

10065
CNPMA
1990
ex. 2
FL-10065a

Técnica

ISSN 0102-938X
Agosto, 1990

Número 5

UMA NOVA PROPOSTA PARA A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária

Uma nova proposta para a

Defesa da Agricultura - CNPDA

1990

FL-10065a



37509-2

CIRCULAR TÉCNICA Nº 5

ISSN 0102-938X
Agosto, 1990

UMA NOVA PROPOSTA PARA A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Aldemir Chaim



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura e Reforma Agrária
Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura - CNPDA
Jaguariúna, SP

© EMBRAPA - 1990

Exemplares desta publicação podem ser solicitados ao:

CNPDA/EMBRAPA

Rodovia SP-340, km 127,5

Caixa Postal 69

13820 Jaguariúna, SP

Comitê de Publicações

Presidente: Wagner Bettiol

Secretária: Eliana de Souza Lima

Membros: Antonio Luiz Cerdeira

João Carlos Canuto

Margarida Maria Hoeppe Zaroni

Maria Amélia de Toledo Leme

Reinaldo Forster

Tiragem: 500 exemplares

Os trabalhos publicados pelo Comitê de Publicações – CNPDA refletem exclusivamente a opinião do(s) autor(es).

Chaim, A. Uma nova proposta para a tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Jaguariúna: EMBRAPA/CNPDA, 1990.

29p. (EMBRAPA-CNPDA. Circular Técnica, 5).

1. Defensivos agrícolas—Técnicas de aplicação. I. Título. II. Série.

CDD 632.94

SUMÁRIO

Introdução.....	5
Processosde geração de gotas.....	6
Movimento das gotas para o alvo.....	12
Controle da trajetória das gotas.....	13
Deposição das gotas nos alvos.....	15
Resposta biológica.....	15
Sistema de aplicação atual.....	16
Considerações finais.....	19
Referências bibliográficas.....	23

UMA NOVA PROPOSTA PARA A TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

Aldemir Chaim¹

INTRODUÇÃO

A maioria das aplicações dos defensivos agrícolas tem sido feita através dos pulverizadores. Esses pulverizadores, que aplicam o defensivo diluído em grandes volumes de água, foram desenvolvidos no século passado. Normalmente, o líquido é bombeado e passa sob pressão por um orifício, para produzir uma nuvem de gotas de tamanhos diferentes. Os volumes empregados no tratamento das culturas de porte rasteiro têm variado entre 200 a 600 litros por hectare. Os bicos utilizados nos equipamentos geram gotas que variam de 20 micrometros a 400 micrometros ou mais.

Esse sistema de aplicação, apesar de ter promovido controles efetivos dos problemas fitossanitários, tem se mostrado extremamente ineficiente na prática. Algumas vezes, mais de 99% do

¹ Eng. Agr., MSc, EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura, Cx. Postal 69, CEP 13820, Jaguariúna - SP.

defensivo não atingem o alvo desejado. GRAHAM-BRYCE (1977) tem estimado, que em alguns casos, pouco menos de 0,02% da dose aplicada tem sido aproveitada para controlar um tipo de inseto de folhagem.

Os altos custos de energia necessária para produzir e distribuir produtos químicos e a preocupação geral com a qualidade do meio ambiente, exigem mudanças nos sistemas convencionais de aplicação, para reduzir os desperdícios e os efeitos colaterais nocivos.

Para se aperfeiçoar os sistemas de aplicação de defensivos é necessário compreender melhor a produção das gotas e seu subsequente movimento para o alvo biológico desejado.

PROCESSOS DE GERAÇÃO DE GOTAS

Pulverização hidráulica

A lâmina de líquido produzida por bico hidráulico se desintegra em filamentos e posteriormente em gotas de tamanhos variados (FRASER, 1956). A variação na pressão afeta o tamanho das gotas e o uso de baixa pressão reduz a produção de gotas aerossóis (menores que 50 μm), responsáveis pela deriva para áreas vizinhas, mas por outro lado pode proporcionar a produção de gotas

muito grandes e indesejáveis. O controle do tamanho das gotas, bem como a sua dispersão, têm sido conseguidos com algumas alterações no meio ambiente próximo ao rompimento da lâmina líquida, alterações no desenho do orifício, ou mesmo com a adição de adjuvantes químicos que alteram a viscosidade e a tensão superficial do líquido.

Pulverização pneumática

A pulverização pneumática ocorre quando um jato de ar em alta velocidade colide com um jato de líquido em baixa velocidade. O controle do tamanho das gotas é proporcionado pela diferença da velocidade relativa dos dois fluídos. Esses bicos são empregados atualmente nos pulverizadores costais motorizados e em alguns tipos de pulverizadores tratorizados (pulverizadores tipo canhão).

LAW (1978) idealizou um pequeno bico pneumático eletrostático para ser usado em pulverizadores tratorizados.

CHAIM (1988) pediu patente para um pulverizador pneumático eletrostático costal, acionado por alavanca manual, que usa um bico especialmente projetado para trabalhar com 2,01b / po1². Esta grande redução de pressão de pulverização só foi possível através de um sistema revolucio-

nário que altera o ângulo de incidência do jato de ar em relação ao líquido, proporcionando uma maior transferência de energia pneumática para a pulverização.

Pulverização centrífuga

O tamanho das gotas produzidas através de um disco que gira em determinada velocidade é inversamente proporcional à velocidade angular (WALTON & PREWETT, 1949) e é afetado pela vazão. Nas razões menores, as gotas produzidas são mais uniformes do que nas vazões maiores. Para melhorar a produção de gotas, tem-se incorporado ranhuras que alimentam dentes distribuídos por toda a circunferência do disco. Para cada projeto de disco, existe uma vazão particular máxima. Muitas vezes vários discos são montados em um eixo comum, e isso proporciona uma elevada vazão sem uma alteração significativa no tamanho das gotas produzidas.

Com o ULVA, pulverizador manual que usa um bico centrífugo, BALS (1971) introduziu algumas idéias inovadoras na aplicação de defensivos.

ARNOLD & PYE e MARCHANT (1985) desenvolveram projetos especiais para carregar eletrostaticamente as gotas produzidas por esse sistema.

Pulverização eletrohidrodinâmica

VONNEGUT & NEWBAUER (1952) descreveram um sistema de produzir gotas monodispersas, isto é, sem variação no tamanho das mesmas, com carga eletrostática com líquidos de baixa condutividade elétrica, usando exclusivamente alta tensão positiva em tubos capilares. Um estudo das gotas produzidas por esse sistema foi feito por HENDRIKS (1962). BURAYEV & VERESHCHAGIN (1972) estudaram os processos físicos envolvidos nesse sistema estabelecendo condições teóricas para a pulverização, e os valores limites de tensão superficial e condutividade do líquido.

Uma das primeiras aplicações desse sistema foi em pintura eletrostática e o equipamento que é descrito por MILLER (1973) foi patenteado por Starkey e Ransburg em 1954.

JONES & THONG (1971) e THONG & WEINBERG (1971), estudaram a possibilidade de aplicar a pulverização eletrohidrodinâmica para produzir gotas e controlar a combustão de determinados combustíveis.

SWATICK (1973) descreve um sistema de impressão de computador, em que o processo de pulverização eletrohidrodinâmica é usado para gerar gotas de tinta (com carga eletrostática), que são defletidas por eletrodos especiais para for-

mar os caracteres no papel.

O uso da pulverização eletrohidrodinâmica para a aplicação de produtos na agricultura foi elegantemente aperfeiçoado por COFFEE (1979).

Em janeiro de 1983 iniciaram-se os estudos sobre gotas produzidas por um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico, desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-UNESP de Jaboticabal (CHAIM, 1984).

Basicamente, o processo eletrohidrodinâmico produz gotas por ação exclusiva das forças devidas à presença de carga na superfície do líquido e do campo eletrostático. Se um líquido que apresentar na sua superfície uma densidade de carga ρ_s C/m², for submetido à ação de um campo elétrico, este campo exercerá uma força sobre a carga superficial dada por: $F_s = \rho_s E$. Essa força tentará tirar a carga da superfície do líquido. A presença de um campo elétrico suficientemente forte, provocará a ruptura da superfície do líquido. Serão formadas gotas com alta densidade de carga. Nenhuma força hidrodinâmica ou mecânica necessita ser usada na situação descrita. A força de ruptura é inteiramente elétrica e o consumo de energia é o mais baixo que se tem notícia. O tamanho das gotas produzidas é inversamente relacionado à voltagem, mas é proporcional

à vazão do líquido.

Pulverização eletroaerodinâmica

Sem dúvida, o processo eletrohidrodinâmico é capaz de gerar gotas de excelente qualidade, com um consumo de energia extremamente inferior a qualquer outro processo conhecido. Entretanto, nem todas as caldas de produtos usados no controle fitossanitário apresentam condições de viscosidade, tensão superficial e condutividade elétrica adequadas para a pulverização eletrohidrodinâmica. Nesse caso, se forem promovidas perturbações hidrodinâmicas na superfície do líquido com carga elétrica, como por exemplo, pequenas ondulações, as cargas presentes na superfície do líquido rapidamente se acumulam nas cristas destas ondas, aumentando as forças de oposição molecular nessa região. Consequentemente, estas cristas se romperão formando gotas com elevada densidade de carga. Uma forma de se produzir perturbações hidrodinâmicas é forçar a passagem de um gás em velocidade ao longo da superfície do líquido (MAYER, 1962).

GARMENDIA (1977) promoveu estudo teórico sobre a pulverização eletroaerodinâmica em que foi considerada a ação combinada de um campo eletrostático e um fluxo de ar paralelo, que criava

ondas na superfície do líquido. Baseado nesse estudo e na informação de FRASER (1956) de que a transferência de energia de um fluxo de ar paralelo a um jato de líquido é extremamente ineficiente, Chaim desenvolveu um bico eletroaerodinâmico vortical, que necessita de pressão e velocidade de ar extremamente pequenas para produzir gotas com carga eletrostática.

MOVIMENTO DAS GOTAS PARA O ALVO

Durante o período em que as gotas se movimentam do bico gerador para o alvo, ficam sujeitas ao efeito de uma série de fatores: efeito da gravidade, efeito de fatores meteorológicos e dispersão.

- a) Efeito da evaporação: a superfície do líquido aumenta enormemente quando ele é quebrado em pequenas gotas, principalmente quando as gotas são menores que 50 μm . Se o líquido pulverizado for volátil, a taxa de evaporação aumentará drasticamente. O principal diluente empregado na aplicação de defensivos é a água, que possui a grande desvantagem de ser volátil. A velocidade de evaporação das gotas água aumenta com a elevação da temperatura e com a diminuição da umidade relativa.

- b) Efeito da gravidade: uma gota liberada em ar parado acelerará em um movimento descendente sob a força da gravidade, até que a força gravitacional seja equilibrada pelas forças do arraste aerodinâmico. Nesse ponto do equilíbrio, a gota continuará a cair em uma velocidade constante denominada "velocidade terminal". Esse fator é importante porque, dependendo do tempo que a gota demora para atingir o alvo, sofrerá maior ação da deriva pela ação do vento ou evaporação.
- c) Efeitos meteorológicos: os principais fatores meteorológicos que afetam o movimento das gotas são: temperatura, umidade relativa, velocidade e direção do vento.
- d) Dispersão das gotas: a distância do bico ao alvo, a velocidade e a turbulência do vento predominante durante a aplicação e o tamanho das gotas geradas, podem contribuir para que grande parte do produto aplicado atinja ou não o alvo.

CONTROLE DA TRAJETÓRIA DAS GOTAS

Atualmente, existe um interesse considerável em usar forças eletrostáticas para sobrepor às desvantagens da dependência do movimento do ar na deposição. Existe uma hipótese (COFFEE ,

1979) de utilizar o próprio campo eletrostático existente entre bico carregado e a planta aterrada para acelerar o movimento das gotas com carga eletrostática. Entretanto, isso é contestado por MARCHANT (1980) que aponta dois fatores frustrantes: a) campo não uniforme proporcionado pelos pequenos eletrodos de alta tensão dos bicos; b) efeito da blindagem dos próprios alvos (gaiola de Faraday). Entretanto, existem outros efeitos, devido à presença de carga na superfície das gotas, que indiscutivelmente aumentam consideravelmente a deposição (MAC CARTNEY & WOODHEAD, 1983).

Vários países têm estudado intensivamente o uso da pulverização eletrostática para aplicação de defensivos e hoje, provavelmente, já existem dezenas ou mesmo centenas de trabalhos publicados provando o aumento de eficiência que essa técnica promove. HISLOP (1988), numa ampla revisão sobre o assunto, conclui que, com as atuais técnicas de pulverização eletrostática, é possível reduzir com facilidade 50% das doses aplicadas, sem reduzir a eficiência biológica. Tais reduções são economicamente e ambientalmente desejáveis. Além da redução das doses, a técnica eletrostática também reduz os efeitos colaterais de inseticidas sobre aqueles organismos que vivem no solo (ENDACOTT, 1983).

DEPOSIÇÃO DAS GOTAS NOS ALVOS

Existem muito poucos estudos sobre os diferentes tamanhos de gotas e a eficácia biológica, devido à enorme variação de uniformidade das gotas que a maioria dos equipamentos produz, e a complexidade das superfícies que são tratadas (MATTHEWS, 1981).

Determinadas superfícies são difíceis de molhar e por outro lado, gotas menores que 100 μ m podem não apresentar energia cinética suficiente para se depositar em alvos. Evidentemente, nesses casos é necessária a utilização de adjuvantes tensoativos (DAVID, 1959).

Novamente, nesse caso, a eletrostática tem mostrado resultados excelentes quando é necessário o uso de pequenas gotas (ARNOLD & PYE, 1980; LAW, 1982; MORTON, 1982).

RESPOSTA BIOLÓGICA

A eficiência da aplicação é diretamente ligada ao tamanho ótimo de gota para o alvo selecionado (HIMEL, 1969; HIMEL & MOORE, 1969). Além do tamanho é necessário um critério adequado de densidade de gotas por unidade de área (FISHER & MENZIES, 1973; FISHER & MENZIES, 1974). A adoção dessas duas práticas, às vezes, resulta numa re-

dução da concentração de ingrediente ativo na calda, necessário para o controle efetivo do problema fitossanitário (FISHER et alii, 1974; ADAMS & HALL, 1989).

Nos procedimentos padrões para registros de produtos químicos, os trabalhos de teste de eficiência de campo, dão pouca importância ao método de aplicação utilizado. Normalmente, se preocupam com o volume de calda utilizado, mas omitem informações sobre o tipo de bico, pressão de operação e, principalmente, o tamanho e densidade das gotas utilizados no experimento. Mesmo para aqueles casos de pulverização a alto volume, em que o tamanho das gotas não tem nenhuma importância, é necessário conhecer a quantidade de produto químico que ficou retido no alvo. Esses dados seriam importantes para as indústrias terem noção sobre o comportamento dos seus produtos. Muitas vezes uma aplicação deficiente pode mascarar a eficácia dos produtos.

SISTEMA DE APLICAÇÃO ATUAL

Normalmente, a aplicação de defensivos que os pequenos agricultores praticam é feita com pulverizadores costais manuais, que possuem um tanque com capacidade de 20 litros.

As embalagens dos produtos recomendados

para controlar os diferentes problemas fitossani-
tários, trazem as indicações para se aplicar X
g/ml do produto por hectare ou X g/ml do produto
por 100 litros de água. Quando existe a recomen-
dação para se aplicar X g/ml do produto comercial
por hectare, é necessário conhecer qual a vazão
do bico utilizado no pulverizador para se estabe-
lecer quanto do produto se coloca no tanque do
equipamento. Dependendo da vazão do bico, é ne-
cessário abastecer entre 10 a 20 vezes o tanque
do pulverizador costal para se tratar um hectare.
Como existe a crença de que a aplicação só é bem
feita quando se molha a planta inteira, dificil-
mente o agricultor consegue aplicar a dose corre-
ta. Por outro lado, com a recomendação de X g/ml
por 100 litros de água, quando é necessário mo-
lhar a planta, dependendo do bico do pulveriza-
dor, a dose correta pode não estar sendo aplica-
da.

Os pulverizadores costais manuais já vêm
de fábrica equipados com bico, que nem sempre é
o mais indicado para ser usado no tratamento fi-
tossanitário específico do agricultor. Apesar
disso, raramente se troca o bico do pulverizador
costal.

Uma aplicação correta de defensivos envol-
ve uma complexa interação de conhecimentos que,

na prática, é impossível de ser entendida e utilizada pelos agricultores.

O custo do desperdício dos caríssimos defensivos agrícolas com os presentes sistemas de aplicação e as perdas das culturas como consequência final dos tratamentos, têm se tornado inaceitáveis. Uma outra consideração sobre o atual sistema de aplicação é que a maioria dos acidentes com defensivos ocorre durante a diluição de formulações concentradas (ZANDSTRA, 1987).

É necessário que os novos sistemas de aplicação tenham incorporado aos seus projetos alguns aperfeiçoamentos, que visem reduzir o uso de equipamento de proteção individual por parte dos operadores.

Quando os pulverizadores centrífugos manuais foram introduzidos, a idéia original foi de que os produtos químicos adequadamente formulados fossem fornecidos em um frasco / tanque de plástico de um litro, para evitar os erros e acidentes que ocorrem durante a mistura. Contudo, o alto custo dos novos frascos fez com que os agricultores preferissem reabastecer com outras formulações diferentes da inicial (MATTHEWS, 1981).

Os custos de transporte exigem que sejam aplicados volumes menores que 1 l/ha de formulações especiais. Assim, os novos projetos dos

equipamentos devem considerar este fato.

O uso de gotas com carga eletrostática tem proporcionado aplicações de volumes em torno de 0,5 l/ha e isso reabre o potencial para uso de tanques acoplados diretamente ao bico pulverizador, de maneira que o agricultor não necessite diluir ou transferir produtos para o equipamento. Essa é a função do conceito do tanque Bozzle do pulverizador Electrodyn (COFFEE, 1981). Além disso, o bico plástico do Electrodyn assegura que as características do tamanho das gotas e vazão sejam mantidos para aquele tipo de formulação. O risco dos frascos vazios, como fonte de poluição, pode ser reduzido desde que eles sejam reaproveitados pela indústria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os defensivos agrícolas continuarão a ter um importante papel nos programas de manejo, mas deve ser dada uma grande ênfase para as tecnologias e manejos de aplicação de defensivos que usem menor energia para distribuir menores quantidades de ingrediente ativo e talvez reduzir os desperdícios, diminuindo os efeitos colaterais prejudiciais.

Os pequenos agricultores não têm instruções suficientes para medir, misturar ou prepa-

rar as quantidades corretas de defensivos agrícolas. A chance de aplicar a dose correta é muito pequena. Além disso, mesmo que o produto seja preparado corretamente, o esforço necessário para conduzir e acionar o equipamento, contribui para dificultar a distribuição correta do produto.

O uso de produtos químicos por pequenos agricultores, tem gerado críticas severas e são originadas por acidentes de envenenamentos que nem sempre são computados nas estatísticas dos órgãos oficiais. Os aplicadores estão altamente expostos à contaminação durante a medição e mistura dos produtos concentrados. Além disso, durante a aplicação, os operadores de equipamentos costas manuais, invariavelmente deslocam a lança na frente e isso provoca uma pesada contaminação de suas pernas. As condições de climas quentes não só aumentam a fadiga dos operadores favorecendo acidentes, mas também inviabilizam o uso de roupas protetoras.

Os pequenos agricultores necessitam de equipamentos duráveis, leves, fáceis de operar com pouca energia e com quantidades de defensivos pré-selecionadas. Esses sistemas de aplicação em alvos específicos têm baixa tolerância de erros, especialmente quando altas concentrações

são aplicadas em volumes reduzidos para controle das pragas. Evidentemente, os equipamentos hidráulicos existentes exigirão técnicos especializados para operá-los e mantê-los, mas o objetivo é fornecer ao usuário um sistema de aplicação mais fácil de operar, transferindo assim a complexidade para as indústrias. Assim, será necessária uma participação maior das indústrias químicas e de equipamentos na elaboração de novas tecnologias.

A elaboração de novas tecnologias exige atualmente, que algumas condições sejam observadas:

- O equipamento deve ser extremamente leve e fácil de operar;
- O volume de aplicação deve ser menor que 1 l/ha;
- O produto químico deve estar pronto para uso numa embalagem que pode servir de tanque ao equipamento;
- Essa embalagem deve ser reciclável e apresentar desenhos ou fotografias dos tipos de pragas e culturas em que o produto pode ser utilizado;
- Com a embalagem correta e a velocidade de deslocamento adequada, o equipamento deve gerar gotas no tamanho e densidade suficientes para o controle efetivo da praga;
- O equipamento de aplicação deve apresentar re-

quisitos de segurança para minimizar, ou mesmo evitar a necessidade do uso de roupas de proteção individual pelo aplicador.

Desde que essas condições sejam respeitadas, restaria ao usuário a responsabilidade de deslocar-se corretamente na área tratada.

O pulverizador Electrodyn da Imperial Chemical Industries já incorpora em seu projeto algumas das propostas citadas.

O Centro Nacional de Pesquisa de Defesa da Agricultura da EMBRAPA tem testado um pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual. Este equipamento caracteriza-se por aplicar reduzidos volumes por hectare (menos de 2,0 l/ha) de caldas especiais para ultra baixo volume. A alavanca manual aciona uma bomba pneumática que fornece ar em volume e pressão suficientes para um bico pneumático eletrostático, especialmente projetado para trabalhar com menos de 2,0 lb/pol². O esforço físico no bombeamento é bastante inferior ao pulverizador costal convencional. Além disso, a alavanca manual é reversível, isto é, pode ser acionada tanto pela mão direita como pela esquerda, sem que haja necessidade de se retirar o pulverizador das costas. Desde que padronizadas, as embalagens dos produtos podem ser diretamente acopladas ao pul-

verizador, servindo como tanque. Depois de vazias, essas embalagens podem ser reaproveitadas pela indústria. Esse projeto, portanto, foi idealizado para incorporar a maioria das condições estabelecidas anteriormente, para reduzir a contaminação do aplicador e obter maior eficiência na aplicação.

O sucesso da adoção dessa tecnologia pelos agricultores depende muito do fornecimento dos defensivos pelas indústrias, na formulação e embalagem exigidas pelo pulverizador.

Não se pode empregar mais uma tecnologia de aplicação desenvolvida no século passado, e que tem causado grandes problemas sociais, econômicos e ambientais. Os avanços tecnológicos conseguidos nos últimos 30 anos pelos diferentes setores da ciência, podem e devem ser aproveitados para que os defensivos agrícolas sejam colocados em seus alvos específicos com o máximo de eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A.J.; HALL, F.R. Influence of bifenthrin spray deposit quality on the mortality of Trichoplusia ni (Lepidoptera: Noctuidae) on cabbage. Crop Protection, West Sussex, v.8, p.206-211, 1989.

- ARNOLD, A.J.; PYE, B.J. Spray application with charged rotary atomisers. In: SYMPOSIUM ON SPRAYING SYSTEMS FOR 1980's. Croydon : BCPC, 1980. p. 109-117.
- BALS, E.J. Some thoughts on the concept of ULD (Ultra-low-dosage) spraying. EPPO BULLETIN, Paris, v.2, n.1, p. 27-35, 1971.
- BURAYEV, T.K.; VERESHCHAGIN, I. P. Physical processes during electrostatic atomisations of liquids. Fluid Mechanics-Soviet Research, Moscow, v. 1, n.2, p. 56-66, 1972.
- CHAIM, A. Desenvolvimento de um protótipo de pulverizador eletrohidrodinâmico - avaliação do seu comportamento na produção de gotas e controle de trips (Enneothrips flavens, Moulton 1941) do amendoim (Arachis hypogaea L.). Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1984. 107p. Tese Mestrado.
- CHAIM, A. Pulverizador pneumático eletrostático costal acionado por alavanca manual. Patente pendente. PI 8805580. 27 outubro 1988.
- COFFEE, R.A. Electrodynamic energy; a new approach to pesticide application. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: PESTS AND DISEASES, 1979. Brighton. Proceedings. Croydon: BCPC, 1979. p.777-789.

- COFFEE, R.A. Electrodynamic crop spraying. Outlook on agriculture, Berkshire, v.10, n.7, p. 350-356, 1981.
- DAVID, W.A.L. The accumulation and adhesion of insecticides on leaf surfaces. Outlook on agriculture, Berkshire, v.2, n.3, p. 127-136, 1959.
- 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.
- FISHER, R.W.; MENZIES, D.R. Relationship of spacial density of spray droplets of contact by European Red Mite (Acarina: Tetranychidae). Canadian Entomologist, Ottawa, v. 105, p.999-1001, 1973.
- FISHER, R.W.; MENZIES, D.R. Effect of spray droplet density and exposure time on the immobilization of newly - hatched oriental fruit moth larvae. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 69, p. 438-440, 1976.

- FISHER, R.W.; MENZIES, D.R.; HERNE, D.C.; CHIBA, M. Parameters of dicofol spray deposit in relation to mortality of European Red Mite. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 67, p. 124-126, 1974.
- FRASER, R.P. The fluid kinetics of application of pesticidal chemicals. Advances in Pest Control Research, New York, v.2, p.1-206, 1956.
- GARMENDIA, L. A simplified model of electroaerodynamic atomisation. AICHE Journal, New York, v. 23, n.6, p. 935-938, 1977.
- GRAHAM-BRYCE, I.J. Crop-protection: a consideration of effectiveness and disadvantages of current methods and of the scope for improvement. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, London, v. 281, p.163-179, 1977.
- HENDRICKS Jr, C.D. Charged droplet experiments. Journal of Colloid Science, New York, v. 17, p. 249-259, 1962.
- HIMEL, C.M. The optimum size for insecticide spray droplets. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 62, n.4, p. 919-925, 1969a.

- HIMEL, C.M.; MOORE, A.D. Spray droplet size in the control of spruce budworm, boll weevil, bollworm and cabbage looper. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 62, n.4, p. 916-918, 1969b.
- HISLOP, F.C. Electrostatic ground-rig spraying: an overview. Weed Technology, North Dakota, v.2, p. 94-105, 1988.
- JONES, A.R.; THONG, K.C. The production of charged monodisperse fuel droplets by electrical dispersion. Journal of Physics. Series D. Applied Physics, Bristol, v.4, p. 1159-1166, 1971.
- 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.
- LAW, S.E. Saptial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. Journal of Economic Entomology, College Park, v. 75, n.3, p. 542-544, 1982.
- MARCHANT, J.A. Electrostatic spraying - some basic principles. In: BRITISH CROP PROTECTION CONFERENCE: WEEDS, 1980. Brighton. Proceedings. Croydon: BCPC, 1980. p. 987-997.

- MARCHANT, J.A. An electrostatic spinning disc atomiser. Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 28, p. 386-392, 1985.
- MATTHEWS, G.A. Improved systems of pesticide application. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, London, v. 295, p. 163-173, 1981.
- MAYER, E. Theory of liquid atomization in high velocity gas streams. ARS Journal, New York, v. 31, n. 12, p. 1783-1785, 1961.
- McCARTNEY, H.A.; WOODHEAD, T. Electric charge, image-charge forces and deposition of pesticide drops. Pesticide Science, Oxford, v. 14, n. 1, p. 49-56, 1983.
- MILLER, E.P. Electrostatic coating. In: MOORE, A.D. Electrostatics and its applications. New York: John Wiley, 1973. p. 250-306.
- MORTON, N. The "Electrodyn" sprayer: first studies of spray coverage in cotton. Crop Protection, West Sussex, v.1, n.1, p. 27-54, 1982.
- SWATICK, D.S. Nonimpact printing. In: MOORE, A.D. Electrostatic and its applications. New York: John Wiley, 1973. p. 307-335.

- THONG, K.C.; WEINBERG, F.J. Electrical control of the combustion of solid and particulates suspensions. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, London, v. 324, p. 201-215, 1971.
- VONNEGUT, B.; NEUBAUER, R. Production of monodisperse liquid particles by electrical atomisation. Journal of Colloid Science, New York, v.7, n.6, p. 616-622, 1952.
- WALTON, W.H.; PREWET, W.C. The production of sprays and mists of uniform drop size by means of spinning disc type sprayers. Physical Society. Proceedings, Bristol, v. 62, n. 6 B, p. 341-350, 1949.
- ZANDSTRA, I. Lever operated knapsack and hand-held sprayers used in agriculture in developing countries: a review of their safety and efficacy. Ontario: IRDC, 1987. 104p. (IRDC-MR 169 e).



FBB

FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL

COLABORANDO COM A DIVULGAÇÃO DA PESQUISA AGROPECUÁRIA