

Resumo

O experimento foi conduzido na safra agrícola 2007/2008 no município de Carambeí (PR) Brasil, Latitude 24° 55' 04" S, Longitude 50° 05' 50" O. O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes volumes de calda de pulverização e adjuvantes na aplicação aérea e terrestre de fungicida na cultura do milho. Os tratamentos foram compostos pela aplicação do fungicida do grupo químico Estrobilurina (Piraclostrobina) e Triazol (Epoconazol) com concentração 133/50 SC na dosagem de 0,7 L ha⁻¹ (93,1/35 i. a.) aplicado nas vazões de 10 e 20 L ha⁻¹ na aplicação aérea e 150 L ha⁻¹ via terrestre, e os adjuvantes testados foram: a) óleo vegetal retificado, b) óleo mineral adesivo e c) adjuvante sintético. Os principais resultados verificados foram que na pulverização aérea da cultura do milho a vazão de 20 L ha⁻¹ ocasiona espectro de gotas com características mais adequadas quanto ao diâmetro mediano volumétrico, penetração de gotas e potencial de risco de deriva, em relação a aplicação de 10 L ha⁻¹. É possível utilizar uma vazão intermediária (15 L ha⁻¹) como alternativa para aplicação de fungicidas na cultura. No espectro de pulverização, as gotas de maior diâmetro tendem a atingir as folhas do terço mediano e superior, e o terço inferior recebe gotas de menor diâmetro e em menor densidade por unidade de área em relação às folhas dos terços mais elevados na planta.

Palavras chave: aviação agrícola; gota; fungicida; *Zea mays* L.

Efeito de diferentes vazões e adjuvantes na pulverização aérea e terrestre da cultura do milho

*Sidnei Osmar Jadoski*¹; *Marcio Furlan Maggi*²;
*Carlos André Schipanski*³; *Jeferson Luis Rezende*⁴;
*Adriano Suchoronzcek*⁵

Efecto de diferentes caudales y adyuvantes en la pulverización aeroagrícola y terrestre del maíz

Resumen

El experimento se realizó en la temporada 2007/2008 en la ciudad de Carambeí (PR), Brasil, Latitud 24° 55' 04" S, Longitud 50° 05' 50" O. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de los volúmenes de aerosol diferentes adyuvantes y spray en la aplicación aérea y terrestre de fungicidas en maíz. Los tratamientos consistieron la aplicación del fungicida del grupo químico estrobilurinas (piraclostrobina) y triazol (epoconazol) con la concentración 133/50 SC en la dosis de 0,7 L ha⁻¹ (93,1 / 35 ia) aplicadas en las tasas de flujo de 10 y 20 L ha⁻¹ en la aplicación aérea y 150 L ha⁻¹ en la aplicación terrestre. Los adyuvantes de la prueba fueron: a) aceite vegetal rectificado, b) de aceite mineral adhesiva y c) adyuvante sintético. Las principales conclusiones fueron que en las pulverizaciones aéreas de maíz en un flujo de 20 L ha⁻¹ causa espectro de gotas con penetración más apropiada en relación con el diámetro del volumen mediano de las gotas y el riesgo potencial de deriva en comparado con la aplicación de 10 L ha⁻¹. Es posible utilizar una tasa de flujo intermedio (15 L ha⁻¹) como una alternativa a la aplicación de fungicidas en el cultivo. En el espectro, gotas de mayor diámetro tienden a alcanzar las hojas de la parte media y superior y el tercio inferior recibe gotas de menor diámetro y menor densidad por unidad de superficie, en relación a las hojas las partes superiores de la planta.

Palabras llave: aviación agrícola; gota; fungicida; *Zea mays* L.

Introdução

O milho é uma das principais culturas do agronegócio Brasileiro. Atualmente o desenvolvimento

das plantas na lavoura é cada vez mais ameaçado pelo aparecimento de doenças fúngicas, especialmente as consideradas como 'DFC' como referência as 'doenças de final de ciclo', as quais vêm merecendo cada vez

1 Eng. Agr. Dr. Prof. Adjunto. Depto de Agronomia, UNICENTRO, Universidade Estadual do Centro Oeste – Campus CEDETEG, Rua Camargo Varela de Sá, 03 Vila Carli - CEP 85040-080, Guarapuava - PR. Fone: (0xx42) 3629-8224, e-mail para correspondência: sjadoski@unicentro.br

2 Prof. Dr. Adjunto A. SISTEMAS BIOLÓGICOS E AGROINDUSTRIAS - SBA. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Unioeste. Rua Universitária, 2069 Bairro: Jardim Universitário Cascavel - Paraná CEP 85819-110 Fone: (45) 3220-3199 e-mail: marcio.maggi@unioeste.br

3 Eng. Agr. Setor de Defesa Vegetal. Fundação ABC Pesquisa e Des. Agropec. e-mai: andre@fundacaoabc.org.br

4 Admin. de Agronegócios. Especialista. Pesquisa autônoma. jreszende@almix.com.br

5 Acadêmico Agronomia. Universidade Estadual do Centro Oeste-UNICENTRO. Guarapuava-Pr. e-mail: adrianos@unicentro.br

mais atenção por parte dos pesquisadores.

Até meia década atrás, as principais medidas de controle de doenças fúngicas na cultura baseavam-se somente na aplicação de produtos preventivos como tratamento de semente, conforme Munkvold e Martinson (1997) que naquele ano salientaram que o controle químico de DFCs seria economicamente viável somente para lavouras de produção de sementes, milho pipoca e milho doce. Contudo, atualmente, as respostas da cultura ao tratamento por pulverização do dossel vegetativo como curativo ou como preventivo em função do alerta pela probabilidade de ocorrência de infecções por condições climáticas e mesmo pelo comportamento de suscetibilidade do híbrido tornam-se cada vez mais expressivas. Casa et al. (2006) descrevem a importância e viabilidade do controle de doenças fúngicas na cultura do milho, enfatizando a eficácia do controle químico com uso de fungicidas.

A tecnologia de aplicação utilizada para a pulverização da cultura é uma dos principais fatores para o sucesso do uso adequado de defensivos agrícolas. Um dos principais critérios a ser considerado são as características das gotas geradas pelo pulverizador, medidas junto ao alvo, no caso, em geral as folhas na altura desejada na planta. Para Faggion (2008) o espectro de gotas de um spray normalmente é estudado pelo seu diâmetro mediano volumétrico (DMV), amplitude relativa, dentre outros aspectos. Para o mesmo autor, estas avaliações são indispensáveis para que aplicação de agroquímicos por pulverização alcance os objetivos desejados.

Na pulverização terrestre convencional realizada com neblinas, em geral os volumes utilizados para fungicidas variam entre 120 e 160 L ha⁻¹, verificando-se raras exceções de produtores que praticam vazões mais baixas, existindo, por outro lado, os que acreditam que os melhores resultados para fungicidas sejam alcançados com aplicação de elevados volumes de caldas, muitas vezes superiores a 200 L ha⁻¹ para lavouras de milho ou ainda mais elevados, conforme descrevem Jadoski et al. (2009) para outras culturas, como a batata, por exemplo. Em equipamentos terrestres, os bicos de pulverizadores produzem neblinas com gotas de tamanhos muito variados entre si.

No caso da aplicação aérea, as aeronaves agrícolas tendem atualmente a serem equipadas com atomizadores rotativos, que permitem a aplicação de neblinas com menores vazões, e dentro de dados limites, um maior controle do tamanho das gotas a serem pulverizadas. Nos sistemas que aplicam baixos volumes de caldas como no caso da pulverização aérea, com volumes entre 10 e 40 L ha⁻¹, devem ser adicionados obrigatoriamente como veículo produtos derivados de óleos vegetais, ou óleos minerais ou mesmo sintéticos, como adjuvantes visando minimizar a evaporação dos ingredientes ativos. Para Womac (1997), a aplicação de volume de pulverização reduzido requer gotas com menor diâmetro visando melhor espectro de cobertura da cultura, entretanto, estas necessitam ser protegida por um adjuvante visando manter suas características como gota, até atingirem o alvo e serem absorvidas.

O objetivo da pesquisa foi avaliar o efeito de diferentes volumes de calda de pulverização e adjuvantes na aplicação aérea e terrestre de fungicida na cultura do milho.

Metodologia

A pesquisa foi desenvolvida em área da Fazenda Algibeira no município de Carambeí (PR). O local se apresenta em Latitude 24° 55' 04" S, Longitude 50° 05' 50" O, altitude 1020 metros. A precipitação pluvial anual média é de 1560 mm, sendo que a temperatura média anual é de 17,6 °C. As médias mensais de temperatura e precipitação pluvial para outubro, novembro, dezembro, janeiro são de 18 °C, 19 °C, 20 °C, 21 °C e 140, 120, 140 e 160 mm, respectivamente.

O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico textura argilosa a proeminente álico, fase campo subtropical com relevo suave ondulado. A semeadura foi realizada em sistema de semeadura direta sobre restos da cultura de aveia preta dessecada vinte dias anterior ao plantio.

O milho híbrido P30F53 foi semeado na data de 30 de setembro de 2007 com espaçamento de 0,80 m entre linhas resultando em população de aproximadamente 65 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base constou de 300 kg ha⁻¹ de NPK formulação 14-34-00 + Zn e foram aplicados 250 kg ha⁻¹ de NPK

formulação 36-00-12 em cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas.

Os tratamentos foram compostos pela aplicação do fungicida [OPERA[®]] do grupo químico Estrobirulina (*Piraclostrobina*) e Triazol (*Epoxiconazol*) com concentração e ingrediente ativo (i. a.) 133/50 SC na dosagem de 0,7 L ha⁻¹ (93,1/35 i. a.) em formulação susp/emulsão, acompanhado de diferentes adjuvantes sendo: a) Óleo vegetal retificado [Agróleo[®]], b) óleo mineral adesivo [OPPA[®]] e c) adjuvante sintético composto de sal de álcool graxo etoxilado sulfatado em solução aquosa + alcanolanidas de ácidos graxos [TA35[®]], utilizados nas vazões de 10 e 20 L ha⁻¹, exceto óleo mineral, que devido à dificuldades de operação no momento da aplicação, não foi testado na vazão de 20 L ha⁻¹.

Os sistemas de tecnologia de aplicação utilizados foram: a) terrestre no dia 28/11/2007 com pulverizador autopropelido munido de bicos com ponta AI 11002 em vazão de 150 L ha⁻¹ sem adjuvante – plantas com 1,0 m de altura (estádio fenológico V9); b) aérea no 15/12/07 com aeronave agrícola Ipanema (EMB 201 A) equipada com atomizadores rotativos – plantas em pré-pendoamento com 1,75 m de altura (estádio fenológico VT - pendoamento). Na Tabela 1 é apresentada a descrição ordenada dos tratamentos aplicados.

As aplicações foram realizadas em parcelas com 100 m de comprimento. A pulverização terrestre foi realizada com três faixas de barras com 25 m de largura e na pulverização aérea foram realizados com cinco faixas (tiros) de 16 m de largura, em cada

parcela.

Os atomizadores instalados na aeronave eram do tipo micronair, a regulagem foi estabelecida para vazão de 10 L ha⁻¹, com espectro de gotas de diâmetro mediano volumétrico (DMV) de 200 µm considerando as recomendações do fabricante para velocidade de vôo de 110 milhas por hora - mph (aproximadamente 180 km h⁻¹). Para a vazão de 20 L ha⁻¹ foi mantida a regulagem inicial com relação ao diâmetro de gotas visando observar possíveis variações nas características das gotas.

Antes da realização da pulverização foram fixadas em pontos aleatórios de cada parcela cinco hastes de metal (consideradas como repetições para análise estatística), com suporte para as etiquetas de papel sensível utilizados para coletar gotas da calda pulverizada fixando suas características para posterior análise. As coletas foram realizadas nas alturas de 0,50, 1,20 e 1,70 m, visando avaliar a penetração de gotas nas alturas próximas ao terço inferior, mediano e superior das plantas, respectivamente. Na aplicação terrestre as gotas foram coletadas somente na altura de 0,50 m que representava o terço mediano da planta no momento da pulverização tendo sido avaliado somente o DMV.

Imediatamente após a pulverização as etiquetas de papel sensível foram coletadas e sua imagem capturada com *scanner* utilizando resolução de 800 DPI, para posterior avaliação com o software Sprinkler[®]. Para a comparação de penetração de gotas no dossel vegetativo, o número de gotas coletadas nos terços mediano e inferior foram comparadas

Tabela 1. Composição dos diferentes tratamentos aplicados para avaliação do controle de doenças da cultura do milho híbrido P30F53, safra 2007/08, com fungicida formulação Epoxiconazol + Piraclostrobina (133/50 SC) em Carambeí – PR.

Tratamento Nº	Dose (mL ha ⁻¹)		Tipo de aplicação	Momento de aplicação	Volume calda (L ha ⁻¹)	Adjuvante	Dose (mL ha ⁻¹ ou % v v ⁻¹)
	p.c.	i.a.*					
1	700	93,1/ 35	terrestre	V 18	150	-----	-----
2	700	93,1/ 35	aérea	VT	10	Óleo Vegetal	10%
3	700	93,1/ 35	aérea	VT	10	Óleo Mineral	10%
4	700	93,1/ 35	aérea	VT	10	Sintético	30 mL
5	700	93,1/ 35	aérea	VT	20	Óleo Vegetal	10%
6	700	93,1/ 35	aérea	VT	20	Sintético	30 mL

*p.c. Produto comercial, i. a. Ingrediente ativo, V18 e VT – Estádio de desenvolvimento fenológico.

em relação ao total verificado no topo da cultura considerado como 100%. A análise estatística constou de análise de variância e teste de comparação de médias pelo teste de Tukey com probabilidade $p > 0,05$.

Os horários das pulverizações e condições microlimáticas ocorrentes no momento são apresentados na Tabela 2.

Resultados e discussão

Os resultados da coleta de gotas são apresentados na Tabela 3. A aplicação terrestre apresentou valor de DMV acima de $550 \mu\text{m}$ e ocasionou alta frequência de escorrimento de gotas sobre a superfície do papel sensível o que aumentou a dificuldade de análise das características do espectro de pulverização impossibilitando que o software utilizado pudesse analisar com credibilidade algumas características. Por isso, as variáveis densidade de gotas e potencial de risco de deriva não foram consideradas.

Os valores de DMV verificados, apesar de elevados, estão dentro da média da realidade praticada na maioria das nas lavouras paranaenses pulverizadas por via terrestre, conforme dados verificados por Silveira et al. (2006). Neste caso não se pode inferir sobre a eficiência quanto ao controle das doenças fúngicas, entretanto, além do maior risco de escorrimento e evaporação da gota pelo maior tempo de absorção, existe, conforme relata Muller (1993), a diluição do princípio ativo em um maior volume de calda e se esta característica for associada a gotas de maior volume, é possível que em

determinadas situações a eficiência da pulverização seja comprometida.

A regulagem inicial do atomizador foi efetuada considerando a velocidade angular das pás recomendada para obtenção de gotas com DMV de $200 \mu\text{m}$ na vazão de 10 L ha^{-1} . Entretanto, observou-se que com esta regulagem as gotas apresentaram DMV inferiores a $200 \mu\text{m}$ com valores que variaram entre 135 e $190 \mu\text{m}$ e média aproximada a $160 \mu\text{m}$. O DMV de $200 \mu\text{m}$ foi alcançado quando foi utilizada a vazão de 20 L ha^{-1} com a mesma regulagem do atomizador, e, neste caso, os valores oscilaram entre 190 e $235 \mu\text{m}$. Isso evidencia que a regulagem para obtenção de gotas com DMV aproximado a $200 \mu\text{m}$ deve ser realizada com vazão de 20 L ha^{-1} . Esse fator é também afetado pela velocidade de deslocamento da aeronave, contudo, como os vôos são em geral praticados com velocidades próximas a 110 mph , esses resultados são um indicativo de que é primordial que sejam realizados testes regulares de calibragem dos atomizadores, para que seja possível se atuar com um real controle das características das gotas do produto pulverizado. Esses dados corroboram com as discussões apresentadas por Robert et al. (1999) acerca da formação e deposição de gotas em pulverização.

A penetração de gotas no dossel da planta de milho teve como principal característica a presença de maior densidade de gotas no terços superior da planta ($1,70 \text{ m}$) com redução significativa para os terços mediano ($1,20 \text{ m}$) e inferior ($0,50 \text{ m}$), respectivamente. Este comportamento foi evidenciado para as duas vazões e independente do adjuvante empregado (Figura 1 A, B e C). No caso

Tabela 2. Síntese de horários de aplicação dos tratamentos e condições do microlima local.

Vôo	Hora	Tratamento adjuvante	Temperatura °C	Vento Km h ⁻¹	Umidade ar UR (%)
Aplicação aérea					
1	08:55	T4	23,3	4,1	71,2
2	09:15	T2	24,3	5,3	68,4
3	09:40	T3	25,7	4,4	65,3
4	10:40	T6	26,4	5,8	61,7
5	11:42	T5	27,2	3,4	56,8
Aplicação terrestre					
-	09:00	T1	24,5	4,6	66,2

Tabela 3. Diâmetro mediano volumétrico, (DMV) Coeficiente de variação do DMV (CVD), Densidade de gotas, Potencial de risco de deriva (PRD).

Tratamentos	Altura (m)	DMV (μm)		CVD%	Densidade ($\text{N}^\circ/\text{cm}^2$)		PRD ($\% \leq 150\mu\text{m}$)
T1 (terrestre)	0,50	558		73,18	-	-	-
T2	0,50	140,77 b	C	18,97	5,20 c	B	60,44
aéreo	1,20	184,75 a	AB	33,78	14,28 b	C	25,95
	1,70	159,78 b	B	32,98	39,78 a	B	42,93
T3	0,50	135,95 b	C	35,43	6,43 c	B	66,41
aéreo	1,20	159,14 a	B	38,71	19,38 b	B	43,46
	1,70	170,16 a	B	28,16	46,92 a	B	35,04
T4	0,50	158,19 b	B	20,68	6,94 c	B	43,42
aéreo	1,20	190,70 a	A	24,05	17,34 b	B	22,90
	1,70	179,17 b	AB	34,68	41,82 a	B	29,15
T5	0,50	198,25 a	A	19,82	8,16 c	AB	19,60
aéreo	1,20	223,45 a	A	24,06	24,48 b	A	13,07
	1,70	234,81 a	A	21,68	52,02 a	A	12,40
T6	0,50	190,23 b	A	18,58	10,20 c	A	23,13
aéreo	1,20	234,03 a	A	23,05	26,52 b	A	12,40
	1,70	210,65 b	A	26,15	58,14 a	A	15,52

- Letras minúsculas compara dentro do tratamento;

- Letras maiúsculas na coluna compara todos os terços (alturas) para DMV e compara entre terços de mesma posição na planta para densidade de gotas.

do terço inferior as gotas que atingiram as folhas apresentaram sempre os menores valores de DMV, sendo que este fato foi mais evidente para a vazão de 10 L ha^{-1} , especialmente porque, nesta vazão, o DMV obtido foi também menor em relação à vazão de 20 L ha^{-1} .

Relacionando este comportamento com o controle da doença fúngica, especialmente quanto à menor densidade de gotas no terço inferior, é provável que tenha pouca influência na eficiência biológica da pulverização, pois, conforme descrevem Connell et al. (1987), quando as plantas estão em estágio avançado no ciclo, as folhas inferiores estão entrando em senescência e as folhas que tem maior eficiência fotossintética e de translocação são as das partes mais elevadas na planta, especialmente as localizadas próximas à espiga em desenvolvimento, e que no caso, devem ser bem protegidas.

Para as vazões utilizadas, além do maior DMV verificou-se que o uso de vazão de 20 L ha^{-1} ocasionou maior densidade de gotas nos terços superior e mediano em relação à vazão de 10 L ha^{-1} , fato que embora fosse esperado em função do maior volume aplicado, deve ser evidenciado como fator

positivo e importante, pois dentro de dados limites, uma maior densidade com diâmetro considerado adequado facilita a penetração no parênquima foliar, reduzindo perdas por evaporação que ocorreriam com maior potencial no caso de gotas de maior diâmetro, características que são claramente detalhadas por Hollomay (1970) como pontos críticos para absorção foliar.

Aplicação de vazão de 10 L ha^{-1} apresenta desempenho com menor percentual de penetração de gotas no terço mediano da planta com uso de óleo mineral, sendo que no terço inferior a aplicação com adjuvante sintético tendeu aos melhores resultado para esta característica. Em geral, o uso dos adjuvantes na calda de pulverização teve efeito evidente, pois se observa claramente que as gotas mantiveram sua estrutura até atingir o alvo. Para a pulverização aérea esse é considerado um dos pontos críticos, pois as gotas são submetidas a condições que facilitam a deriva ao passarem em sua trajetória por turbulências, como as geradas pelos vórtices de asa e de hélice e pelo atrito normal com o ar no percurso até o dossel vegetativo. Neste caso ambos os adjuvantes apresentaram eficiência, tendo ainda

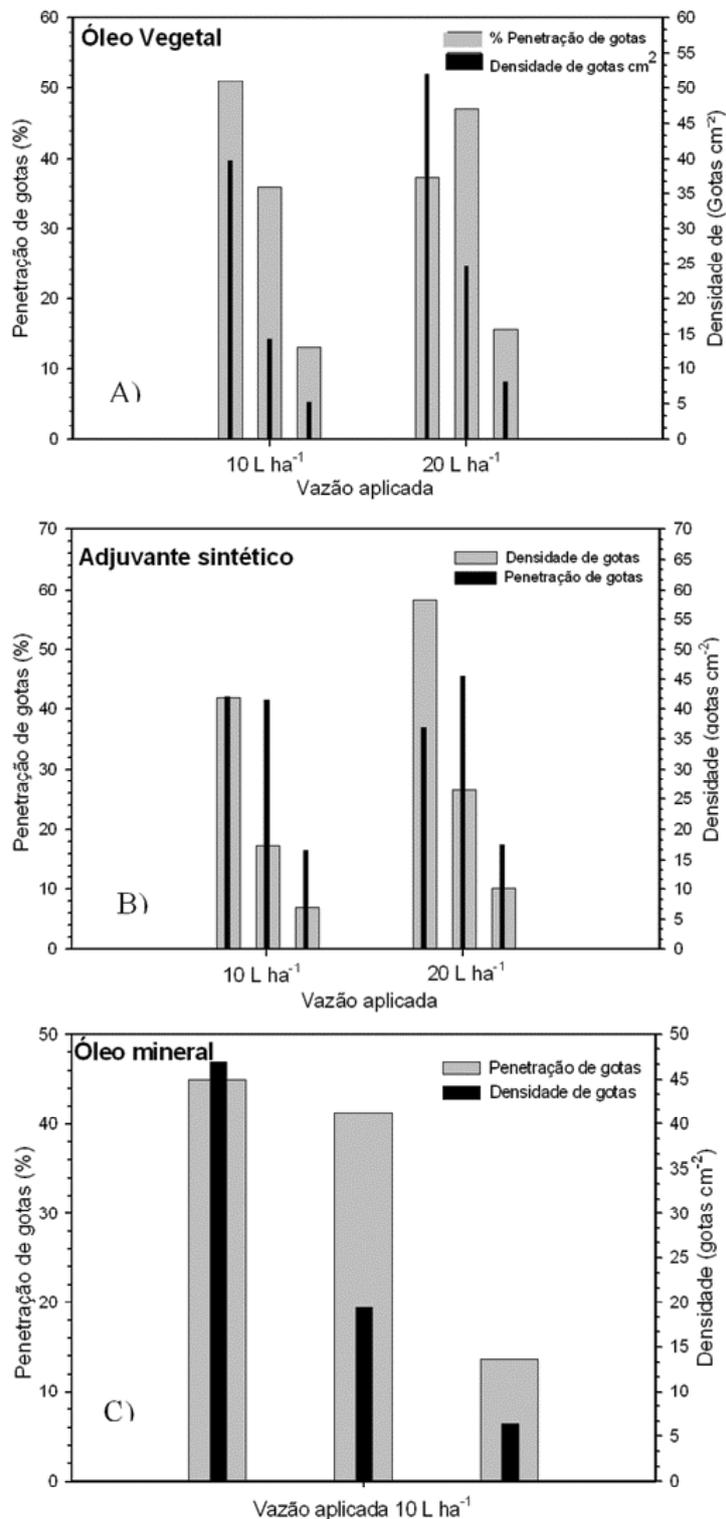


Figura 1. Porcentagem de penetração de gotas e densidade de gotas para diferentes vazões de aplicação com diferentes adjuvantes: A) Óleo vegetal, B) Adjuvante sintético e C) Óleo mineral.

que se considerar a reduzida coalescência de gotas o que poderia ocasionar aumento de diâmetro e escorrimento.

Segundo Salyani et al. (1992) as perdas envolvidas entre o transporte e o impacto na deposição das gotas contribuem para a redução da eficiência das aplicações. As gotas pequenas derivam para além da área alvo, enquanto as grandes tendem a escorrer da superfície alvo e cair no solo.

Conclusões

Os adjuvantes com formulação sintética ou base em óleo vegetal ou mineral apresentam efeito satisfatório de proteção de gotas para uso em pulverização aeroagrícola. Contudo, podem ocorrer variações na penetração de gota no dossel vegetativo do milho.

Na pulverização aérea da cultura do milho a vazão de 20 L ha⁻¹ ocasiona espectro de gotas com características mais adequadas quanto ao diâmetro mediano volumétrico, penetração de gotas e potencial de risco de deriva, em relação a aplicação de 10 L ha⁻¹. Podendo ser uma vazão intermediária (15 L ha⁻¹) uma boa alternativa para manejo da pulverização aérea de

fungicidas na cultura do milho.

Na pulverização da cultura do milho, as gotas de maior diâmetro tendem a atingir as folhas do terço mediano e superior e o terço inferior recebe gotas de menor diâmetro e em menor densidade de gotas por unidade de área em relação às folhas dos terços mais elevados na planta.

A pulverização aérea com o uso de atomizador rotativo deve ser acompanhada de rigorosa calibração do equipamento, pois nem sempre as características das gotas obtidas estão de acordo com o descrito no manual do equipamento.

Agradecimento

O Núcleo de Aviação e Tecnologia Agrícola-NATA/UNICENTRO e a Fundação ABC de Pesquisa Agropecuária agradecem a parceria e colaboração da Empresa AGROVEL de Ponta Grossa - PR, pela disponibilização de aeronave agrícola durante o desenvolvimento da pesquisa.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês

