

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 57

Pulverização Eletrostática: Principais Processos Utilizados para Eletrificação de Gotas

Aldemir Chaim

Jaguariúna, SP
2006

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750 Fax: (19) 3867-8740
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ladislau Araújo Skorupa*

Secretário-Executivo: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Heloisa Ferreira Filizola, Manoel Dornelas de Souza, Cláudio César de Almeida Buschinelli, Maria Conceição Peres Young Pessoa, Osvaldo Machado R. Cabral e Marta Camargo de Assis*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Sandro Freitas Nunes*

1ª edição eletrônica

(2006)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Pulverização eletrostática: principais processos utilizados para eletrificação de gotas / Aldemir Chaim. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

17 p. : il. – (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, ; 57)

1. Agrotóxico – Tecnologia de aplicação.
2. Pulverizador.
3. Pulverização eletrostática. I. Título. II. Série.

CDD 632.94

© Embrapa 2006

Autor

Aldemir Chaim

Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia,
Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP
340 - Km 127,5 - 13.820-000, Jaguariúna, SP.
E-mail: aldemir@cnpma.embrapa.br

Sumário

Introdução	05
Pulverização eletrostática	06
Processos utilizados para geração de gotas com carga eletrostática	08
Considerações gerais	13
Referências	14

Pulverização Eletrostática: Principais Processos Utilizados para Eletrificação de Gotas

Aldemir Chaim

Introdução

O início do desenvolvimento dos equipamentos de aplicação de agrotóxicos surgiu entre 1867 e 1900, devido aos interesses dos agricultores em aumentar as produções, a qualidade dos produtos e também, pelo grande êxodo rural conseqüente da revolução industrial. Houve uma concentração de pessoas nas áreas urbanas, aumentando a demanda de produtos agrícolas, mas diminuindo a disponibilidade de mão de obra para trabalhar no campo (AKESSON & YATES, 1979). Isso forçou o desenvolvimento de novas tecnologias para aumentar a produção agrícola, principalmente aquelas que permitiriam que poucos indivíduos cultivassem áreas extensas, favorecendo, portanto, a prática da monocultura. Houve uma maior demanda de aplicação de produtos para controle de pragas e doenças que surgiram por conseqüência da prática da monocultura. Produtos cúpricos, arsenicais, mercuriais e derivados da nicotina foram os primeiros agrotóxicos utilizados para controle de pragas e doenças Bohmont (1981).

Nas primeiras aplicações de agrotóxicos, um simples tubo fino ou um orifício produzia um jato fino de líquido que, com a fricção e resistência do ar, promovia a formação de gotas grandes. Mas o processo evoluiu e, de acordo com Akesson & Yates (1979), em 1896 já eram descritas 3 categorias de bicos utilizados na agricultura: 1) bicos com orifícios em forma elíptica ou retangular, que emitiam jatos em forma de leque; 2) bicos com obstruções colocadas imediatamente à frente do orifício de saída de líquido, que também produziam jatos em forma de leque (bicos de impacto); e 3) bicos que promoviam a rotação do líquido imediatamente antes de sua emergência pelo orifício de saída, produzindo um jato

com formato cônico e vazio. Esses bicos são, até hoje, os mais utilizados na aplicação de agrotóxicos. Mas de 1896 até hoje, houve uma evolução fantástica nos processos de síntese química, com o aparecimento de milhares de novos produtos.

Atualmente, a eficácia dos agrotóxicos para o controle dos problemas fitossanitários é muito grande. Entretanto, a eficiência do controle ainda é obtida graças ao poderoso efeito tóxico das novas moléculas, que compensa a deficiente deposição obtida com as pulverizações. De certa forma, o método de aplicação empregado atualmente é o mesmo que se empregava no final do século 19, e objetiva estabelecer uma barreira tóxica na superfície do alvo, para impedir o ataque de pragas e doenças.

As deposições de agrotóxicos são inefficientes, em quase todas formas de aplicação e tipo de cultura. Em pulverização aérea por exemplo, foram verificadas perdas em torno de 50% do volume de calda aplicado (WARE et al., 1970; PESSOA & CHAIM, 1999). Em cultura de porte rasteiro como tomate e feijão, as perdas variam entre 48% a 88% (CHAIM et al., 1999a). Para piorar a situação de culturas de porte rasteiro a deposição concentra-se na região do ponteiro das plantas (CHAIM et al., 1999a, SCRAMIN et al., 2002). Em culturas de porte arbustivo, como tomateiro estaqueado, foram verificadas perdas entre 59% a 76%, dependendo do porte das plantas (Chaim et al. 1999b, c). Em videira, as perdas variaram entre 18% a 39% dependendo do tipo de equipamento e bico de pulverização (CHAIM et al., 2004). Também em videira, dependendo do tipo de equipamento empregado, as perdas para o solo variaram entre 34,5 a 48,9% (PERGHER & GUBIANI, 1995), mas em alguns casos a deposição nas plantas foi superiores a 64% do total aplicado (PERGHER et al., 1997). Em culturas de porte arbóreo como a macieira verificaram-se perdas entre 32% a 40% dependendo da variedade da fruteira (CHAIM et al., 2003). Em pulverizações de agrotóxico com jato transportado por ar, realizados em pomares de maçã, as perdas para o solo variaram entre 2 a 39% da dose total aplicada e a deriva ficou entre 23 a 45% (BUISMAN et al., 1989).

Pulverização eletrostática

Várias pesquisas têm demonstrado que o emprego de gotas pequenas proporciona os melhores resultados no controle de problemas fitossanitários. Como as gotículas com pequenas massas, possuem pouca energia cinética, sofrem grande efeito da deriva com baixa captura pelos alvos. Desta maneira, as vantagens esperadas de maior eficiência de utilização de gotas pequenas, somente se verificam em condições muito especiais. Para garantir alguma eficiência em suas pulverizações, os agricultores utilizam-se de bicos que produzem gotas grandes (maior do que 200 micrômetros), para obter um completo

molhamento das plantas.

Para que as gotas pequenas sejam eficientemente coletadas pelo alvo, livre do processo de deriva, é necessário acrescentar uma força extra às mesmas. Justamente na faixa das gotas pequenas ou muito pequenas, forças elétricas podem ser introduzidas em grandeza suficiente para controlar seus movimentos, inclusive o movimento contra a gravidade. Gotas com carga eletrostática apresentam a habilidade de se depositarem na página oposta das folhas durante as pulverizações (CHAIM, 1984).

Para se entender como ocorrem as atrações entre gotas eletrificadas e alvos, é necessário conhecer as duas leis básicas da eletrostática: Lei nº 1- cargas de polaridades opostas se atraem e semelhantes se repelem; Lei nº 2 – a carga de um corpo ou nuvem de partículas carregadas induzirá uma carga elétrica igual e oposta em algum outro corpo condutor aterrado próximo. Neste último caso, serão formadas linhas de fluxo, semelhantes às linhas dos pólos de um imã.

Gotas de uma nuvem carregada próxima a um corpo aterrado apresentarão a tendência de se movimentarem seguindo as linhas de fluxo, em virtude da primeira lei básica da eletrostática. Devido a natureza curvilínea das linhas de fluxo, as gotas projetadas por um bico poderão atingir todos os lados do corpo aterrado.

A força de atração de uma partícula carregada para a planta é composta de duas partes. A primeira é devido a ação do campo eletrostático da própria partícula em relação a sua aproximação da superfície da planta. A segunda parte é a ação das forças do campo elétrico do bico de pulverização e da nuvem sobre o campo elétrico da gota. Se os campos elétricos forem direcionados para a planta, as gotas se projetarão sobre a sua superfície.

Uma gota carregada será atraída por alguma superfície condutora seguindo um princípio denominado “força de atração da imagem”.

Considerando uma esfera carregada se aproximando de uma superfície aterrada conforme ilustra a Figura 1, a força de atração da esfera para a superfície é dada pela lei de Coulomb para cargas pontuais de sinais diferentes. A segunda carga necessária para a aplicação da Lei de Coulomb é uma imagem da carga real, localizada atrás da superfície aterrada, com sinal oposto a carga real.

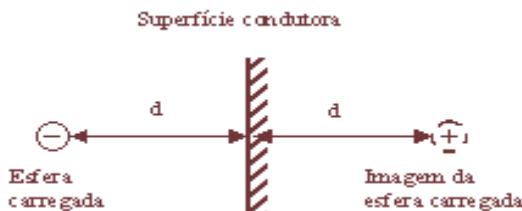


Fig.1. Efeito da atração de gota eletrificada por força da atração da sua imagem em uma determinada distância d.

A segunda parte da atração, denominada de “campo de força” ocorre porque a carga oposta a da gota, induzida na planta, cria a situação da Lei nº 1. Neste caso, a força do campo é dada por $F = EQ$, onde F é a força de atração(Newtons), E é o campo eletrostático (V/m) e Q é a carga (Coulomb).

Processos utilizados para geração de gotas com carga eletrostática

Para se entender como são produzidas as gotas eletricamente carregadas, primeiramente devem ser considerados os componentes básicos da matéria. Para facilidade de compreensão, a matéria pode ser considerada como sendo constituída de partículas elementares, algumas das quais são carregadas negativamente (elétrons), algumas carregadas positivamente (prótons) e algumas que não são carregadas (nêutrons). Normalmente a matéria é eletricamente neutra em seu estado natural, pois apresenta um número igual de elétrons e prótons, cujas cargas de sinal oposto se anulam. Assim, para que um corpo fique eletricamente carregado, é necessário provocar um desequilíbrio entre prótons e elétrons, retirando ou fornecendo elétrons do mesmo (CHAIM, 1984).

A eficiência da pulverização eletrostática é diretamente relacionada ao processo utilizado para eletrificar as gotas. A Figura 2 ilustra um processo de eletrificação de gotas por “efeito corona” onde, um eletrodo pontiagudo submetido a tensões elevadíssimas ioniza o ar, e as cargas livres se chocam com as gotas produzidas pelo bico, tornando-as eletricamente carregadas. Este processo é adequado para eletrificar gotas com tamanhos inferiores a 20 micrômetros. As gotas maiores não adquirem carga com intensidade suficiente para aumentar a eficiência da aplicação.

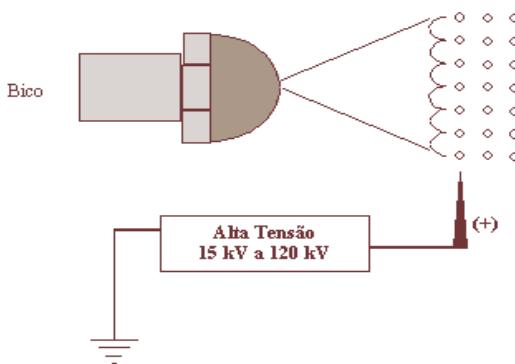


Fig. 2. Sistema de carga de gotas de pulverização por efeito “corona”.

O sistema apresentado na Figura 2 apresenta alguns problemas práticos para utilização na agricultura, pois não é adequado para gotas “grandes”. Entretanto, uma modificação no sistema, apresentado por Arnold et al. (1981 a, b, c) introduziu em um bico rotativo, um eletrodo pontiagudo submetido a 30 kV que ionizava a lâmina de líquido antes de formar as gotas. A lâmina de líquido ficava eletrizada e ao se romper na borda do disco pela ação centrífuga, gerava gotas com carga eletrostática.

A Figura 3 ilustra o processo de carga por indução com eletrificação indireta, onde o líquido é mantido aterrado, ou seja com voltagem igual a zero. Neste processo, as gotas adquirem a carga na presença de um intenso campo eletrostático, formado entre o eletrodo de indução mantido em alta voltagem e o jato de gotas. O eletrodo de indução deve ser posicionado na região da borda do jato onde as gotas se formam, em uma distância mínima suficiente para evitar centelhas de descarga entre o eletrodo e o líquido.

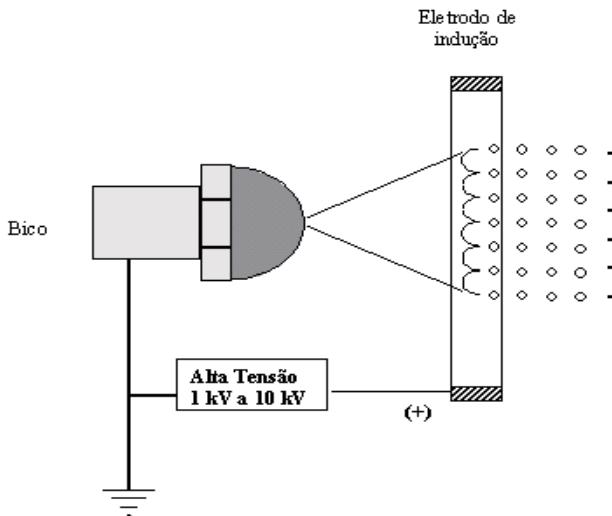


Fig. 3. Sistema de carga de gotas de pulverização por indução eletrostática, com eletrificação indireta.

O sistema de carga por indução com eletrificação indireta, apresenta as vantagens, do líquido no tanque e tubulações ficarem submetidos a voltagem zero, e. necessita voltagens relativamente baixas para eletrificação das gotas. Entretanto, as gotas adquirem carga de sinal oposto ao eletrodo de indução e

devido ao intenso campo eletrostático, elas são atraídas para esse dispositivo, molhando-o, causando escorrimento (CARROZ & KELLER, 1978). Com o molhamento do eletrodo de indução, o sistema entra em colapso e a eletrificação das gotas fica extremamente prejudicada. Para evitar o molhamento do eletrodo de indução, desenvolveu-se bicos pneumáticos eletrostáticos, onde o próprio ar que pulveriza o líquido, arrasta as gotas eletrificadas para longe da zona de influência do eletrodo de indução (LAW, 1978; CHAIM et al., 1998, 1999d, 2002). Marchant (1985) apresentou um bico rotativo com sistema de indução, no qual o eletrodo girava juntamente com o disco para evitar a atração de gotas. Esse projeto produzia gotas com carga inferior a 2 mC/L.

A Empresa Electrostatic Spraying Systems (2005) utiliza bicos pneumáticos eletrostáticos, semelhantes ao descrito por Law (1978), em seus diferentes tipos de pulverizadores. A Empresa ESS apresenta vários resultados com economia superior a 50% da dose de agrotóxicos em algumas culturas. Também apresenta uma extensa lista de trabalhos publicados em revistas científicas, com assuntos relacionados direta ou indiretamente com a pulverização eletrostática.

Na Figura 4 é apresentado o sistema de indução com eletrificação direta, onde o líquido ou o bico recebe a ação da alta tensão e um eletrodo aterrado tem a função de promover um campo eletrostático. Essa concepção é utilizada nos pulverizadores electrohidrodinâmicos (COFFEE, 1981; CHAIM, 1984), que utilizam caldas oleosas de baixa condutividade elétrica. No caso da calda com baixa condutividade elétrica, a alta tensão aplicada ao bico, consegue vencer a resistividade do líquido para transferir as cargas para as gotas.

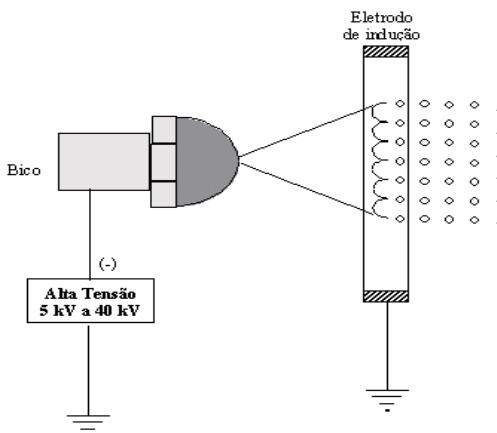


Fig. 4. Sistema de carga de gotas de pulverização por indução eletrostática, com eletrificação direta.

Apesar de a pulverização eletrohidrodinâmica ser empregada desde a década de 60 em processos de pintura eletrostática (MILLER, 1973) e mais recentemente em impressoras a jato de tinta para computadores (SWATICK, 1973), o seu emprego na agricultura só foi possível com o desenvolvimento do "Electrodyn" projetado por Coffee (1981). Para a tecnologia se tornar acessível, houve necessidade do suporte da multinacional inglesa Imperial Chemical Industries para desenvolvimento das formulações adequadas ao processo. No Brasil, Chaim (1984) desenvolveu um protótipo manual, que foi testado com sucesso no controle de trips em amendoim, usando uma formulação especial de deltametrina.

No processo eletrohidrodinâmico o líquido é submetido a um intenso campo eletrostático, que promove o aparecimento de cargas na sua superfície. A presença de cargas na superfície do líquido produz força que tem sentido oposto à força da tensão superficial. Quando a força devida à presença das cargas é superior à força da tensão superficial do líquido, ocorre uma instabilidade hidrodinâmica na superfície, provocando o aparecimento de pequenas cristas, de onde são formadas as gotas. Num bico de geometria cilíndrica, o campo eletrostático formado organiza-se em linhas de fluxo com simetria radial, promovendo o aparecimento de dezenas de cristas, que originam finos filamentos líquidos, num padrão de cone vazio. Na extremidade de cada filamento as cargas se acumulam com maior intensidade, e quando atingem um nível crítico, o líquido se rompe em gotas. Como o campo eletrostático e a tensão superficial são constantes, e a taxa de escoamento de líquido também é constante, há a formação de gotas, com cargas elétricas e tamanhos extremamente uniformes. O tamanho das gotas depende, fundamentalmente, da tensão superficial, da intensidade do campo eletrostático e de determinadas características físicas do líquido. Desta forma, somente líquidos especiais conseguem ser pulverizados com esse processo. Óleos minerais e vegetais reúnem algumas das características físicas adequadas para a pulverização, precisando entretanto serem aditivados com solventes polares para melhorar a condutividade elétrica e tensão superficial. Em testes rápidos (não publicados), realizados em laboratório da Embrapa-CNPMA com uma mistura de óleo mineral medicinal e ciclohexanona, obteve-se uma taxa de deslocamento de carga de 0,7 microampéres, com um bico operando em uma vazão de 6 ml/min. (equivalente à aplicação de 1 l/ha) e 25 kV de tensão. Isso produziu uma relação carga massa de, 7 mC/L o que é um excelente nível. Para conseguir essa pulverização, o bico consumiu aproximadamente 18 miliwatts de potência, o que torna esse processo o mais econômico do mundo, e com excelentes possibilidades de uso na agricultura. Endacott (1983) demonstrou que a contaminação do solo é 20 vezes menor com a pulverização eletrohidrodinâmica, quando comparada com a pulverização

hidráulica convencional. O pulverizador manual Electrodyn, foi utilizado no nordeste brasileiro, contra pragas do algodão entre 1980 e 1990 e experimentos de campo comprovaram que essa tecnologia permite redução de aproximadamente 5 vezes a dose de ingrediente ativo em relação a pulverização convencional (ARAUJO et al., 2002).

O principal problema para a pulverização eletrohidrodinâmica é a dificuldade de desenvolvimento de formulações específicas para utilização em campo. Como o volume de calda consumido fica em torno de 1 L/ha, só é possível utilizar aqueles ingredientes ativos miscíveis em óleo e, principalmente, com alto poder toxicó em baixa concentração para pragas e doenças.

A Figura 5 ilustra um sistema de indução com eletrificação direta, onde a indução ocorre entre a planta e o jato de gotas mantido em alta tensão. Como não existe eletrodo de indução, a voltagem de eletrificação deve ser alta e suficiente para criação de um intenso campo eletrostático entre o bico e a planta. Assim a carga das gotas dependerá da distância em que o bico é posicionado em relação a planta.

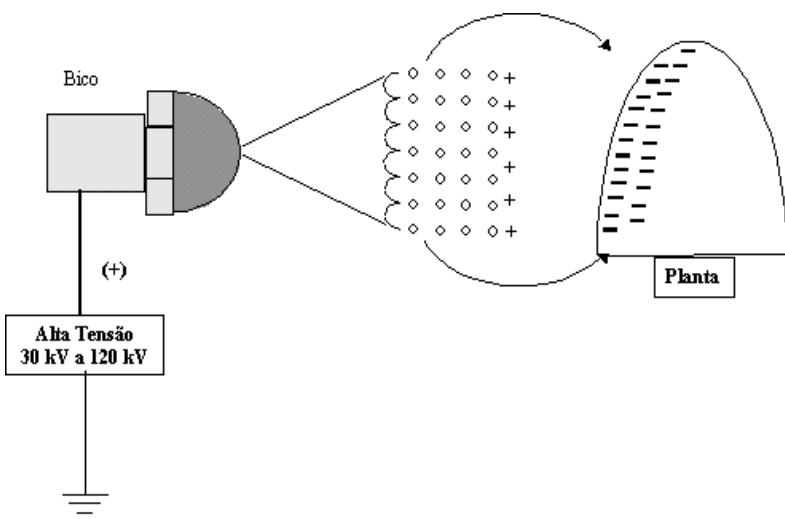


Fig. 5. Sistema de carga de gotas de pulverização por indução eletrostática, com eletrificação direta.

O sistema de indução com eletrificação direta apresenta, como fato positivo, a falta de necessidade do eletrodo de indução, eliminando a necessidade de utilização de mecanismos para evitar a atração das gotas. Entretanto como fato negativo, a inexistência de eletrodo de indução faz com que o campo eletrostático seja variável. Neste caso, a intensidade de carga do jato das gotas será totalmente dependente da distância do bico de pulverização em relação a planta. Como o bico deverá passar com distância entre 20 e 40 cm das plantas, a voltagem necessária para eletrificação das gotas deverá ser superior a 30 000 volts e neste caso, todo o circuito hidráulico ficará submetido a tensão de eletrificação do jato de gotas. Esse fato exige que sejam adotadas várias providências para isolamento do tanque, bomba hidráulica, tubulações, entre outras para segurança dos aplicadores.

A Empresa Agco (2005) lançou um pulverizador eletrostático autopropelido, Spra Coupe, que adota o princípio da carga por indução com eletrificação direta. O equipamento possui um tanque principal e um outro menor onde é feita a eletrificação da calda. O isolamento do tanque principal é realizado com um chuveiro que goteja a calda dentro do tanque menor. Com o gotejamento ocorre a quebra de continuidade do líquido, e a alta tensão não atinge o tanque principal.

A Embrapa Meio Ambiente em parceria com a Jacto S/A, desenvolveu um pulverizador eletrostático costal que utiliza o sistema de indução com eletrificação direta. Esse equipamento permite a aplicação de qualquer tipo de formulação miscível em água e visualmente, apresenta deposição muito semelhante àquela obtida com o antigo Electrodyn.

Considerações gerais

A pulverização eletrostática é uma alternativa promissora para redução de perdas na aplicação de agrotóxicos. Hislop (1988), numa revisão sobre o emprego de gotas com carga eletrostática para aplicação de agrotóxicos, afirmou que é possível reduzir, mais de 50% dos ingredientes ativos recomendados nas aplicações, sem reduzir a eficácia biológica. Além de aumentar a eficiência no controle, a pulverização eletrostática reduz os efeitos dos inseticidas sobre os organismos que vivem no solo, porque as perdas para o solo chegam a ser 20 vezes menores que numa pulverização convencional (ENDACOTT, 1983). Entretanto segundo Hislop (1988) alguns equipamentos eletrostáticos não proporcionam resultados consistentes de controle, porque os projetos desenvolvidos não geram gotas com nível de carga suficiente para melhorar a deposição, ou o tamanho de gotas produzidas não é adequado para uso com carga eletrostática. Chaim et al. (2002) verificou com bocal eletrostático adaptado em

pulverizador motorizado costal, que existe uma correlação linear entre intensidade de carga do jato de gota e deposição, ou seja, para cada milicoulomb por litro de calda pulverizada, ocorre um aumento de 10% na deposição. O sucesso da pulverização eletrostática depende de soluções tecnológicas, para que os pulverizadores gerem gotas com tamanhos entre 50 mm a 100 mm de diâmetro e intensidade de carga, superior a 4,0 mC/L. Se essas condições forem atendidas a pulverização eletrostática terá como benefício direto aumento da eficiência de controle de pragas e doenças, porque haverá deposição expressiva de agrotóxico na face interior das folhas. No caso de plantas que apresentam alta densidade de folhas, a eficiência poderá ser maior se jatos de ar auxiliarem o transporte das gotas com carga eletrostática para o interior das plantas.

Referências

- AGCO. **Spra Coupe**. Disponível em: <<http://www.agco.com.br>>. Acesso em: 17 out. 2005.
- AKENSON, N. B.; YATES, W. E. **Pesticide application equipment and techniques**. Roma: FAO, 1979. 257p. (FAO Agricultural Services Bulletin).
- ARAUJO, L. H. A.; SANTOS, R. F.; SOUSA, S. L.; QUEIROGA, V. P.; LIMA, N. J. **Avaliação da mistura endosulfan com óleos vegetais para o controle do bichudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera:Curculionidae)**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002. 6p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 151).
- ARNOLD, A. J.; CAYLEY, G.R.; DUNNE, Y.; ETHERIDGE, P.; GRIFFITHS, D.C.; PHILIPS, F. T.; PYE, B.J.; SCOTT, G. C.; VOJVODIC, P. R. Biological effectiveness of electrostatically charged rotary atomisers. I. Trials on field beans an barley, 1981. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.105, p.353-359, 1981a.
- ARNOLD, A. J.; CAYLEY, G.R.; DUNNE, Y.; ETHERIDGE, P.; GRIFFITHS, D.C.; JENKYN, J. F.; PHILIPS, F. T.; PYE, B.J.; SCOTT, G. C.; WOODCOCK, C.M. Biological effectiveness of electrostatically charged rotary atomisers. II. Trials with cereals, 1982. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.105, p.361-367, 1981b.

ARNOLD, A. J.; CAYLEY, G.R.; DUNNE, Y.; ETHERIDGE, P.; GREENWAY, A.R.; GRIFFITHS, D.C.; PHILIPS, F. T.; PYE, B.J.; RAWLINSON, C. J.; SCOTT, G. C. Biological effectiveness of electrostatically charged rotary atomisers. III. Trials on arable crops other than cereals, 1982. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v.105, p.369-377, 1981c.

BOHMONT, B.L. **The new pesticide user's guide**. Fort Collins: B. & K. Enterprises, 1981. 402 p.

BUISMAN, P.; SUNDARAM, K. M. S.; SUNDARAM, A.; TRAMMEL, K. Field deposit patterns of a diflubenzuron spray mix, after application to apple orchard using an air-blast sprayer, and a laboratory evaluation of physical properties an atomization characteristics. **Journal of Environmental Science and Health**, New York, v.24, n.4, p.389-411, 1989

CARROZ, J.W.; KELLER, P. N. Electrostatic induction parameters to attain maximum spray charge. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.21, n.1, p.63-69, 1978.

CHAIM, A. **Desenvolvimento de um pulverizador eletrohidrodinâmico: avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (*Enneothrips flavens* Moulton, 1951), em amendoim (*Arachis hypogaea* L.)**. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 1984. 107p. Dissertação de Mestrado.

CHAIM, A. Aperfeiçoamento de bico de pulverização eletrostática para geração de gotas com alto nível de carga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.4, p.463-470, 1998.

CHAIM, A.; VALARINI, P.J.; OLIVEIRA, D.A.; MORSOLETO, R.V.; PIO, L.C. **Avaliação de perdas de pulverização em culturas de feijão e tomate**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente. 1999a. 29p. (Embrapa Meio Ambiente, Boletim de Pesquisa, 2)

CHAIM, A.; CASTRO, V.L.; CORRALES, F.; GALVÃO, J.A.H.; CABRAL, O.M.R. Método para monitorar perdas na aplicação de agrotóxicos na cultura do tomate. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.5, p.741-747, 1999b.

CHAIM, A.; PESSOA, M. C. P. Y.; CASTRO, V. L. S.; FERRACINI, V. L.; GALVÃO, J. A. H. Comparação de pulverizadores para tratamento da cultura do tomate estaqueado: avaliação da deposição e contaminação de aplicadores.

Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v.9, p.65-74, 1999c.

CHAIM, A.; LARANJEIRO, A.J.; CAPALBO, D.M.F. **Bico pneumático eletrostático para aplicação de inseticidas biológicos em floresta de eucalipto.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999d. 33p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa, 3).

CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de agrotóxicos obtida com bocal eletrostático para pulverizador costal motorizado.

Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.37, n.497-501, p. 963-969, 2002.

CHAIM, A.; BOTTON, M.; SCRAMIN, S.; PESSOA, M. C. P. Y.; SANHUEZA, R. M. V.; KOVALESKI, A. Deposição de agrotóxicos pulverizados na cultura da maçã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.7, p.889-892, 2003.

CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L. Eficiência de deposição de pulverização em videira comparando bicos e pulverizadores. **Pesticidas:** revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v.14, p.39-46, 2004.

COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. **Outlook on Agriculture**, Elmsford, v.10, n.7, p.350-356, 1981.

ELECTROSTATIC SPRAYING SYSTEMS. What is air-assisted electrostatic spraying?. Disponível em: <<http://www.maxcharge.com>>. Acesso em: 17 out. 2005.

ENDACOTT, C.J. Non-target organism mortality: a comparison of spraying techniques. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PROTECTION, 10., 1983, Brighton. **Proceedings...** Croydon: BCPC, 1983. v.2, p.502.

HISLOP, F.C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. **Weed Technology**, North Dakota, v. 2, p. 94-104, 1988.

LAW, S. E. Embedded-electrode electrostatic-induction spray nozzle: theoretical and engineering design. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.21, p.1096-1104, 1978.

MARCHANT, J.A. An electrostatic spinning disc atomiser. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.2, p.386-392, 1985.

MILLER, E.P. Electrostatic coating. In: MOORE, A. D. (Ed.). **Electrostatics and its applications**. New York: John Wiley, 1973. p. 250-306.

PERGHER, G.; GUBIANI, R. The effect of spray application rate on foliar deposition in a hedgerow vineyard. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, n.61, p. 205-216, 1995.

PERGHER, G.; GUBIANI, R.; TONETTO, G. Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. **Crop Protection**, Oxford, v.16, n.1, p.25-33, 1997.

PESSOA, M.C.P.Y.; CHAIM, A. Programa computacional para estimativa de uniformidade de gotas de herbicidas aplicados por pulverização aérea. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.45-56, 1999.

SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; PESSOA, M.C.P.Y.; FERRACINI, V.L.; PAVAN, L.A.; ALVARENGA, N. Avaliação de bicos de pulverização de agrotóxicos na cultura do algodão. **Pesticidas: revista de ecotoxicologia e meio ambiente**, Curitiba, v.12, p.43-50, 2002.

SWATICK, D.S. Nonimpact printing. In: MOORE, A. D. (Ed.). **Electrostatics and its applications**. New York: John Wiley, 1973. p.307-335.

WARE, G. W.; CAHILL, W. P.; GERHARDT, P. D.; WIT, J. M. Pesticide drift IV. On-target deposits from aerial application of insecticides. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.63, n.8, p.982-1983, 1970.



**Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento**