Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Deposição de calda aplicada em volume reduzido no período noturno na cultura do algodoeiro

Spraying deposition applied by reduced volume in nocturnal period on cotton crop

Herivelton da Silva Camolese, Fábio Henrique Rojo Baio

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campus de Chapadão do Sul (CPCS), Rod. MS 306, km 105 – Chapadão do Sul/MS, CEP: 79.560-000. fabiobaio@ufms.br

Recebido em: 29/05/2015 Aceito em:19/02/2016

Resumo: Em função da crescente demanda por maior capacidade de campo operacional nos pulverizadores, há uma tendência pela redução no volume de aplicação, levando os agricultores a utilizarem gotas finas e, muitas vezes, em períodos inadequados de condições meteorológicas. Objetivou-se nesse trabalho avaliar a deposição da pulverização com redução no volume de aplicação, pelo uso de adjuvante e pela aplicação em período noturno na cultura do algodoeiro. O trabalho foi desenvolvido em algodoeiro adensado, utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso com seis repetições em um esquema fatorial 2x2x2: sendo dois horários de pulverização (vespertino e noturno); dois volumes de aplicação (40 e 70 L ha^{-1}); e variando-se a presença do adjuvante óleo vegetal na calda. Foram avaliadas a concentrações de depósitos foliares de rodamina B nos estratos superior e inferior da cultura. Os volumes de aplicação de 40 e 70 L ha^{-1} apresentam semelhança no quantitativo dos depósitos do traçador no estrato superior da cultura do algodoeiro. No período vespertino há maior deposição do corante nas folhas do estrato superior do algodoeiro pela pulverização do maior volume de aplicação. A presença do adjuvante na pulverização no período vespertino aumenta os depósitos do traçador nas folhas do estrato superior, contudo, no período noturno sua utilização não incrementa a formação dos depósitos nesse estrato da cultura. Os depósitos foliares do traçador no estrato inferior do algodoeiro apresenta acréscimo com o aumento do volume de aplicação, em associação à presença do adjuvante na calda pulverizada no período noturno.

Palavras-chave: aplicação de agrotóxico, taxa de aplicação, adjuvante.

Abstract: Due to the growing demand over higher operational field capacity of field sprayers, there is a trend for reduced application rates, leading farmers to use fine droplets, and often, at inappropriate weather conditions. This work aimed to evaluate spraying deposition with reduction over the application rate, by the use of adjuvant and nocturnal spraying in cotton crop. The study was conducted in dense cotton population, using a randomized block design with six replications in a factorial 2x2x2: two spraying times (at afternoon and evening); two application rates (40 to 70 L ha^{-1}); and varying the presence of vegetable oil as adjuvant in the mixture. Leaf deposition of Rhodamine B were evaluated at the upper and lower layers of the crop. Application rates of 40 and 70 L ha^{-1} showed similarity over the tracer deposition on the upper layer of the cotton crop. At the afternoons period, there is an increment over the leaves deposition at the upper stratum by spraying the higher application rate. Adjuvant presence in the spray mixture at afternoons period increases the deposits on leaves of the upper stratum, however, at night its use does not increase the deposits at this crop stratum. There is an interaction between leaf deposition at lower stratum of the cotton crop by varying the application rate, application period and the presence of adjuvant vegetable oil. Leaves spraying deposition at lower stratum of cotton crop increases when rises the application rate and by using adjuvant at night.

Keywords: pesticide application, application rate, adjuvant.

Introdução

As técnicas de aplicação de calda podem influenciar na eficiência da deposição das gotas pulverizadas. Aspectos como volume e momento de aplicação, além do uso ou não de adjuvantes devem ser ajustados da melhor maneira, visando reduzir ao máximo as perdas na deposição de gotas, que são fundamentais no controle de insetos praga, doenças ou plantas daninhas. A utilização de adjuvantes em mistura no tanque pode interferir na

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

deriva, na qualidade da aplicação e na deposição. Vilela e Antuniassi (2013) constataram que a variação da umidade relativa de 40 a 80% na aplicação não influenciou na deposição do fungicida quando na presença do adjuvante na calda.

Segundo Antuniassi e Baio (2009) o sucesso da aplicação de agrotóxicos e o resultado no controle do alvo estão ligados diretamente aos seguintes fatores: seleção das pontas, ajuste do volume de aplicação, parâmetros operacionais, condições ambientais favoráveis e o momento correto da aplicação. As condições ambientais adequadas são fundamentais para o sucesso da tecnologia de aplicação. Para Raetano (2011), na maioria dos casos, devem ser evitadas aplicações com umidade relativa inferior a 55% e temperatura ambiente maior que 30°C. De acordo com o autor, o ideal é que as aplicações sejam realizadas com velocidade do vento entre 3 e 7 km h^{-1}. Ausência de vento pode ser prejudicial, em função da chance de ocorrer ar aquecido ascendente, dificultando a deposição das gotas pequenas.

Muitos agricultores estão aderindo à tendência da diminuição do volume de aplicação para elevar a capacidade de campo operacional, a fim de minimizar os custos e aumentar o aproveitamento do tempo útil dos conjuntos mecanizados. Antuniassi e Baio (2009) mencionam que ao reduzir o volume de aplicação, há diminuição do número de reabastecimentos, e por consequência, diminuição dos tempos perdidos em deslocamento e preparo de calda. Quanto maior o período em que o pulverizador realiza a aplicação de fato, maior será a área em que o equipamento aplica em um dia de trabalho.

A redução do volume de aplicação concentra o ingrediente ativo no tanque do pulverizador, podendo alterar a eficiência do agrotóxico, devido ao maior número de moléculas na gota depositada. Bueno et al. (2013) verificaram que a redução do volume de aplicação de 150 para 30 L ha^{-1} de glifosato com adjuvante, aumentou o controle de plantas daninhas, devido ao fato da maior concentração do agrotóxico no tanque do pulverizador. Essa constatação corrobora com o encontrado por Ferrari et al. (2014), os quais obtiveram resultados superiores no controle de percevejos na cultura da soja com a redução do volume de aplicação de 100 para 50 L ha^{-1}, quando da adição de adjuvante na calda.

Rodrigues et al. (2011) verificaram que em aplicações do herbicida glifosato na forma de repasse em cana-de-açúcar com volumes de aplicação de 467,0 e 8,8 L ha^{-1} apresentaram resultados estatisticamente iguais no controle de plantas daninhas. Além disso, os autores reportaram que na aplicação com menor volume houve aumento do rendimento operacional, devido à redução na frequência de abastecimento. Decaro Junior (2013) reportou que quando reduziu o volume de aplicação de 400 para 46 L ha^{-1} em um ensaio para o controle de *Leucoptera coffeella* na cultura do café, houve maior recuperação do agrotóxico depositado nas folhas da planta. O autor associa esse fato à perdas por escorrimento quando utiliza-se maior volume de aplicação.

O uso de adjuvantes pode se tornar uma estratégia importante para alcançar maior eficiência de controle pela aplicação de agrotóxicos. Baio et al. (2015) constataram que o adjuvante surfactante siliconado proporcionou redução na tensão superficial em 3,6 vezes, aumentando o espalhamento da calda sobre a superfície foliar em 13,5 vezes. Por outro lado, o adjuvante aumentou o potencial de evaporação da gota. Assim, nota-se que o uso de adjuvante pode melhorar ou piorar a qualidade da aplicação, dependendo da condição de uso. Todavia, poucos estudos foram produzidos incluindo o momento da aplicação como uma variável dessa tecnologia.

Portanto, objetivou-se avaliar as alterações na deposição da pulverização pela redução no volume de aplicação, pelo uso de adjuvante e pela aplicação em período noturno na cultura do algodoeiro.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) cultivado em sistema de plantio de direto, em solo Latossolo Vermelho escuro, na área experimental da UFMS, em Chapadão do Sul/MS. A cultivar selecionada foi a Fibermax 975 WS e a semeadura foi realizada no dia 06 de fevereiro de 2015, com espaçamento entre linhas de 0,45 m. A população de plantas foi de 195 mil plantas por hectare. A área experimental de cada parcela apresentou dimensões de 3 m de largura por 10 m de comprimento. A aplicação foi realizada no estádio fenológicos F5, segundo a escala de Marur e Ruano (2001), correspondendo aproximadamente aos 80 DAE (Dias Após a Emergência).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

O experimento foi conduzido no delineamento experimental em blocos ao acaso com seis repetições em um esquema fatorial 2x2x2: sendo dois horários de pulverização (14:30h e 19:00h); dois volumes de aplicação (40 e 70 L ha^{-1}); e presença ou ausência do adjuvante na calda.

Utilizou-se um pulverizador costal pressurizado por CO_2, marca Herbicat (Catanduva/SP), com 3 m de barra e seis pontas distanciadas a 0,5 m. A distância entre as pontas de pulverização e o dossel da cultura foi mantida constante em 0,50 m. Foram avaliadas as deposições das caldas aplicadas em diferentes condições meteorológicas ambientais, monitorando-se a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Utilizou-se de um anemômetro digital portátil da marca Instrutherm, modelo AD-250 e um termo-higrômetro da marca Instrutemp, modelo TH802A. Foram utilizados dois volumes de aplicação (40 e 70 L ha^{-1}), com e sem a adição do adjuvante óleo vegetal Aureo® (Bayer), na concentração de 0,5% v.v.. Foi utilizado o mesmo conjunto de pontas de pulverização XR 110 01 VS (Teejet) em ambos os volumes de aplicação, permitindo manter as características do espectro de gotas e variando-se apenas a velocidade de deslocamento em 4 km h^{-1} e 7 km h^{-1} (1,11 e 1,94 m s^{-1}). A pressão no circuito hidráulico foi mantida constante em 100 kPa (1 bar). O espectro de gotas gerado pelas pontas foi avaliado utilizado o medidor de partículas por difração laser modelo Spraytec, da Malvern (Malvern, Inglaterra). Foram mensurados os DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico), índice SPAN (amplitude relativa do espectro de gotas) e a percentagem de gotas menores do que 100 µm, as quais apresentam maior propensão à deriva.

A deposição da calda contendo água destilada, adjuvante e o corante traçador rodamina B nas superfícies foliares foi estimada segundo a técnica descrita por Cerqueira et al. (2012). Preparou-se 2 L de solução da rodamina B na concentração de 40 mg L^{-1} em garrafas Pet, as quais foram mantidas em geladeira até o momento imediatamente antes da aplicação, diminuindo o efeito da degradação do corante traçador Rodamina B pelos raios solares ultravioleta. Alves et al. (2014) demonstraram que o traçador rodamina B pode ser utilizado com eficiência nas avaliações de deposição de calda contendo agrotóxicos em quantificação de deriva em aplicações aéreas.

Após a aplicação dos tratamentos realizou-se a coleta de forma aleatória de seis folhas totalmente desenvolvidas do algodoeiro por parcela experimental e por estrato da planta (superior e inferior), nas duas fileiras centrais de cada parcela. As folhas foram acondicionadas e identificadas em sacos de plástico os quais foram adotados como reservatório na extração do traçador pela utilização de 30 mL de uma solução do surfactante não iônico Tween 80 a 1%. Esses sacos foram lacrados e dispostos em mesa agitadora orbital Tecnal modelo TE-45 a 120 rpm por 1 h. A solução extraída foi submetida à leitura da concentração do traçador fluorescente no fluorímetro Turner Desings (Sunnyvale, CA, EUA), modelo Trilogy, utilizando curva de calibração. Após a extração do traçador, as folhas foram digitalizadas em scanner de mesa com resolução de 600 dpi da marca HP modelo Deskjet F4280. A determinação da área foliar por meio digital foi realizada pelo programa ImageJ 1.45 (Bauermann, 2009). A massa do traçador depositada foi dividida pela área foliar em cada repetição permitindo a obtenção da deposição em µg cm^{-2}. A comparação das deposições médias obtidas por ambos os volumes de aplicação foi possível pela utilização de um fator de correção (FC). Assim, a deposição calculada nos tratamentos que receberam o volume de aplicação de 40 L ha^{-1} foi multiplicada pelo FC=1,75.

Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapirowilk pelo programa Sisvar 5.4 (Ferreira, 2011). Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos dos tratamentos foram avaliados pelo teste de Tukey a um nível de 5% de significância. Os valores originais da deposição do traçador de cada repetição foram transformados pela aplicação da raiz quadrada para aumentar a homogeneidade da variância.

Resultados e Discussão

Pelas condições meteorológicas monitoradas no campo em ambas as situações (Tabela 1), verificam-se temperaturas adequadas nos momentos de aplicação (Raetano, 2011). A umidade relativa do ar elevou-se no período noturno, tornando-se adequada. Contudo, a velocidade do vento, a qual estava adequada durante a aplicação no período vespertino, tornou-se inadequada durante o período noturno (< 3 km h^{-1}). É natural associar que a aplicação de agrotóxicos

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

no período noturno encontre condições ambientais mais favoráveis, devido à diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa. Entretanto, uma mínima velocidade do vento é desejada para que gotas muito finas pulverizadas possam ser lançadas, alcançando o alvo (Baio e Antuniassi, 2010).

Tabela 1. Condições meteorológicas durante as aplicações do corante marcador com e sem adjuvante nos períodos vespertino e noturno na cultura do algodoeiro.

Momento da aplicação	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do ar (%)	Velocidade do vento (km h^{-1})
Vespertino (14:30h)	25,8 (24,9 a 26,6)	40,3 (38,8 a 41,7)	6,0 (3,5 a 8,6)
Noturno (19:00h)	21,6 (20,9 a 22,2)	78,4 (77,5 a 79,2)	0,2 (0,0 a 0,4)

Segundo a Norma Asae S572.1 (Asae, 2009), o espectro de gotas deve ser mensurado para fins de classificação de referência por um instrumento baseado em tecnologia laser, seja ele por técnica de difração laser, imagem laser ou mensuração do efeito Doppler por laser. O DMV médio do espetro de gotas gerado pelas pontas XR 11001 operando a 100 kPa foi de 155,10 µm, caracterizadas como gotas finas. O índice Span obtido foi de 1,11. Esse índice, também conhecido como amplitude relativa, reporta sobre a homogeneidade da população de gotas, sendo mais homogêneo o espetro de gotas quanto menor o valor. A percentagem de gotas menores do que 100 µm (gotas muito finas), mais susceptíveis à deriva, foi de 16,28%. Esses resultados são típicos do modelo de ponta de uso ampliado utilizado na cultura do algodoeiro. A caracterização do espectro de gotas de experimentos em tecnologia de aplicação é importante para possibilitar o comparativo de resultados de trabalhos semelhantes. Balan et al. (2012) recomendam a padronização dos resultados em trabalhos de tecnologia de aplicação pela apresentação de informações como, características das pontas de pulverização, concentração da calda pulverizada, volume de aplicação, pressão de trabalho, posição das pontas em relação ao alvo e condições meteorológicas no momento da aplicação. Os autores verificaram no levantamento em duzentos artigos nacionais e internacionais que 84,5% desses trabalhos não apresentavam a caracterização do espectro de gotas gerado.

Segundo a avaliação dos resultados obtidos pela análise da variância das deposições no estrato superior das plantas do algodoeiro, verificou-se que houve apenas interação dupla entre os fatores, mas não houve interação tripla entre as combinações de tratamentos (Tabela 2). Entre todas as combinações dos fatores avaliados, o menor depósito foliar do traçador no estrato superior da planta do algodoeiro foi obtido pela pulverização do maior volume de aplicação durante o período noturno.

Tabela 2. Deposição foliar do traçador no estrato superior do algodoeiro (µg cm^{-2}) relativa a interação entre o volume de aplicação e momento da aplicação.

Volume de aplicação (L ha^{-1})	Momento da Apl. Vespertino (UR 40,3%; V 6 km h^{-1})	Momento da Apl. Noturno (UR 78,4%; V 0,2 km h^{-1})
40	0,196 aA	0,191 aA
70	0,199 aA	0,133 bB
$F_V = 3,466^{ns}$	$F_M = 8,389^{**}$	$F_{VxM} = 4,607^{**}$
$DMS_V = 0,055$	$DMS_M = 0,055$	CV% = 9,433

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si (Tukey a 0,05). F_V, F_M, F_{VxM}=Valor do teste F calculado para a variação do volume de aplicação, momento da aplicação e para a interação entre ambos, respectivamente. DMS_V, DMS_M=Diferença Mínima Significativa para volume de aplicação e momento da aplicação, respectivamente. CV%=Coeficiente de Variação. ^{ns}=não significante. **=significante a 0,01.

Verifica-se que a alteração do volume de aplicação no período de aplicação vespertino não modifica a deposição do traçador no estrato superior (Tabela 2), ou seja, é possível utilizar o volume de aplicação reduzido no período vespertino utilizando as mesmas condições ambientais (condição de umidade relativa do ar inadequada) e fenológicas da cultura sem alterar a qualidade da aplicação quando o alvo estiver nessa posição da planta. Em avaliação da alteração dos volumes de aplicação na pulverização do herbicida glifosato em cana-de-açúcar, Rodrigues et al. (2011) concluíram que o menor volume aplicado (8,8 L ha^{-1}) também apresentou a mesma eficácia no controle das plantas daninhas quando comparado ao maior volume de aplicação (467 L ha^{-1}) utilizado.

Já a alteração do volume de aplicação no período noturno apresentou diferença significativa, indicando maior deposição no estrato superior pela pulverização com menor volume de aplicação (Tabela 2). A pulverização de maior volume de aplicação no estrato superior da cultura, pode, em teoria, ocasionar escorrimento da calda da superfície foliar. Ao realizar esse tipo de avaliação experimental em local com condições totalmente controladas, como em uma casa de vegetação ou experimento em vasos em ambiente protegido, as plantas podem não apresentar arquitetura vegetativa e taxa de crescimento como as que ocorrem em condição de campo. Assim, resultados não esperados podem ocorrer em ensaios envolvendo tecnologia de aplicação nessas condições. Ferreira (2009) constatou situação semelhante às obtidas nesse estudo ao aplicar fungicida durante o período vespertino, em condições meteorológicas desfavoráveis, obtendo a mesma eficiência de controle quando comparada à aplicação no período noturno, em condições adequadas.

Pela análise da interação entre os fatores em função da alteração do momento da aplicação, verificou-se que quando da pulverização do menor volume de aplicação ambos os momentos da pulverização obtiveram a mesma deposição do traçador no estrato superior (Tabela 2). Já quando da pulverização do maior volume de aplicação, houve a ocorrência de maiores depósitos foliares do traçador no estrato superior durante a pulverização vespertina. Esse resultado pode estar associado ao fato da diminuição dos depósitos na aplicação pela ausência de ventos, pois gotas muito finas permanecem em suspensão, sofrendo maior ocorrência da evaporação e aumentando as perdas por deriva (Baio e Antuniassi, 2010). Assim, é possível que a variação da velocidade do vento tenha influenciado em maior proporção na formação dos depósitos foliares do traçador do que a variação da umidade relativa. Portanto, as condições da pulverização apresentaram peculiaridades que, segundo Raetano (2011), podem influenciar a formação dos depósitos foliares das caldas aplicadas.

Ao avaliar a interação entre o uso do adjuvante na calda e a variação do momento da aplicação (Tabela 3), constatou-se que os menores depósitos foliares do traçador no estrato superior da planta do algodoeiro foram obtidos pela aplicação noturna, diminuindo praticamente pela metade os depósitos formados entre todas as outras combinações desses fatores.

Por ser um éster metílico a base de óleo de soja, o adjuvante utilizado apresenta capacidade de reduzir o DMV (Diâmetro Mediano Volumétrico) das gotas pulverizadas, e dessa forma, aumenta o potencial de deriva em condições inadequadas de aplicação (Madureira et al., 2015). Sendo assim, pressupõe-se que a possível redução do DMV das gotas pode ter aumentado o percentual de gotas menores do que 100 µm, aumentando o percentual de gotas as quais ficaram sujeitas à deriva em função da ausência de vento no período noturno.

Raetano (2011) cita que a ausência de ventos pode influenciar negativamente a aplicação pela ocorrência de inversão térmica, diminuindo ou até mesmo impossibilitando a deposição das gotas muito fina sobre o alvo. Baio et al. (2015) reportaram que o uso desse adjuvante diminui a tensão superficial da gota e aumenta o espalhamento sobre a superfície foliar. Todavia, para haver espalhamento e absorção foliar, deve ocorrer a deposição. Assim, o adjuvante pode diminuir a qualidade da aplicação de agrotóxicos, caso não seja empregado adequadamente.

Uma forma de contornar essa problemática seria o aumento do tamanho das gotas pulverizadas (aumento do DMV), aumentando a massa das gotas e, portanto, a velocidade de deposição e diminuindo a susceptibilidade da deriva.

O uso do adjuvante no período vespertino não interferiu na deposição do traçador sobre o estrato superior do algodoeiro (Tabela 3). Provavelmente, a maior velocidade do vento tenha

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

acarretado em maior efeito sobre a deposição do traçador do que a presença do adjuvante na calda.

Tabela 3. Deposição foliar do traçador no estrato superior do algodoeiro (µg cm^{-2}) relativa a interação da presença do adjuvante óleo vegetal na mistura e do momento da aplicação.

Adjuvante óleo vegetal	Momento da Apl. Vespertino (UR 40,3%; V 6 km h^{-1})	Momento da Apl. Noturno (UR 78,4%; V 0,2 km h^{-1})
Presente	0,202 aA	0,107 bB
Ausente	0,192 aB	0,217 aB
F_A= 14,778**	F_M= 8,389**	F_{AxM}= 14,725**
DMS_A= 0,055	DMS_M= 0,055	CV%= 4,830

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si (Tukey a 0,05). F_A, F_M, F_{AxM}=Valor do teste F calculado para a variação da presença do adjuvante, momento da aplicação e para a interação entre ambos, respectivamente. DMS_A, DMS_M=Diferença Mínima Significativa para a presença de adjuvante e momento da aplicação, respectivamente. CV%=Coeficiente de Variação. ^{ns}=não significante. **=significante a 0,01.

De acordo com Soares (2014), em trabalho realizado para avaliar o controle da lagarta *Spodoptera frugiperda*, o uso do adjuvante não acrescentou eficiência no controle, ilustrando a complexidade de combinações de fatores para o sucesso na tecnologia de aplicação. Boller et al. (2011) verificaram situações onde as aplicações realizadas durante o período vespertino, com baixa umidade relativa do ar e elevada temperatura, não apresentaram diferença estatística em relação à deposição pela aplicação no período noturno, com alta umidade relativa do ar e baixa temperatura.

Nascimento et al. (2012) reportaram tendência semelhante, onde a deposição da aplicação do agrotóxico realizada no período matutino, com elevada umidade relativa do ar e comparando diferentes DMV (gotas finas, médias e grossas), não foi influenciada de forma a aumentar o controle da *Phakopsora pachyrhizie* na cultura da soja pelo uso do adjuvante em comparação a aplicação no período vespertino, com menor umidade relativa.

Constatou-se uma deposição média do traçador com cerca de 4,5 vezes maior no estrato superior quando comparado ao estrato inferior (Tabela 4). A interação do uso do adjuvante sobre os depósitos do traçador no estrato superior somente ocorreu com variação do período da aplicação. Todavia, quanto aos depósitos no extrato inferior, o uso do adjuvante interagiu significativamente tanto pela variação do volume de aplicação, quanto do período da aplicação. Dessa forma, o conhecimento das alterações sobre a aplicação quando do uso desse insumo torna-se mais significativo quando o alvo do agrotóxico se encontra nesse estrato da planta do algodoeiro.

A deposição foliar do traçador no estrato inferior do algodoeiro foi maior na pulverização em período noturno na presença de adjuvante na calda, em ambos os volumes de aplicação utilizados (Tabela 4). Contudo, ainda nessa condição, o aumento do volume de aplicação causou o aumento dos depósitos foliares no extrato inferior da cultura. O adjuvante utilizado apresenta propriedades surfactantes, resultando na redução da tensão superficial da calda (Baio et al., 2015), aumentando a percentagem de gotas muito fina, as quais possuem maior tendência de serem depositadas nesse estrato da planta. Ferrari et al. (2014) reportaram a mesma tendência de deposição no estrato inferior das folhas na cultura da soja pelo uso de surfactante devido a redução do DMV.

Já na pulverização no período vespertino tanto a alteração do volume de aplicação quanto a alteração do uso do adjuvante não proporcionaram efeito sobre a variação dos depósitos foliares do traçador no estrato inferior. Nesse período, provavelmente, a baixa umidade relativa do ar pode ter causado interferência sobre a evaporação das gotas muito fina, as quais são mais propensas de serem depositadas nesse estrato da planta. Debortoli et al. (2012) concluíram que no estrato inferior ocorre maior deposição de gotas finas, as quais são passíveis à deriva.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 4. Deposição foliar do traçador no estrato inferior do algodoeiro (μg cm^{-2}) relativa à interação entre os três fatores avaliados: momento da aplicação; volume de aplicação; e presença do adjuvante óleo vegetal na calda pulverizada.

Momento da aplicação	Volume de aplicação (L ha^{-1})	Adj. Presente	Adj. Ausente
Noturno	70	0,113 aA	0,011 bB
	40	0,055 bA	0,023 aB
Vespertino	70	0,021 aA	0,029 aA
	40	0,031 aA	0,030 aA
Volume de aplicação (L ha^{-1})	Momento da aplicação	Adj. Presente	Adj. Ausente
70	Noturno	0,113 aA	0,011 bB
	Vespertino	0,021 bA	0,029 aA
40	Noturno	0,055 aA	0,023 aB
	Vespertino	0,031 bA	0,030 aA
F_V=0,117^{ns}	F_A=29,731**	F_M=10,659**	F_{VxAxM}=11,383**
DMS_V=0,051	DMS_A=0,051	DMS_M=0,051	CV%=10,774

Médias seguidas por letras distintas minúsculas na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si (Tukey a 0,05). F_V, F_A, F_M, F_{VxAxM}=Valor do teste F calculado para a variação do volume de aplicação, presença do adjuvante, momento da aplicação e para a interação entre os três fatores de variação, respectivamente. DMS_V, DMS_A, DMS_M=Diferença Mínima Significativa para volume de aplicação, presença de adjuvante e momento da aplicação, respectivamente. CV%=Coeficiente de Variação. ^{ns}=não significante. **=significante a 0,01.

Quando se avaliou o efeito da variação do período da aplicação interagindo com a variação do uso do adjuvante sobre os depósitos formados no estrato inferior do algodoeiro em relação ao uso do volume de aplicação de 70 L ha^{-1}, verificou-se que os menores depósitos nesse estrato da planta foram obtidos na ausência do uso do adjuvante e em período noturno (Tabela 4). Assim, a manutenção do DMV do espectro de gotas formado, a manutenção do quantitativo de gotas muito fina e a ausência de ventos pode ter interferido sobre os depósitos do traçador devido a maior susceptibilidade das gotas à evaporação. Ainda nessa mesma condição de interação, porém, pela pulverização do volume de aplicação de 40 L ha^{-1}, somente no período noturno o uso do adjuvante proporcionou aumento dos depósitos formados. Bueno et al. (2013), avaliando alterações nos depósitos do traçador azul brilhante pela pulverização dos volumes de aplicação de 30, 60 e 150 L ha^{-1} e em interação com o uso do adjuvante espalhante adesivo, concluíram que os menores volumes de calda proporcionaram maiores deposições nas plantas daninhas, devido a menores perdas para o solo. Já Quirino et al. (2013) reportaram um aumento do número de gotas menores associado ao aumento do volume de aplicação.

Conclusões

Os volumes de aplicação de 40 e 70 L ha^{-1} apresentam semelhança no quantitativo dos depósitos do traçador no estrato superior da cultura do algodoeiro. No período vespertino há maior deposição do corante nas folhas do estrato superior do algodoeiro pela pulverização do maior volume de aplicação.

A presença do adjuvante na pulverização no período vespertino aumenta os depósitos do traçador nas folhas do estrato superior, contudo, no período noturno sua utilização não incrementa a formação dos depósitos nesse estrato da cultura.

Os depósitos foliares do traçador no estrato inferior do algodoeiro apresenta acréscimo com o aumento do volume de aplicação, em associação à presença do adjuvante na calda pulverizada no período noturno.

Agradecimentos

À Fundect e ao CNPq pelo aporte financeiro.

Referências

ALVES, G.S.; CUNHA, J.P.A.R.; PALLADINI, L.A. Seleção de traçadores para estudos de eficiência das aplicações de produtos fitossanitários. **Planta Daninha**, v.32, n.4, p.861-870, 2014.

ANTUNIASSI, U.R.; BAIO, F.H.R. Tecnologia de aplicação de agrotóxicos. In: VARGAS, L.; ROMAN, E.S. (Org). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. 2.ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009, p.173-212.

ASAE **S572.1 - Spray nozzle classification by droplet spectra**. In: ASABE Standards MAR2009. St. Joseph, 2009. 4p.

BAIO, F.H.R.; GABRIEL, R.R.F.; CAMOLESE, H.S. Alteração das propriedades físico-químicas na aplicação contendo adjuvantes. **Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas**, v.9, n.2, p.151-161, 2015.

BAIO, F.H.R.; ANTUNIASSI, U.R. Mapa de deriva oriunda de uma aplicação aérea de defensivo em baixo volume. In: Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, 2010, Ribeirão Preto, SBEA, **Anais...** Jaboticabal, 2010, 4p. CD-ROM.

BALAN, M.G.; ABI-SAAB, O.J.G.; MACIEL, C.D.G.; OLIVEIRA, G.M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico-científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.1, p.126-138, 2012.

BAUERMANN, G. **Como usar o ImageJ**. 2009. Disponível em: <http://www.imagesurvey.com.br/2009/02/como-usar-o-imagej>. Acesso em: jun 2015.

BOLLER, W.; FERREIRA, M.C.; COSTA, D.I. Condições do ar e angulação das folhas influenciam a qualidade das pulverizações na cultura da soja? **Revista Plantio Direto**, v.121, s.n., p.33-37, 2011.

BUENO, M.R.; ALVES, G.S.; PAULA, A.D.M.; CUNHA, J.P.A.R. Volumes de calda e adjuvante no controle de plantas daninhas com Glyphosate. **Planta Daninha**, v.31, n.3, p.705-713, 2013.

CERQUEIRA, D.T.R.; RAETANO, C.G.; POGETTO, M.H.F.A.D.; PRADO, E.P.; CHRISTOVAM, R.S.; SERRA, M.E.; COSTA, S.I.A. Agricultural spray deposit quantification methods. **Applied Engineering in Agriculture,** v.28, n.6, p.825-831, 2012.

CUNHA, J.P.A.R.; REIS, E.F.; SANTOS, R.O. Controle químico da ferrugem asiática da soja em função de ponta de pulverização e volume de calda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p.1360-1366, 2006.

DECARO JUNIOR, S.T. **Avaliação de um pulverizador de volume ultra baixo na cultura do café para o controle de *Leucoptera coffeella* (Lepidopetera: Lyonetiidae).** 2013, 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária-UNESP. Jaboticabal. 2013.

DEPORTILO, M.P.; TORMEN, N.R.; BALARDIN, R.S.; FAVERA, D.D.; STEFANELLO, M.T.; PINTO, F.F.; UEBEL, J.D. Espectro de gotas de pulverização e controle da ferrugem-asiática-da-soja em cultivares com diferentes arquiteturas de planta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.7, p.920-927, 2012.

FERRARI, F.; ROGGIA, S.; FELIX, L.F. **Efeito do volume de calda, adjuvante e horário de aplicação sobre a eficiência de controle de percevejos em soja**. IX Jornada Acadêmica da Embrapa Soja. p.110-118. 2014. Disponível em: http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/994012/1/caldaadjuvante.pdf. Acesso em: set de 2015.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.5, n.6, p.1039-1042, 2011.

FERREIRA, M.C. **Aplicações de fungicida para o controle da ferrugem asiática da soja e interações com diferentes arranjos espaciais da cultura**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária-UPF, Passo Fundo, 2009.

MADUREIRA, R.P.; RAETANO, C.G.; CAVALIERI, J.D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.180-185, 2015.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosa**, v.5, n.2, p.313-317, 2001.

NASCIMENTO, J.M.; GAVASSONI, W.L.; BACCHI, L.M.A.; ZUNTINI, B.; MENDES, M.P. LEONEL, R.K.; PONTIM, B.C.A. Associação de

adjuvantes à picoxistrobina + ciproconazol no controle da ferrugem asiática da soja. **Summa Phytopathologica**, v.38, n.3, p.204-210, 2012.

QUIRINO, A.L.S.; TEIXEIRA, M.M.; FERNANDES, H.C.; FERREIRA, L.R. Parâmetros da pulverização de defensivos agrícolas visando a redução da contaminação ambiental e do aplicador. **Agrarian**, v.6, n.20, p.161-166, 2013.

RAETANO, C.G. Introdução ao estudo da tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. In: ANTUNIASSI, U.R.; BOLLER, W. (Org.) **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**. 1.ed. Passo Fundo: Aldeia Norte/FEPAF, 2011. p.15-26.

RODRIGUES, E.B.; SAAB, O.J.G.A.; GANDOLFO, M.A. Cana-de-açúcar: Avaliação da taxa de aplicação e deposição do herbicida glifosato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.1, p.90–95, 2011.

SOARES, A.M.L**. Horários de aplicação localizada ou em área total e uso de adjuvantes para o controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptero: Noctuidae) na cultura do milho**. 2014, 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária-UNESP. Jaboticabal, 2014.

VILELA, C.M.; ANTUNIASSI, U.R. Evaporação de gotas de caldas contendo fungicida e adjuvantes depositadas em superfície. **Energia na Agricultura**, v.28, n.2, p.65-73, 2013.