduzido no delineamento de blocos distribuídos no esquema fatorial 3 x 2, três níveis de ar zero (sem ar), 15 e 29 km⁻¹ (velocidade máxima da rotação do ventilador) combinados a dois volumes de aplicação 100 e 200 L ha⁻¹ com 4 repetições sendo parcelas de 8,0 x 10,0 m.

No Experimento II foi avaliado, Velocidade do AR x Ângulo de inserção das pontas de pulverização nas barras. Conduzido no delineamento de blocos no esquema fatorial 3 x 2, três níveis de ar zero (sem ar), 15 e 29 km⁻¹, combinados a dois ângulos 0° e 30° com 4 repetições sendo parcelas de 8,0 x 10,0 metros.

Para avaliação de cada parcela foram selecionadas 20 plantas de trigo, cortadas rente ao solo, com auxílio de tesouras e colocadas, individualmente, em sacos plásticos devidamente identificados e acondicionados em caixa térmica (isopor) e encaminhado ao laboratório de Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas para a remoção do marcador e posterior medição da área foliar de cada planta em um medidor de área foliar de bancada LICOR, modelo LI-3100.

Em cada saco plástico, foram colocados 20 mL de água destilada e procedeu-se a agitação por 30 segundos visando a remoção do corante das plantas alvo. A solução de lavagem foi colocada em potes plásticos com capacidade de 50 mL e tampa de rosca, os quais foram mantidos à 8 ± 3°C até o momento da análise.

As leituras (absorbância) dos depósitos do marcador na solução de lavagem foram realizadas em espectrofotômetro UV – VIS, Shimadzu, modelo CP 1601, equipado com filtro no comprimento de onda de 630 nanômetros (nm), conforme método descrito por Palladini et al. (2005).

Para determinação da concentração (mg L⁻¹) dos depósitos foi confeccionada a curva padrão de

linearidade com a mesma solução aplicada a campo. A curva padrão de determinação da concentração do marcador na solução aplicada a campo foi determinada com modelo de regressão linear descrita como se segue:

$$\text{Abs} = \text{Abs água} + a \times C$$

onde, Abs = valor de leitura de absorbância; Abs água = valor de leitura de absorbância da água; a = coeficiente angular; e, C = concentração.

Portanto, a concentração (C) do produto depositado pode ser apresentado conforme a seguinte equação:

$$C = \frac{(\text{Abs} - \text{Abs água})}{a}$$

Ao considerar que a concentração de corante Azul Brillante na calda aplicada a campo foi de 1500 mg L⁻¹ para a transformação dos depósitos em microlitro (µL) foi utilizado a seguinte equação.

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

onde, C_i = concentração inicial do marcador na calda (mg L⁻¹); V_i = volume retido pelo alvo (µL); C_f = concentração detectada em densidade óptica (mg L⁻¹); V_f = volume de diluição da amostra de cada planta (µL).

3. Resultados e Discussão

Nas áreas da Agricultura e Cascalheira não houve influência da velocidade do ar sobre os depósitos da calda na planta (Tabelas 2 e 3, respectivamente), independente da época de pulverização (53 e 67 DAS). Na Tabela 4 observa-se nenhuma diferença significativa aos 53 DAS, entre os depósitos da pulverização de plantas tratadas com diferentes técnicas de pulverização (Tabela 4). Para os volumes de calda retidos na planta de trigo, somente houve influência desse fator com a pulverização realizada aos 53 DAS, com maiores depósitos para a pulverização realizada a 200 L ha⁻¹ em relação ao volume de 100 L ha⁻¹. Maiores volumes proporcionam maiores depósitos na mesma velocidade de aplicação, no entanto, os depósitos nas plantas-alvo não dependem apenas do equipamento aplicador, mas também da idade, do tipo da cultura, densidade, condição operacional e do tipo de ponta de pulverização (SARIET et al, 2014).

Tabela 2. Média dos depósitos da pulverização aos 53 e 67 dias após a semeadura, na Área da Agricultura.

Velocidade do Ar (km h ⁻¹)	Volume de calda (L ha ⁻¹)			
	53 DAS (µL cm ⁻²)		67 DAS (µL cm ⁻²)	
	100	200	100	200
0	0,2294 aA	0,4035 bA	0,2385 aA	0,2989 aA
15	0,2645 aA	0,5132 bA	0,2412 aA	0,3231 aA
29	0,3091 aA	0,5152 bA	0,2969 aA	0,3368 aA
CV %	18,47		21,97	
DMS Volume	0,10		0,09	
DMS Velocidade	0,12		0,11	

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

Tabela 3. Média dos depósitos da pulverização aos 53 e 67 dias após a semeadura, na Área da Cascalheira.

Velocidade do Ar (km h ⁻¹)	Volume de calda (L ha ⁻¹)			
	53 DAS (µL cm ⁻²)		67 DAS (µL cm ⁻²)	
	100	200	100	200
0	0,2217 aA	0,3454 bA	0,2242 aA	0,4200 bA
15	0,2450 aA	0,3613 bA	0,2583 aA	0,4291 bA
29	0,2790 aA	0,4069 bA	0,2661 aA	0,4825 bA
CV %	14,08		14,69	
DMS Volume	0,06		0,07	
DMS Velocidade	0,07		0,09	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabela 4. Média dos depósitos da pulverização aos 53 e 67 Dias Após a Semeadura, na Área da Agricultura

Velocidade do Ar (km h ⁻¹)	Ângulo de Pulverização			
	53 DAS (µL cm ⁻²)		67 DAS (µL cm ⁻²)	
	0°	30°	0°	30°
0	0,2107 aA	0,2763 aA	0,2552 aA	0,4531 bAB
15	0,2759 aA	0,2243 aA	0,2823 aA	0,5362 bB
29	0,2478 aA	0,2958 aA	0,2887 aA	0,4386 bA
CV %	26,15		12,75	
DMS Volume	0,09		0,07	
DMS Velocidade	0,12		0,08	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A necessidade de redução de custos operacionais e aumento da rapidez do tratamento utilizando-se volumes de aplicação cada vez menores, traz o desenvolvimento de novas tecnologias. O volume de calda depende do tipo de aplicação a ser realizado, das características do alvo e das condições ambientais. Observando-se o efeito do volume de aplicação com ponta de jato plano sobre a cobertura de alvos planos, nota-se um aumento significativo de cobertura quando o volume de aplicação utilizado passou de 100 para 200 L ha⁻¹.

Não houve diferença dos resultados obtidos na deposição da pulverização utilizando-se diferentes volumes (100 e 200 L ha⁻¹) aos 67 DAS. Tal fato pode ser devido à arquitetura da planta, pois aos 67 DAS a planta de trigo encontrava-se com maior índice de área foliar e porte maior (altura média de 62,2 cm), quando comparado aos 53 DAS (altura média de 35, 26 cm), obtendo-se maior penetração da pulverização nas plantas de trigo, facilitando o controle.

Dados semelhantes foram encontrados por Gulart et al (2013), que observaram o “efeito guarda-chuva”, onde as gotas tem maior barreira foliar, dificultando a aplicação do produto em todas as folhas das plantas, não atingindo o alvo por completo.

Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos, verificou-se que quanto maior o volume de calda utilizado na pulverização e velocidade do ar na barra de pulverização, maiores foram os valores de depósitos nas plantas de trigo, tanto para 53 DAS quanto para 67 DAS.

Na área Cascalheira, para avaliação realizada nos respectivos volumes de calda, observa-se aos 53 e 67 DAS maiores depósitos quando a pulverização foi realizada à 200 L ha⁻¹ em relação ao volume de 100 L ha⁻¹; valores estes que corroboram com a Tabela 2, referente aos resultados obtidos na Área da Agricultura.

Pode-se verificar que não houve diferença significativa, aos 53 DAS entre os depósitos da pulverização de plantas tratadas com diferentes técnicas de pulverização (Tabela 4). Aos 67 DAS, com ângulo na barra de pulverização a 30° houve incremento dos depósitos da pulverização nas diferentes velocidades de ar junto a barra de pulverização, especialmente com a velocidade de ar 15 km h⁻¹ obtendo-se depósitos superiores.

A angulação dos jatos de pulverização, combinada ao uso da assistência de ar podem otimizar os níveis dos depósitos da pulverização nas plantas, principalmente na parte inferior, onde com o auxílio do vento um maior espaço entre as folhas é alcançado evitando o efeito “guarda-chuva”, proporcionando melhor controle das doenças (CHRISTOVAM et al., 2010).

A arquitetura, o estágio de desenvolvimento das plantas, velocidade do ar, volume de aplicação e tamanho das gotas podem influenciar significativamente os níveis dos depósitos da pulverização, por isso devem ser avaliados para se obter sucesso nos controles.

As análises de variâncias do depósito de gotas de pulverização na junção de velocidade do ar e com diferentes ângulos de posicionamento das pontas de

aplicação em relação à cultura, estão dispostas na Tabela 5.

Para o experimento realizado na área da Cascalheira, após a realização das análises não foi observada nenhuma diferença significativa, aos 53 e 67 DAS, entre

os depósitos da pulverização em plantas tratadas com as diferentes técnicas de pulverização. Isto evidencia que não houve efeito da assistência de ar ou tampouco do ângulo da barra de pulverização sobre os níveis dos depósitos em plantas de trigo Tabela 6.

Tabela 5. Análise de variância dos depósitos da pulverização (Velocidade do Ar x Ângulo) aos 53 e 67 DAS na área da Agricultura e Cascalheira

Fator de Variação	G.L	53 DAS		67 DAS	
		Pr>Fc		Pr>Fc	
Área de Agricultura					
Velocidade	2	0,6800 NS		0,0738 NS	
Ângulo	1	0,4571 NS		0,0000 *	
Veloc. x Ângulo	2	0,1947 NS		0,1229 NS	
Erro	18				
Total corrigido	23				
CV%		26,15		12,75	
Média geral		0,2551		0,38	
Área de Cascalheira					
Velocidade	2	0,4142 NS		0,7107 NS	
Ângulo	1	0,4763 NS		0,2277 NS	
Veloc. x Ângulo	2	0,4536 NS		0,6931 NS	
Erro	18				
Total corrigido	23				
CV%		13,34		22,71	
Média geral		0,2419		0,2754	

Tabela 6. Média dos depósitos da pulverização (53 e 67 DAS) na Área da Cascalheira.

Velocidade do Ar (km h ⁻¹)	Ângulo da Barra de Pulverização			
	53 DAS (µL cm ⁻²)		67 DAS (µL cm ⁻²)	
	0°	30°	0°	30°
0	0,2349 aA	0,2252 aA	0,2719 aA	0,2734 aA
15	0,2404 aA	0,2475 aA	0,2372 aA	0,2905 aA
29	0,2360 aA	0,2675 aA	0,2691 aA	0,3099 aA
CV %	13,34		22,71	
DMS Ângulo	0,04		0,09	
DMS Velocidade	0,05		0,11	

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4. Conclusões

Para se alcançar maior produção, o controle das pragas e doenças deve ser realizado de maneira eficiente e com menor custo ao produtor. O uso de tecnologia nas aplicações se torna cada vez mais necessário e comum para que se alcance o alvo desejável.

Verifica-se que o controle curativo das doenças é possível desde que se utilize a melhor forma para a aplicação. Deve se considerar o desenvolvimento da planta, realizando-se aplicações no momento correto e melhores equipamentos que se destaquem no controle, diminuindo as perdas de produção.

O volume de calda que alcançou um melhor desempenho na deposição de gotas foi 200 L h⁻¹, tendo como adicional a cortina de ar uma melhor deposição. Combinado volume de calda e inserção de ar juntamente com uma angulação da ponta de pulverização observa-se maior deposição dos produtos no alvo.

Referências Bibliográficas

- CHRISTOVAM, R. S.; RAETANO, C. G.; AGUIAR JUNIOR, H. O.; DAL-POGETTO, M. H. A.; PRADO, E. P.; GIMENES, M. J.; KUNZ, V. L. Assistência de Ar em Barra Pulverização no Controle de Ferrugem Asiática na Soja, **Bragantia**, Campinas-SP, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.
- FIALLOS, F. R. G.; BOLLER, W.; FERREIRA, M. C.; DURÃO, C. F. Eficiência de fungicidas no controle de doenças foliares na cultura do trigo, em resposta à aplicação com diferentes pontas de pulverização, **Scientia Agropecuaria**, Trujillo - Peru, v. 2, n. 4, p. 229 - 237, 2011.
- GULART, C. A.; DEBORTOLI, M.; MADALOSO, M.; BALARDIN, R.; SANTOS, P. S.; CORTE, G. D.; LENS, G.; MARQUES, L. N. Espectro de Gotas de Pulverização e Controle de Doenças em duas Cultivares de Trigo, **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v. 43, n. 10, p. 1747-1753, 2013.
- NAVARINI, L.; BALARDIN, R.S. Doenças foliares e o controle por fungicidas na produtividade e qualidade de grãos

de trigo. *Summa Phytopathologica*, Botucatu-SP, v. 38, n. 4, p. 294-299, 2012.

PALLADINI, L. A.; RAETANO, C. G.; VELINI, E. D. Choice of tracers for the evaluation of spray deposits. *Scientia Agricola*, Piracicaba-SP, v. 62, n. 5, p. 440-445, 2005

SANTOS, H. A. A.; PRIA, M. D.; SILVA, O. C.; MIO, L. L. M. Controle de doenças do trigo com fosfíto e acibenzolar-s-metil isoladamente ou associados apiraclostrobina + epoxiconazole: *Ciências Agrárias*, Londrina-PR, v. 32, n. 2, p. 433-442, 2011.

SARI, B. G.; STEFANELLO, M. S.; LENZ, G.; COSTA, I. F. D.; ARRÚE, A.; AUGUSTI, G. R.; PES, M. P. Controle de Doenças Foliares em Trigo com Equipamentos de Pulverização de Baixo Volume de Aplicação. *Ciência Rural*, Santa Maria-RS, v. 44, n. 11, p. 1966-1972, 2014.