



A marca de
maior confiança
em irrigação

Quimigação

WULF SCHIMIDT

DOUTORANDO EM FITOTECNIA PELO DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL DA ESALQ/USP. PIRACICABA/SP, BOLSISTA CAPES.
COORDENADOR DO GRUPO DE QUIMIGAÇÃO DA ABNT.
E-MAIL: wschmidt@esalq.usp.br

DURVAL DOURADO NETO

PROFESSOR ASSOCIADO DO DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO VEGETAL DA ESALQ/USP, BOLSISTA CNPQ. E-MAIL: dourado@esalq.usp.br.

A fertirrigação, ou aplicação de fertilizantes pela água de irrigação, tem sido bastante e freqüentemente discutida em várias publicações e revistas. Devido a isso, é comum usar o termo fertirrigação como sinônimo de quimigação. Isto não é correto, pois, por definição, quimigação é a aplicação de produtos químicos via água de irrigação, incluindo herbicidas, inseticidas, fungicidas e fertilizantes.

A fertirrigação, portanto, é parte da quimigação. Outro fato comum é a afirmação incorreta de que a quimigação só pode ser utilizada via pivô central ou movimento linear. Há vários trabalhos em literatura que mostram a aplicação de herbicidas, inseticidas, fungicidas e nematicidas em sistemas de irrigação localizada e também na irrigação por superfície. Evidentemente, os sistemas por aspersão permitem a aplicação de produtos foliares (contato e sistêmico) e de solo, enquanto os demais permitem apenas a aplicação daqueles produtos, cujo alvo é o solo.

O uso da quimigação, no mundo, tem crescido significativamente pelas suas vantagens, mas o principal atrativo para o produtor é o menor custo de aplicação (Schmidt & Dourado Neto, 2003), quando comparado a outros métodos. Pelo Quadro 1, observa-se uma economia potencial da quimigação de US\$4,29 por aplicação e por hectare, se usarmos esse valor em um possível ciclo anual de culturas (Quadro 2), obteremos uma economia anual por hectare de US\$214,50, valor que por si seria suficiente para o pagamento do custo de financiamento do pivô, por exemplo (extraído de Schmidt & Dourado Neto, 2003).

QUADRO 1

Custos comparativos (US\$.ha⁻¹) da quimigação *versus* convencional, por hectare, para um pivô de 101/ha com altura manométrica de recalque de 60m e eficiência de 65%

	US\$.ha ⁻¹
Energia	1,11
Motobomba	0,08
Água ¹	0,19
Depreciação do pivô ²	0,80
TOTAL DO PIVÔ	2,18
Custo Total Trator + Pulverizador³	6,47

(1) Custo da água de R\$ 0,01. m³

(2) Vida útil de 15 anos; 50 irrigações e 50 quimigações por ano; custo do pivô US\$ 1.200,00.ha⁻¹ (parte aérea)

(3) Hora máquina.ha⁻¹, incluso custo fixo e operacional.

QUADRO 2

Possível economia no custo de aplicação em um ciclo anual de culturas com o uso da quimigação

Cultura	Número de aplicações ¹	Ciclo da cultura (Dias)	Economia (US\$.ha ⁻¹)
Milho	8	120	34,32
Feijão	10	90	42,90
Batata	32 ²	120	137,28
TOTAL	50	330	214,50

(1) Inclui fertilizantes, herbicidas, fungicidas e inseticidas.

(2) Nazareno, N.R.X., et al. 1995.



A marca de
maior confiança
em irrigação

No Brasil, embora o crescimento também seja significativo, a tecnologia não atinge o seu potencial, em face de alguns mitos criados ao longo dos anos, causados pela falta de informação do usuário.

O primeiro desses mitos é em relação à contaminação ambiental.

Como toda atividade humana, também a quimigação apresenta um potencial de contaminação do ambiente, se não forem tomados alguns cuidados. No Brasil, o principal risco decorre do uso, ainda predominante, da sucção para injeção de produtos. Nesse sistema, o produtor deriva uma tubulação de pequeno diâmetro associado a um tanque de armazenamento na sucção da bomba de irrigação, que então succiona o produto para dentro da adutora. Embora de baixo custo e relativamente eficiente, esse método apresenta um altíssimo risco de contaminação do manancial hídrico, pois qualquer interrupção de funcionamento da motobomba fará com que toda a água, presente na tubulação entre a motobomba e a válvula de pé (inexistente em muitos projetos) refluja para dentro da água. Cabe salientar que, nesse caso, já não temos mais água, mas sim calda do produto que se está injetando. Podem ainda advir outros prejuízos como os causados pelo efeito corrosivo que alguns produtos podem ter sobre os componentes da motobomba, diminuindo sua vida útil e eficiência, com consequente aumento nos custos.

Diante dos riscos ambientais, o uso da sucção para injeção de quaisquer produtos deveria ser definitivamente banido da agricultura irrigada, usando-se, para isso, meios legais cabíveis para punição dos infratores. A alternativa é a injeção na base do pivô ou no início das linhas de derivação (aspersão e localizada), mediante o uso de bombas dosadoras-injetoras. Além disso, o uso de válvulas de retenção, que impeçam o refluxo para junto da fonte de água e dispositivos de intertravamento elétrico entre a motobomba de irrigação e a bomba dosadora-injetora, reduz o potencial de impacto ambiental a níveis bastante aceitáveis (detalhes dos dispositivos de segurança podem ser obtidos em Costa *et al.*, 1994). Esses dispositivos deveriam fazer parte obrigatória dos equipamentos instalados, uma vez que pelo forte apelo econômico, em algum momento, o usuário irá fazer uso da quimigação.

Outro aspecto relacionado com o meio ambiente bastante questionado é a deriva causada pela quimigação. Deriva é, por definição, o desvio da trajetória de partículas (gotas), liberadas pelo processo de aplicação, de seu alvo original (Matuo, 1990).

Tamanho da gota formada, condições ambientais e composição química são os principais fatores que determinam o risco de deriva. A quimigação é a tecnologia de aplicação que menor risco de deriva apresenta, e essa restringe-se, no máximo, a cerca de 30 m do ponto de emissão da gota (SPRAY DRIFT TASK FORCE - EPA, 1997b), e apenas quando a posição do pivô coincidir com a direção predominante do vento. Nas demais posições, haverá a chamada endoderiva, pois a gota formada cairá dentro da área cultivada. O uso de dispositivos que aproximam o emissor do alvo (pendurais), associado ao não uso do canhão terminal e à aplicação noturna, diminui consideravelmente o risco potencial de deriva em quimigação.

O outro mito é em relação à lavagem do produto das folhas.

Esse pensamento decorre do fato de a maioria dos sistemas de irrigação ser dimensionada para uma lámina mínima de 4 mm ou 40 mil L.ha⁻¹. Essa lámina é a máxima evapotranspiração para a maioria das culturas em seu estádio fenológico de maior demanda hídrica, geralmente o florescimento, para a maioria das regiões brasileiras. Segundo Fancelli & Dourado Neto (2000), a partir de um volume de calda de 2 mil L.ha⁻¹, o índice de eficiência de aplicação começa a reduzir significativamente, e a argumentação para tal é que as folhas têm uma capacidade de retenção de água limitada pela arquitetura da planta, estádio fenológico e suas características morfológicas (presença de pêlos e cera, por exemplo).

No entanto, desde a década de 70, vários trabalhos mostram a eficiência de produtos foliares aplicados via quimigação, tanto por pivô, como por aspersão convencional (em alguns casos superiores à aplicação convencional). Há também vários casos de insucesso citados. A pergunta evidente é: qual a diferença entre os casos de sucesso e os de insucesso? A resposta está nas propriedades físico-químicas dos produtos, o que foi observado e comentado por Young (1980) e Young *et al.* (1984), que também comentam o papel das formulações dos pesticidas na eficiência deles, quando quimigados.

Uma molécula para ser quimigável precisa ter simultaneamente: baixa solubilidade em água com alta estabilidade; alta solubilidade em solventes orgânicos; não pode ser corrosiva ao equipamento, ou seja, são moléculas com características lipofílicas, com afinidade por óleo, isso para o caso dos pesticidas. Para os fertilizantes, as principais características desejáveis são as mesmas de produtos hidrofílicos: alta solubilidade em água, alta concentração com baixo nível de impurezas; serem compatíveis; não formarem precipitados; não serem voláteis; terem facilidade de manuseio. Para ambos os casos, os produtos não podem ser corrosivos ao equipamento (Costa *et al.*,



FOTO: AROUNO VALLEY/VALMONT

1994; Schmidt, 2003; Schmidt & Dourado Neto, 2003).

A principal diferença é que, se quer, para os pesticidas, a formação de uma emulsão ao longo da tubulação, enquanto que para os fertilizantes, deseja-se uma solução. Emulsão é a mistura por meios mecânicos e/ou químicos de duas substâncias não miscíveis entre si (óleo e água, por exemplo), enquanto que solução é a mistura de duas substâncias miscíveis entre si (água e sal ou água e álcool), sem a necessidade da interferência de outros meios.

A formação de uma emulsão no interior da tubulação cria duas fases distintas, uma de óleo e uma de água. Esse aspecto é fundamental para a uniformidade de distribuição do produto ao longo da linha de um pivô ou de uma linha lateral e vários são os aspectos que influem nessa uniformidade. É claro que, se a distribuição de água não for uniforme, a de produto também não poderá ser.

Deriva em quimigação

A gota, em um processo de pulverização, é formada pela passagem sob pressão de um líquido por um orifício. O diâmetro do orifício, associado à pressão, irá determinar o tamanho da gota formada. O índice que define esse tamanho é conhecido como Diâmetro

Mediano Volumétrico (DMV), geralmente expresso em micrômetros (μm), e que nada mais é que o diâmetro da gota que divide o volume pulverizado em duas partes iguais, ou seja, uma metade é constituída por gotas maiores que o DMV e, a outra metade, por gotas menores que o referido valor.

A trajetória da gota é função de sua duração no meio, ou o tempo que leva entre o ponto de emissão até o seu alvo. Esse tempo, por sua vez, é função do seu tamanho (DMV), das condições climáticas (temperatura, umidade relativa do ar e vento) e de sua composição química. Por essa informação já é possível dizer que sistemas que utilizam aspersores de impacto (mais suscetíveis a vento) deverão apresentar um percentual maior de deriva.

Em uma aplicação, principalmente de produtos foliares, busca-se sempre uma boa uniformidade e cobertura. Isso é determinado pela relação volume superfície relativa, quanto menor a gota maior é a superfície relativa, porém menor é a duração da gota no meio. Em aplicações convencionais, o DMV que atende a ambas as situações situa-se entre 140 e 250 μm . Os fabricantes de bicos buscam produtos que produzam espectro de gotas em que o diâmetro inferior a 140 μm represente menos que 1% do volume total aplicado. Ora, para pivôs, o DMV das gotas de água formadas é de 3 mil μm (3 mm) nos

**Quimigação
através do
sistema de
irrigação
Universal Linear
Valley, com o
conjunto
necessário ao
processo**

pivôs de alta pressão e 1.690 µm (1,69 mm) nos de baixa pressão. Portanto, cerca de 15 vezes maior que o DMV crítico. O percentual de gotas com diâmetro abaixo do crítico no espectro formado é, de 0,3%, segundo a SPRAY DRIFT TASK FORCE - EPA, 1997, para equipamentos de alta pressão (DMV de 3 mil µm), e 1,3% para os de baixa pressão (DMV de 1.700 µm).

A gota grande formada tem uma trajetória curta, pois a sua maior massa sofre maior efeito da gravidade e menor efeito do vento. Calcula-se que o risco de deriva em quimigação é menor que 30 m do ponto de origem e, ainda, que este só ocorre, quando a posição do pivô (centro à ponta) coincidir com a direção predominante do vento, caso contrário, as gotas

formadas cairão dentro da área irrigada. Esse efeito pode ainda ser minimizado pelo uso de pendurais (bengalas) que aproximam o emissor do solo. Kohl *et al.* (1987) recuperaram apenas 0,01% dos produtos testados a 53 m do ponto de emissão, quando quimigados, confirmando o exposto anteriormente. A Figura 1, obtida de SPRAY DRIFT TASK FORCE - EPA (1997), ilustra o efeito da velocidade do vento, da altura dos emissores e da presença do canhão terminal na potencial deriva da quimigação. O índice na coluna (adimensional) foi obtido ao se dividir a deriva resultante por aquela considerada aceitável, que no gráfico está representada com índice igual a 1.

Os dados mostram, claramente, que a redução na altura dos emissores através de pendurais (bengalas) e o não uso do canhão terminal, além da aplicação em horários com menos vento (à noite), minimizam muito o risco de deriva em quimigação. Segundo a SPRAY DRIFT TASK FORCE - EPA (1997), a quimigação é o método de aplicação que menor deriva causa.

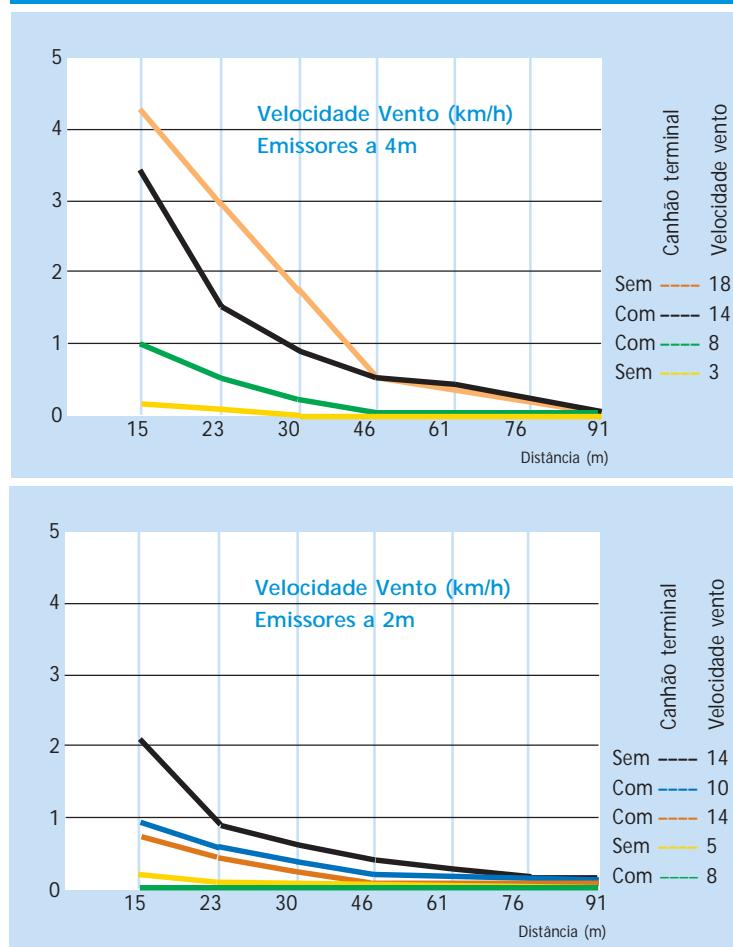
Em termos de eficácia de aplicação, a criação de duas fases faz com que aconteçam alguns fenômenos decisivos. O primeiro é que a gota de óleo gerada ao passar pelo emissor (aspensor, defletor etc.) tem cerca de 20 (m de diâmetro, muito abaixo do DMV crítico discutido no aspecto deriva, possibilitando uma excelente cobertura do alvo folha. Por ser de óleo, embora pequena, essa gota não perde massa para o meio em função da pressão de vapor d'água. O segundo aspecto é que a cutícula presente na superfície das folhas é constituída de ceras, portanto lipofílica, com maior afinidade pela gota de óleo que se está aplicando. Pelo fato de estarem em fases distintas, apesar do grande volume de água aplicado pela irrigação, esta não consegue arrastar (lavar) quantidade significativa de produto para o solo, como é a primeira impressão. Há ainda um terceiro aspecto, mas que precisa ser mais bem estudado, que é a formação de um microclima sob o cone d'água de um pivô ou aspensor, condição em que uma redução na temperatura e aumento na umidade relativa por um tempo que se estenderá desde o início da irrigação num determinado ponto até o reequilíbrio da condição com o meio circundante. Essa microcondição deverá favorecer os mecanismos fisiológicos de absorção de produtos pelas folhas. Esses aspectos todos explicariam o por quê de alguns trabalhos encontrarem, para uma mesma dose do produto por hectare, níveis mais elevados de resíduos nas folhas de parcelas tratadas por quimigação, quando comparados àqueles encontrados em parcelas com aplicação convencional (Wauchope *et al.* 1991).

A formulação dos produtos comerciais existentes é desenvolvida para permitir a dissolução uniforme e estável em um tanque de pulverização convencional. Para isso e para aquelas moléculas lipossolúveis é

FIGURA 1

Influência da velocidade do vento, altura dos emissores e presença ou não do canhão terminal no risco de deriva em quimigação.

(Adaptado de SPRAY DRIFT TASK FORCE - EPA, 1997)



adicionado um surfactante à formulação, nesse caso denominado emulsificante, e que tem a função de permitir a mistura do produto lipofílico com a água de pulverização. Pelo exposto anteriormente, fica evidente que a presença desse emulsificante não é desejável para a aplicação por quimigação, mas devendo ao alto custo do processo de registro de produtos fitossanitários no Brasil, dificilmente será desenvolvida uma formulação específica para quimigação. Segundo Young *et al.* (1984), a melhor formulação para esse fim seria o produto técnico (ingrediente ativo) dissolvido em um óleo sem surfactante. Uma alternativa já pesquisada seria a adição de um óleo não emulsionável (óleo de soja degomado ou de cozinha) ao produto, numa proporção aproximada de 1,5: 1 (parte de óleo: parte de produto). Essa proporção pode variar em função do óleo e do produto. Quando injetada essa mistura na tubulação, a quantidade de emulsificante presente no produto formulado comercial não é suficiente para emulsificar a quantidade adicional de óleo e, assim, o emulsificante associa-se à fase água, enquanto que o ingrediente ativo fica retido na fase óleo, criando-se a emulsão desejada no interior da tubulação. Evidentemente, há algumas perdas nesse processo, daí essa alternativa não apresentar a mesma eficácia que a formulação ideal descrita anteriormente. Fica evidente que para a injeção de produtos com a utilização desse conceito, é necessário o uso de bombas dosadoras-injetoras de

baixa vazão, que não requerem pré-mistura em água.

Outro aspecto importante a mencionar é a normatização do uso da quimigação. No Distrito Federal, foi proibida, por decreto, a quimigação em função de uma contaminação de manancial, causada por refluxo, devido ao uso da sucção por um produtor desinformado. Tal atitude seria o mesmo que proibir a fabricação e o uso de motocicletas em função do alto nível de acidentes fatais causado por esse meio de transporte. Sabe-se, que são causados por imperícia e imprudência dos motociclistas. A normatização permitiria esclarecimentos técnicos aos usuários, bem como padronização de equipamentos e elaboração de legislação pertinente com a fiscalização por parte dos órgãos competentes.

A própria legislação de registro de produtos fitossanitários, a chamada Lei dos Agrotóxicos, Lei nº 7.802/89, e os decretos complementares não apresentam nenhuma menção específica à quimigação. Os produtos hoje com registro para essa modalidade de aplicação estão listados no Quadro 3, embora muitos outros produtos estejam sendo utilizados, mesmo sem o registro oficial.

A quimigação é, sem dúvida, uma metodologia de aplicação viável sob os aspectos de eficácia e de segurança. Seu grande atrativo é o menor custo de aplicação que, em algumas situações onde a irrigação é suplementar, pode viabilizar economicamente o próprio projeto de irrigação. Apresenta como



Tanque e injetor de produtos químicos acoplados ao cart central do sistema de irrigação linear Valley

FOTO: ARQUIVO VALLEY/VALMONT



A marca de
maior confiança
em irrigação

principais limitações o desconhecimento técnico do produtor e da maioria dos profissionais da área e a falta de produtos com recomendação oficial para esse modo de aplicação (consequência do desconhecimento da técnica por parte das empresas e dos órgãos registradores). Há informação suficiente em literatura para a condução de culturas como feijão e batata, por exemplo, sem a entrada na área de pulverizadores tratorizados, necessitando-se apenas da validação pela pesquisa nacional dessas informações.

Formação de emulsões e a uniformidade de distribuição de produtos em quimigação

Produzir uma emulsão é misturar duas fases pouco ou não solúveis entre si. Há várias maneiras de produzi-la, porém, a mais usual é aplicando energia mecânica. Primeiro, a interface entre as fases é deformada em tal extensão que gotas são formadas. Essas gotas ainda muito grandes são, posteriormente, quebradas ou rompidas em tamanhos menores em função principalmente da força de cisalhamento existente entre a fase contínua e a fase dispersa. A deformação das gotas é oposta pela pressão de Laplace que diz que a pressão no lado côncavo de uma interface curva com tensão superficial y é maior que aquela do lado convexo numa ordem de grandeza expressa pela equação:

$$\Delta p = y \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{2y}{R}$$

em que R_1 e R_2 são os raios principais da curvatura. Para uma gota esférica de raio r , a equação torna-se $2y/R$, e qualquer deformação da gota leva a um aumento na diferença de pressão (Δp). Para romper essa gota, uma pressão externa de tal magnitude, aplicada numa distância r , faz-se necessária, o que significa um gradiente de pressão da ordem de $2y/R^2$. Esse gradiente de pressão é geralmente suprido por meio de agitação mecânica (WALSTRA, 1983). No caso da quimigação, essa agitação é proporcionada pelo movimento turbulento da água no interior da tubulação, não havendo pois a necessidade de um surfactante na formulação dos produtos, que têm a função de reduzir esse diferencial de pressão, estabilizando a emulsão.

Como não há formulações específicas para quimigação, a adição de um óleo sem surfactantes (óleo de cozinha ou degomado, por exemplo) à formulação comercial, faz com que se quebre a estabilidade da formulação proporcionada pelo surfactante presente, obtendo-se uma suspensão de óleo em água no momento da injeção do produto na tubulação. Uma vez resolvido esse ponto é preciso assegurar a uniformidade de distribuição ao longo da tubulação, para que se obtenham altos níveis de eficácia.

Vários são os aspectos estudados e que determinam a uniformidade de distribuição dos produtos ao longo da tubulação. Todos eles estão diretamente relacionados com o tamanho da gota formada no interior desta tubulação, revisados e discutidos por Schmidt (2003).

O primeiro deles, não observado pelos produtores e nem pela indústria por desconhecimento, é o posicionamento do ponto de injeção. No campo, a absoluta maioria tangencia o ponto à parede da tubulação, enquanto que o correto seria posicioná-lo no meio do fluxo, onde a velocidade e a turbulência do movimento são maiores.

QUADRO 3

Ingrediente ativo, marcas comerciais, fabricantes e culturas registradas para o uso em quimigação (Andrei, 1999 e 2003)

Ingrediente Ativo	Marcas Comerciais ¹	Fabricante	Cultura
Spinosad	Tracer*	Dow AgroSciences	Milho
Clorpirifós	Lorsban* 480BR, Sabre* Vexter	Dow AgroSciences BASF	Milho
Procimidone	Sumilex 500PM, Sialex 500	Iharabras Hokko	Feijão
Vinclozolin	Ronilan	BASF	Feijão

(1) A menção a marcas comerciais não significa em nenhuma hipótese, endosso ou recomendação de uso, tem apenas efeito didático.

A velocidade do fluxo de água é outro aspecto crítico, pois é ela que proporciona o fracionamento das gotas de óleo injetadas a um DMV próximo de 70 μm . A velocidade mínima estudada e recomendada é de 2 m.s^{-1} no ponto de injeção, abaixo da qual o DMV das gotas formado estará próximo a 400 μm (para as condições brasileiras a velocidade de fluxo só estará abaixo desse valor para pivôs de pequeno porte ou linhas laterais curtas). Nesse tamanho, as gotas tenderão a se juntar no início da tubulação, formando um sobrenadante, fazendo com que muito produto saia no início e muito pouco ao final da tubulação.

Um último aspecto, não menos importante, é o tipo e diâmetro do orifício dos emissores. De modo geral, o diâmetro do orifício tem menor influência, uma vez que independentemente do diâmetro da gota que chega até ele, a gota de óleo em emulsão sairá com DMV aproximado de 20 μm . A velocidade do fluxo de água na pré-câmara de saída do emissor contribui para esse fracionamento. Já o tipo de emissor, de impacto, defletor, rotativo tem uma maior influência no espectro de gotas formado, porém ainda concentrado próximo ao DMV de 20 cm.

Em suma, pode-se dizer que o uso de um produto não emulsionável, ou a adição de um óleo sem surfactantes a uma formulação comercial, permitirá a formação de uma emulsão óleo em água no interior da tubulação. E o posicionamento do ponto de injeção no centro da tubulação, onde a velocidade (não menor que 2 m.s^{-1}) de fluxo é maior, favorecerá o fracionamento da gota de óleo formada, de modo que não irão se juntar no início da tubulação, permanecendo em suspensão ao longo dela.

Com o uso correto dos equipamentos de segurança e o uso de bombas dosadoras-injetoras, minimizam-se o risco de refluxo e a consequente contaminação dos mananciais hídricos. E com a aplicação prática do conceito de formação de emulsões, desmistifica-se a quimigação em seus principais questionamentos. Sendo ainda o método de aplicação que proporciona menos deriva e menor contato do operador com a calda, aspectos que somados aos anteriores a tornam uma metodologia de aplicação segura.

Maiores estudos com o uso de óleos sem surfactantes, associado ao manejo integrado da cultura, significarão ganhos em eficiência de aplicação com consequente redução no volume total de produtos químicos liberados no meio ambiente. A certeza de ser uma aplicação segura, com maior volume de informações sobre eficiência, facilitará o registro de um maior número de moléculas junto aos órgãos competentes.

Conclusões

A quimigação é um método de aplicação seguro, observados seus limites e o uso dos equipamentos de segurança. Proporciona o menor risco de deriva, além de ser um método eficiente para aqueles produtos que apresentam as propriedades físico-químicas necessárias, que podem ser potencializadas pela mistura dos produtos formulados em óleos não emulsionáveis.

LITERATURA RECOMENDADA

- ANDREI, E. (coord.) Compêndio de Defensivos Agrícolas - Complemento de Atualização, 1a ed., São Paulo/SP, Andrei, 2003. 302p.
- ANDREI, E. (coord.) Compêndio de Defensivos Agrícolas, 6a ed., São Paulo/SP, Andrei, 1999. 672p.
- BYERS, M.E.; KAMBLE, S.T.; WITKOWSKY, J.F. Assessing insecticide drift during and after center pivot chemigation to corn using glass plates and gauze pads. *Bulletin of environmental Contamination and Toxicology*, v.65, p.522-529, 2000.
- COSTA, E. F.; VIEIRA, R.; VIANA, P.A. (Ed.) Quimigação: prática de aplicação de produtos agroquímicos ou biológicos através da água de irrigação. Brasília, Embrapa, 1994. 304p.
- FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 2000. p.283-297.
- KOHL, R.A.; KOHL, K.D.; DEBOER, D.W. Chemigation drift and volatilization potential. *Applied Engineering in Agriculture*, v.27, n.6, p.174-177, 1987.
- MATUO, T. Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas. FUNEP, Jaboticabal, 1990. 139p.
- SCHMIDT, W Uso de óleos sem surfactantes na aplicação de clorpirifós via insetigação na cultura do milho. Piracicaba, 2003. 83p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143>)
- NAZARENO, N.R.X.; BRISOLLA, A.D.; ZANDONA, J.C. Uso de agroquímicos na cultura da batata em Curitiba e Guarapuava. Informe da Pesquisa, IAPAR, Curitiba/PR, Ano XVIII, n. 114, 56p., jun 1995.
- SCHMIDT, W.; DOURADO NETO, D. Tecnologia de aplicação de defensivos e fertilizantes via irrigação. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. (Ed.) Feijão irrigado - tecnologia e produtividade. Piracicaba: Departamento de Produção vegetal, ESALQ, USP, 2003, cap.4, p.49-62.
- SPRAY DRIFT TASK FORCE-EPA, A summary of chemigation application studies. 1997. 5p.
- WAUCHOPE, R.D.; YOUNG, J.R.; CHALFANT, R.B.; et al. Deposition, mobility and persistence of sprinkler irrigation applied chlorpyrifos on corn foliage and in soil. *Pesticide Science*, v.32, p.235-243, 1991.
- YOUNG, J.R. Suppression of fall armyworm population by incorporation of insecticides into irrigation water. *Florida entomologist*, v.63, n.4, p. 447-450, 1980.
- YOUNG, J.R.; CHALFANT, R.B.; HERZOG, G.A. Role of formulations in the application of insecticides through irrigation systems. In: NATIONAL ENTOMOLOGICAL SOCIETY MEETING, San Antonio, TX, 1984. Proceedings, Texas. s.ed., 1984, p.2-12.
- WALSTRA, P. Formation of emulsions. In: BECHER, P. (Ed.). Encyclopedia of emulsion technology. Basic Theory, New York: Marcel Dekker, 1983. cap.2. p. 58-125.