

Deriva do herbicida 2,4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque

João de Deus Godinho Júnior¹, Lucas Caixeta Vieira¹, Luiz Otavio Alves Pereira¹,
Renato Adriane Alves Ruas¹, Vinícius Ribeiro Faria¹, Alberto Carvalho Filho¹

¹ Universidade Federal de Viçosa, Campus de Rio Paranaíba, Rodovia MG 230, km 08, Zona Rural, CEP 38810-000, Rio Paranaíba-MG, Brasil. Caixa Postal 22. E-mail: joao.ufv.agro@gmail.com; lucas.caixeta@ufv.br; luiz.otavio@ufv.br; raaruas@gmail.com; vinicius.faria@ufv.br; albertoufv@gmail.com

RESUMO

A deriva é um dos maiores problemas na aplicação de agrotóxicos, responsável, muitas vezes, pela baixa eficiência dos controles. Objetivou-se analisar a deriva do herbicida 2,4-D aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. Foram avaliadas duas soluções: água e água + 2,4-D e quatro pontas: leque simples (JS), leque simples com pré-orifício (JSPO), leque simples com indução (JSIA) e leque duplo com indução (JDIA). O diâmetro da mediana volumétrica (DMV), a amplitude relativa (SPAN), e a percentagem de gotas com diâmetro inferior a 100 µm ($V < 100$), foram analisados em analisador a laser e à deriva em túnel de vento. Os dados foram submetidos à ANOVA e teste de Tukey à 5%. As pontas JS, JSPO, JDIA, JSIA, nesta ordem, geraram percentuais decrescentes de $V < 100$ e deriva. A adição do 2,4-D diminuiu 16% a deriva na ponta com JSPO e aumentou 26% nas pontas com indução. Nas pontas com indução, a JDIA gerou maior $V < 100$ e menor DMV, e consequente maior deriva, em relação a JSIA. Em pontas com indução, a presença do 2,4-D eleva a deriva e o leque duplo proporciona maior deriva em relação ao leque simples. Independentemente da presença de 2,4-D, pontas com indução são mais eficientes na redução da deriva em relação às com pré-orifício..

Palavras-chave: espectro de gotas; tamanho de gotas; tecnologia de aplicação; túnel de vento

Herbicide drift 2,4-d in hydraulic jet tapes type leque

ABSTRACT

Drift is one of the major problems in the application of agrochemicals, often responsible for the low efficiency of controls. The objective of this study was to analyze the 2,4-D herbicide drift applied with fan-type flat jet hydraulic tips. Two solutions were evaluated: water and water + 2,4-D and four tips: simple fan (JS), simple fan with pre-orifice (JSPO), simple fan with induction (JSIA) and double fan with induction (JDIA). The diameter of the volumetric median (DMV), relative amplitude (SPAN), and percentage of droplets with a diameter less than 100 µm ($V < 100$) were analyzed in a laser analyzer and drift in a wind tunnel. Data were submitted to ANOVA and Tukey's test at 5%. The tips JS, JSPO, JDIA, JSIA, in this order, generated decreasing percentages of $V < 100$ and drift. Addition of 2,4-D decreased 16% drift at the tip with JSPO and increased 26% at the tips with induction. At the tips with induction, the JDIA generated higher $V < 100$ and lower DMV, and consequently greater drift, in relation to JSIA. In induction tips, the presence of 2,4-D increases the drift and the double fan provides greater drift compared to the single fan. Regardless of the presence of 2,4-D, tips with induction are more efficient in drift reduction over pre-bore.

Key words: spectrum of drops; droplet size; application technology; wind tunnel

Introdução

Os herbicidas são fundamentais para o controle de plantas daninhas e, conseqüentemente, são recursos importantes para reduzir as perdas de produtividades nas lavouras em geral. Dentre os herbicidas mais utilizados, o 2,4-D destaca-se por ter sido um dos primeiros a ser produzido e comercializado no mundo, sendo, até hoje um dos mais utilizados no controle de plantas daninhas.

Em geral, o 2,4-D é empregado no controle de plantas dicotiledôneas em pastagens e na dessecação de plantas daninhas no sistema de plantio direto, principalmente, para controlar espécies resistentes ao glifosato (Robinson et al., 2012; Craigmyle et al., 2013; Spaunhorst & Bradley 2013). Ademais, alguns trabalhos mostram o efeito aditivo da mistura em tanque entre o glifosato e o 2,4-D (Oliveira Neto et al., 2010; Takano et al., 2013), o que torna o uso dos dois produtos muito comum nas lavouras brasileiras.

No entanto, por ser um herbicida de ação hormonal, quando aplicado incorretamente, mesmo que em pequenas quantidades, possui elevado potencial de causar danos a culturas sensíveis ao seu ingrediente ativo. Muitos trabalhos mostram as perdas de produtividade que podem ser ocasionadas pela deriva do 2,4 D (Egan et al., 2014). Tais perdas são diretamente proporcionais à quantidade de herbicida que chega até a planta. Por exemplo, em uva Itália, a deriva simulada de 1% (6,72 g i.a. ha⁻¹) do volume total que normalmente é aplicado pelos produtores, proporcionou redução na produtividade de quase 85% (Oliveira Júnior et al., 2007). Já na cultura do amendoim, ao simularem a deriva de 70 g i.a. ha⁻¹ de 2,4-D, verificou-se perdas de até 11% na produtividade (Leon et al., 2014). Isso demonstra a necessidade de adoção de cuidados especiais na tecnologia de aplicação deste herbicida.

A deriva é caracterizada pelo deslocamento indevido do produto aplicado para áreas que não são de interesse, e ocorre principalmente, com gotas de diâmetro inferior a 100 µm. Assim, a percentagem de gotas com diâmetro inferior a este valor é um dos indicativos mais eficientes para se analisar a deriva produzida pelas pontas de pulverização (Arvidsson et al., 2011).

A preocupação com prejuízos gerados pela deriva do 2,4-D vem crescendo pois, com a liberação de cultivares resistentes a esse herbicida, é esperado um aumento da sua utilização (Mortensen et al., 2012). Desta forma, são necessárias mais pesquisas que apontem formas adequadas para reduzir ao máximo os efeitos danosos que eventualmente poderão surgir devido à deriva do 2,4-D.

Por outro lado, o desenvolvimento de produtos para tecnologia de aplicação de agrotóxicos tem apresentado várias opções ao produtor. Dentre elas, as pontas hidráulicas antideriva com pré-orifício ou com indução de ar. Esses modelos de pontas produzem gotas de maior diâmetro, sendo assim, menos propensas a serem levadas pelo vento, reduzindo a deriva. Estas pontas são indicadas para aplicação de herbicidas que necessitam de menor cobertura do alvo, como os produtos aplicados em pré-emergência e os de ação sistêmica (Viana et al., 2007) como o herbicida 2,4-D.

De modo geral, as pontas são responsáveis pela fragmentação da solução de aplicação e formação das gotas,

sendo assim, determinantes para a qualidade, segurança da pulverização e diminuição da deriva (Fernandes et al., 2007; Ferreira et al., 2011). Ademais, também influenciam a formação do espectro de gotas que é uma das variáveis mais importantes a serem controladas para que se reduzam as perdas por deriva na aplicação de agrotóxicos (Oliveira et al., 2015).

Nos modelos de pontas hidráulicas com pré-orifício a solução de aplicação passa por um orifício reduzido e chega até uma pré-câmara e posteriormente segue para outro orifício que leva ao exterior da ponta. Esse sistema diminui a velocidade da solução, e assim, reduz de 50 a 80% a formação de gotas menores que 200 µm (Boller & Raetano, 2011).

Por sua vez, os modelos de pontas com o sistema de indução de ar utilizam o princípio de *venture* para injetarem ar na solução da calda, gerando gotas com diâmetro maior e até 10% de seu volume constituído de ar (Guler et al., 2007). Estas pontas succionam o ar do ambiente externo para o seu interior através de pequenos orifícios, misturando-o com o líquido a ser pulverizado, gerando gotas de maiores diâmetros (Vallet & Tinet, 2013). Isso dificulta o seu transporte pelo vento, e conseqüentemente, reduz a deriva (Nuytens et al., 2007).

Portanto, torna-se muito importante a realização de ensaios que apontem aos produtores e técnicos quais associações dessas novas tecnologias poderão lhes garantir o controle mais eficiente nos seus tratamentos. Desta forma, objetivou-se com este trabalho, analisar a deriva do herbicida 2,4-D aplicado com pontas hidráulicas de jato planto tipo leque.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Mecanização Agrícola da Universidade Federal de Viçosa *Campus* Rio Paranaíba, seguindo delineamento experimental inteiramente casualizado, em parcela subdividida. As parcelas foram constituídas de duas soluções de aplicação: água e água + 2,4-D e as subparcelas de quatro modelos de pontas hidráulicas de vazão 1,14 L.min⁻¹: Leque simples – Jacto JSF110 (JS), leque simples com pré-orifício – Magno AD110 (JSPO), leque simples com indução de ar – Magno ADIA110 (JSIA) e leque duplo com indução de ar – Magno ADIA110 (JDIA). Foram realizadas quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

Para a análise das características do espectro de gotas gerado pelos modelos de pontas hidráulicas, foi utilizado apenas água (ASAE S572.1, 2009), assim, foi determinado o diâmetro da mediana volumétrica (DMV), que é o diâmetro da gota que divide o volume de uma população de gotículas em duas partes iguais e a amplitude relativa da população de gotas (SPAN), que mede a homogeneidade dos diâmetros de gotas produzidas na pulverização. Quanto maior o SPAN, menor a uniformidade do espectro das gotas da pulverização e, conseqüentemente, menor também é a qualidade da pulverização (Madureira et al., 2015). Determinou-se também a percentagem do volume pulverizado contendo gotas com diâmetro inferior a 100 µm (V < 100). Para isso, foi utilizado um analisador de partículas a laser (modelo Spraytech, Malvern Instruments Ltd., Malvern, Worcestershire, Reino Unido). Este equipamento possui uma distância focal de 750 mm e foi calibrado para contar

gotículas nas classes de tamanho de 0,10 - 2 500 μm . Durante as avaliações, a pressão de trabalho empregada foi de 300 kPa e a ponta hidráulica foi posicionada a 0,3 m do laser do analisador de partículas de tal modo que todo o jato que saía do bico passava transversalmente durante três segundos através do feixe de luz emitido pelo laser. Para isso, foi utilizado um motor elétrico para girar a barra de pulverização.

O efeito da deriva foi analisado em túnel de vento de circuito aberto e seção de teste fechada, com 4,8, 0,56 e 0,6 m de comprimento, altura e largura, respectivamente. A corrente de vento foi gerada por um ventilador de três hélices e 200 W de potência. A 10 cm do ventilador foram colocadas duas telas, uma de nylon, malha 2 mm e outra de metal, malha 6 mm. Em seguida, 15 cm à frente das telas foi posicionada uma colmeia composta por 560 retângulos de metal, com 2, 3 e 5 cm de altura, largura e comprimento, respectivamente, e espessura de parede de 2 mm. A finalidade das telas e da colmeia foi uniformizar e gerar fluxo laminar da corrente de ar proveniente do ventilador.

A dose utilizada do herbicida 2,4-D, Dimethylammonium (2,4-dichlorophenoxy) acetate (2,4-Ddimetilamina), marca comercial CAMPEON®, foi de 806 g i.a. ha^{-1} , para um volume de calda de 200L ha^{-1} e as soluções de aplicação foram preparadas com 10% em massa do traçador NaCl para a determinação da deriva (Abi Saab, 1996). A análise do traçador foi feita por meio de quantificação da condutividade elétrica em condutivímetro modelo mCA 150. Para isso, foi confeccionada utilizando-se água destilada duas curvas de calibração com 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; e 0,5% de cada uma das duas soluções de aplicação (Figura 1).

Para verificar a deposição do traçador foi utilizado fio de polietileno de 2 mm de diâmetro (ISO, 2005) e 0,75 m de comprimento, posicionados horizontalmente e perpendicularmente ao comprimento do túnel, à 0,25 m de altura em relação ao piso do túnel de vento e a 2,5 m da ponta de pulverização. A média das condições climáticas foi observada em um termo-hidro-anemômetro digital portátil modelo THAL-300. Durante as avaliações, observaram-se temperatura média de 22 °C e umidade relativa do ar de 76%. A velocidade do vento durante a aplicação foi de dois m.s^{-1} , a qual foi aferida no local onde a ponta foi posicionada.

A ponta de pulverização foi posicionada a 1,8 m do ventilador, na altura de 0,5 m em relação ao piso do túnel. O

sistema de pulverização foi constituído de uma bomba de pistão modelo BPF 22, com vazão entre 14 e 22 L.min^{-1} dotada de três pistões, acionada por motor elétrico de indução monofásico, com potência de 1,5 kW e equipada com comando manual e manômetro de glicerina para ajuste e aferição da pressão de trabalho, respectivamente. Antes das avaliações, o manômetro foi calibrado utilizando-se bancada de teste modelo RB 500, equipado com manômetro de referência para aferição.

A pulverização foi realizada durante dois min na pressão de trabalho de 300 kPa. Em seguida, desligou-se o ventilador e o sistema de pulverização, aguardando-se três min para que o ar no interior do túnel de vento se estabilizasse. Em seguida, o fio de polietileno foi retirado do túnel de vento e acondicionado em saco plástico com 50 mL de água destilada e agitado por 10 s para uniformização da solução e detecção da condutividade elétrica nas amostras.

Para validação da análise de variância, os dados foram submetidos ao teste de normalidade por Shapiro-Wilk e de homocedasticidade das variâncias dos tratamentos pelo teste de Levene, ambos a 5% de probabilidade. Em seguida, quando necessário, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A análise de variância do DMV, da SPAN e do $V < 100$, não foi significativa apenas para a variável SPAN. O modelo de ponta hidráulica que gerou o menor DMV e o maior $V < 100$ foi a JLS. Por outro lado, as pontas JSPO, JSIA, JDIA produziram maiores valores de DMV e conseqüentemente, menores $V < 100$ (Tabela 1).

Assim, as pontas dotadas de pré-orifício e com indução de ar mostraram-se boas ferramentas para o controle da deriva. Em especial a leque simples com indução de ar por gerar os maiores valores de DMV e os menores de $V < 100$. Quanto menor o $V < 100$ e maior o DMV, menor será o risco de ocorrer deriva durante a aplicação do agrotóxico na lavoura pois, diminui-se o percentual de gotas de diâmetro reduzido, que são as mais susceptíveis a serem perdidas por deriva (Arvidsson et al., 2011). As pontas antideriva (JSPO, JDIA e JSIA), diminuíram o $V < 100$ e aumentaram o DMV sem interferir no SPAN, em relação ao modelo JS (Tabela 1). Elas produziram, gotas menos susceptíveis à deriva mas mantiveram a variação entre os diâmetros das gotas medido pelo SPAN.

Tabela 1. Diâmetro da mediana volumétrica (DMV), amplitude relativa da população de gotas (SPAN) e percentagem de volume de calda contendo gotas com diâmetro inferior a 100 μm ($V < 100$), gerada por quatro modelos de pontas hidráulicas: leque simples (JS), leque simples com pré-orifício (JSPO), leque simples com indução de ar (JSIA) e leque duplo com indução de ar (JDIA).

Ponta hidráulica	DMV (μm)*	SPAN ^{ns}	$V < 100$ (%)*
JS	166,83 D	1,78	20,41 D
JSPO	242,73 C	1,78	12,21 C
JSIA	482,15 A	1,74	2,88 A
JDIA	394,33 B	1,73	5,11 B

*As médias seguidas por mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV (%): 1,58 (DMV); 3,41 (SPAN); 8 ($V < 100$). ^{ns} As médias não diferem a 5% de probabilidade pelo teste F da ANOVA

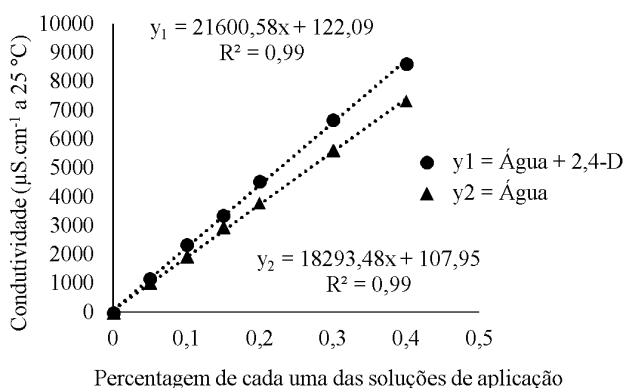


Figura 1. Curvas de calibração das soluções de aplicação para detecção da deriva no túnel de vento.

Para a avaliação da deriva no túnel de vento, a análise de variância foi significativa para a interação entre solução de aplicação e modelo de ponta hidráulica, confirmando que esses fatores não atuam de forma independente sobre a ocorrência da deriva. Assim, na escolha do modelo de ponta hidráulica deve-se considerar qual será a solução de aplicação. As pontas antideriva JSPO, JDIA e JSIA promoveram redução da deriva em cerca de 52, 70, 82% respectivamente, em relação a ponta leque simples convencional JLS (Tabela 2).

Dentre as pontas com indução de ar, pode-se observar, que independente da solução de aplicação, o modelo leque duplo com indução de ar JDIA gerou maiores valores de deriva. Isso está diretamente relacionado com o menor DMV e o maior $V < 100$ gerados por esse modelo de ponta em relação a sua análoga de leque simples JSIA (Tabela 1). O DMV e o $V < 100$ são uns dos principais aspectos que influenciam as perdas por deriva (Oliveira et al., 2015). Sendo que, quanto menor $V < 100$, menor serão essas perdas (Cunha et al., 2010). Outro ponto a favor da ponta JSIA é sua eficácia na aplicação de herbicidas em pré-emergência (Costa et al., 2007).

Quanto à diminuição da deriva utilizando pontas com pré-orifício e indução de ar em relação a ponta jato leque convencional observada no túnel de vento para o herbicida 2,4-D, isso também ocorre para o herbicida glyphosate (Fietsam et al., 2004). Pontas com o sistema venture de indução de ar reduzem a deriva em cerca de 50 a 90%, em comparação a pontas convencionais sem indução de ar (Miller, 2004). Aqui, as pontas com indução de ar reduziram em 86 (JSIA) e 75% (JDIA) o $V < 100$ em relação a ponta JS, e em 76 (JSIA) e 58% (JDIA) em comparação a ponta JLPO, explicando assim, os menores valores de deriva proporcionados pelas pontas com indução de ar.

Porém, quando se acrescentou o 2,4-D à solução de aplicação, houve diminuição de 16% da deriva na ponta JSPO e aumento de 26% nas pontas com indução de ar, em comparação à solução sem o herbicida. A adição do herbicida 2,4-D alterou a solução de aplicação e possivelmente interagiu na formação de gotas de maior diâmetro, positivamente na ponta com pré-orifício e negativamente com as pontas com o sistema venture de indução de ar. Com isso, houve diminuição da deriva na ponta JSPO e aumentando nas pontas JSIA e JDIA. A interação entre o líquido e o ar no interior das pontas dotadas de indução, torna esses modelos de pontas mais sensível às mudanças nas propriedades físicas da solução de aplicação, em comparação a modelos de pontas sem indução (Miller & Butler Ellis, 2000).

Porém, mesmo com o aumento da deriva quando se adicionou o herbicida 2,4-D a solução de aplicação nas pontas

com indução de ar, estas pontas, produziram menor deriva em comparação aos modelos JLS e JLPO. Isso mostra que o sistema de indução de ar é mais eficiente no controle da deriva proveniente da aplicação do herbicida 2,4-D.

Conclusões

A presença do 2,4-D eleva a deriva nas pontas de jato leque com indução de ar.

Em pontas de jato leque com indução de ar, o leque duplo proporciona maior deriva em relação ao leque simples.

Independentemente da presença de 2,4-D, pontas de jato leque com indução de ar são mais eficientes na redução da deriva em relação àquelas com pré-orifício.

Literatura Citada

- Abi Saab, O. J. G. Avaliação de um sistema de aplicação de defensivos utilizados em videiras no município de Londrina/PR. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1996. 65p. Tese Doutorado.
- Arvidsson, T.; Bergström, L.; Kreuger, J. Spray drift as influenced by meteorological and technical factors. *Pest Management Science*, v.67, n.5, p.586-598, 2011. <https://doi.org/10.1002/ps.2114>.
- American Society of Agricultural Engineers - ASAE. ASAE S572.1 - Spray nozzle classification by droplet spectra. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 2009. 4p.
- Boller, W.; Raetano, C.G. Bicos e pontas de pulverização de energia hidráulica, regulagens e calibração de pulverizadores de barras. In: Antuniassi, U.R.; Boller, W. (Orgs.). *Tecnologia de aplicação para culturas anuais*. Passo Fundo – RS: Aldeia Norte; FEPAF, 2011. v. 1, p. 51-80.
- Costa, A.G.F.; Velini, E.D.; Negrissoli, E.; Carbonari, C.A.; Rossi C.V.S.; Corrêa, M.R.; Silva, F.M.L. Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.203-210, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100023>.
- Craigmyle, B.D.; Ellis, J.M.; Bradley, K.W. Influence of herbicide programs on weed management in soybean with resistance to glufosinate and 2,4-D. *Weed Technology*, v.27, n.1, p.78-84, 2013. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00099.1>.
- Cunha, J.P.A.R.; Bueno, M.R.; Ferreira, M.C. Espectro de gotas de pontas de pulverização com adjuvantes de uso agrícola. *Planta Daninha*, v.28, n.spe, p.1153-1158, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582010000500023>.
- Egan, J.F.; Barlow, K.M.; Mortensen, D.A. A meta-analysis on the effects of 2,4-D and dicamba drift on soybean and cotton. *Weed Science*, v.62, n.1, p.193-206, 2014. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00025.1>.
- Fernandes, A.P.; Parreira, R.S.; Ferreira, M.C.; Romani, G.N. Caracterização do perfil de deposição e do diâmetro de gotas e otimização do espaçamento entre bicos na barra de pulverização. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.3, p.728-733, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000400016>.

Tabela 2. Porcentagem de deriva gerada por duas soluções de aplicação: água e água + 2,4-D, aplicadas com quatro modelos de pontas hidráulicas: leque simples (JS), leque simples com pré-orifício (JSPO), leque simples com indução de ar (JSIA) e leque duplo com indução de ar (JDIA).

Solução de aplicação	Porcentagem de deriva*			
	Modelo de ponta hidráulica			
	JS	JSPO	JSIA	JDIA
água	54,43 Da	29,05 Cb	8,69 Aa	14,63 Ba
água + 2,4-D	55,85 Da	24,33 Ca	10,92 Ab	18,54 Bb

*As médias seguidas por mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$). CV (%): 3,28 (solução de aplicação); 3,80 (modelo de ponta hidráulica)

- Ferreira, M.C.; Lohmann, T.R.; Campos, A.P.; Viel, S.R.; Figueiredo, A. Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. *Planta Daninha*, v.29, n.3, p.697-705, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582011000300024>.
- Fietsam, J.F.W.; Young, B.G.; Steffen, R.W. Herbicide drift reduction to drift control agents with glyphosate. *Transaction of ASABE*, v.47, n.5, p.1405-1411, 2004. <https://doi.org/10.13031/2013.17605>.
- Guler, H.; Zhu, H.; Ozkan, H. E.; Derksen, R. C.; Yu, Y.; Krause, C. R. Spray characteristics and drift reduction potential with air induction and conventional flat-fan nozzles. *Transaction of ASABE*, v.50, n. 3, p.745-754, 2007. <https://doi.org/10.13031/2013.23129>.
- International Organization for Standardization - ISO. Equipment for crop protection - methods for field measurement of spray drift, ISO/FDIS 22866:2005. Geneva: ISO, 2005. 22p.
- Leon, R.G.; Ferrell, J.A.; Brecke, B.J. Impact of exposure to 2,4-D and dicamba on peanut injury and yield. *Weed Technology*, v.28, n.3 p.465-470, 2014. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00187.1>.
- 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. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p180-185>.
- Miller, P.C.H. Reducing the risk of drift from boom sprayers. In: Raetano, C. G.; Antuniassi, U. R. (Eds.). *Qualidade em tecnologia de aplicação*. Botucatu: FEPAP, 2004. p.110-124.
- Miller, P.C.H.; Butler Ellis, M.C. Effects of formulation on spray nozzle performance for applications from ground-based boom sprayers. *Crop Protection*, v.19, n.8-10, p.609-615, 2000. [https://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194\(00\)00080-6](https://dx.doi.org/10.1016/S0261-2194(00)00080-6).
- Mortensen, D.A.; Egan, J.F.; Maxwell, B.D.; Ryan, M.R.; Smith, R.G. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, v.62, n.1, p.75-85, 2012. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.12>.
- Nuyttens, D.; Baetens, K.; de Schampheleire, M.; Sonck, B. Effect of nozzle type, size and pressure on spray droplet characteristics. *Biosystems Engineering*, Silsoe, v.97, n.3, p.333-345, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2007.03.001>.
- Oliveira Júnior, R.S.; Constantin, J.; Brandão Filho, J.U.T.; Callegari, O.; Pagliari, P.H.; Cavalieri, S.D.; Framesqui, V.P.; Carreira, S.A.M.; Roso, A.C. Efeito de subdoses de 2,4-D na produtividade de uva Itália e suscetibilidade da cultura em função de seu estágio de desenvolvimento. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.esp, p.35-40, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000200006>.
- Oliveira Neto, A.; Guerra, N.; Dan, H.; Braz, G.; Jumes, T.; Santos, G.; Constantin, J.; Oliveira Júnior, R. Manejo de *Conyza bonariensis* com glyphosate + 2,4-D e amônio-glufosinate em função do estágio de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.9, n.3, p.73-80, 2010. <https://doi.org/10.7824/rbh.v9i3.87>.
- Oliveira, R.B.; Antuniassi, U.R.; Gandolfo, M.A. Spray adjuvant characteristics affecting agricultural spraying drift. *Engenharia Agrícola*, v.35, n.1, p.109-116, 2015. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n1p109-116/2015>.
- Robinson, A.P.; Simpson, D.M.; Johnson, W.G. Summer annual weed control with 2,4-D and glyphosate. *Weed Technology*, v.26, n.4, p.657-660, 2012. <https://doi.org/10.1614/WT-D-12-00081.1>.
- Spaunhorst, D.J.; Bradley, K.W. Influence of dicamba and dicamba plus glyphosate combinations on the control of glyphosate-resistant waterhemp (*Amaranthus rudis*). *Weed Technology*, v.27, n.4, p.675-68, 2013. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00081.1>.
- Takano, H.K.; Oliveira Júnior, R.S.; Constantin, J.; Biffe, D.F.; Franchini, L.H.M.; Braz, G.B.P.; Rios, F.A.; Gheno, E.A.; Gemelli, A. Efeito da adição do 2, 4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.12, n.1, p.1-13, 2013. <https://doi.org/10.7824/rbh.v12i1.207>.
- Vallet, A.; Tinet, C. Characteristics of droplets from single and twin jet air induction nozzles: A preliminary investigation. *Crop Protection*, v.48, p.63-68, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.02.010>.
- Viana, R.G.; Ferreira, L.R.; Teixeira, M.M.; Cecon, P.R.; Freitas, F.C.L.; Quirino, A.L.S.; Santos, M.V. Características técnicas de pontas de pulverização LA-1JC e SR-1. *Planta Daninha*, v.25, n.1, p.211-218, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000100024>.