

ADJUVANTES E QUALIDADE DA ÁGUA NA APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS

ADJUVANTS AND WATER QUALITY IN PESTICIDE APPLICATION

Angélica Araujo QUEIROZ¹; Juliana Araújo Santos MARTINS²;
João Paulo Arantes Rodrigues da CUNHA³

1. Engenheira Agrônoma, Mestre em Fitopatologia, Doutoranda, Instituto de Ciências Agrárias - ICIAG, Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. juaraujasantos@yahoo.com.br; 2. Mestre em Agronomia, Professora da Fundação Presidente Antônio Carlos, Uberlândia, MG, Brasil; 3. Professor, Doutor, ICIAG - UFU.

RESUMO: A água de rios e de açudes apresentam argila e partículas orgânicas em suspensão, que podem adsorver os agrotóxicos e reduzir-lhes a atividade. Quando se pensa em qualidade da água, um fator muito importante a ser considerado, na tecnologia de aplicação, é a característica física da mesma, principalmente no que se refere à presença de sedimentos em suspensão. Sedimentos como argila e matéria orgânica, além de obstruírem filtros e pontas, reduzem a capacidade operacional dos pulverizadores e a vida útil de bombas, pontas e outros componentes do pulverizador. Também podem se associar aos produtos químicos adicionados ao tanque, inativando-os ou reduzindo sua eficácia. Os produtos agrotóxicos, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais, como ramos, folhas e frutos. Alguns devem permanecer sobre essas superfícies, e outros devem ser absorvidos, para exercer seu efeito no interior dos tecidos vegetais. As superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas. Para vencer estas barreiras das plantas à penetração dos defensivos agrícolas, são utilizadas substâncias inertes, denominadas aditivos ou adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização, aumentando a eficiência da aplicação. Estes produtos podem ser acrescentados à formulação dos produtos agrotóxicos pelas empresas fabricantes, ou ser adicionados à calda no momento da pulverização.

PALAVRAS-CHAVE: Tecnologia de aplicação. Pulverização. Agrotóxicos.

INTRODUÇÃO

A água de rios e de açudes, em geral, apresenta argila e partículas orgânicas em suspensão. Em função disso, os agricultores estão usando água de poços artesianos para a pulverização de agrotóxicos. Entretanto, essa é dura e o pH pode ultrapassar a 10, dependendo da rocha matriz, a qual controla a riqueza em minerais dissolvidos na água (RAI; KITTRICH, 1989).

Argila e compostos orgânicos em suspensão na água podem adsorver herbicidas e reduzir-lhes a

atividade. A água dura (rica em Ca^{++} e Mg^{++} , principalmente) também interfere na eficiência de alguns herbicidas das seguintes maneiras: 1) muitas formulações têm surfatantes aniônicos, que contêm Na^+ e K^+ , e, quando o herbicida entra em contato com água dura, Na^+ e K^+ podem ser substituídos por Ca^{++} e Mg^{++} , com a conseqüente formação de compostos insolúveis; e 2) herbicidas à base de ácido ou de sal dissolvidos em água dura podem dar origem a compostos insolúveis (KISSMANN, 1997). Na Tabela 1, têm-se as formas de classificação da água quanto à dureza.

Tabela 1. Formas de classificação da dureza da água

Classe	PPM de CaCO_3	Graus de Dureza ($^\circ\text{d}$)
Muito Branda	< 71,2	< 4
Branda	71,2 – 142,4	4 – 8
Semi Dura	142,4 – 320,4	8 – 18
Dura	320,4 – 534,0	18 – 30
Muito Dura	> 534,0	> 30

Fonte: Conceição (2003).

Muito se tem discutido atualmente sobre a qualidade da água utilizada nas pulverizações,

principalmente com relação ao pH (RAMOS; ARAÚJO, 2006). Trabalhos recentes mostram que

alguns herbicidas têm sua eficiência elevada na planta com a redução do pH da água a valores próximos a 4,0. A máxima absorção e eficiência de herbicidas com caráter de ácido fraco ocorre em pH em que 50% das moléculas encontram-se dissociadas (pKa) (McCORMICK, 1990). Além disso, em pH mais baixo, a taxa de hidrólise é retardada, mantendo a folha úmida por um maior tempo, pois a superfície das folhas tem um pH neutro, havendo uma interação com o pH da calda.

Esses resultados alertam para os cuidados que devem ser tomados na utilização dessas águas para a aplicação de herbicidas, uma vez que a eficiência de alguns desses, como é o caso dos grupamentos ácidos do 2,4-D e glifosate, é dependente do pH da calda (WANAMARTA; PENNER, 1989).

O pH da calda é que, via de regra, está associado à incompatibilidade entre produtos. Mesmo assim, hoje é muito comum ver no campo tabelas contendo o pH ideal de ação para diferentes princípios ativos, bem como a vida média dos produtos em diferentes pH's. O que todas elas tem em comum é que ninguém sabe quem as elaborou ou a fonte de onde foram tiradas.

O pH da água, segundo Kissmann (1997), pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

A qualidade da água pode influenciar, de forma negativa, a eficiência biológica dos herbicidas, reduzindo sua meia-vida, como do glifosate, pois são adsorvidos aos colóides orgânicos e inorgânicos, devido à presença do ácido fosfônico na molécula (SPRANKLE et al., 1975; DUKE, 1988; BELTRAN et al., 1998), ou das atrazinas, devido aos substituintes do anel aromático (WEBER, 1970).

A qualidade da água

Vários fatores podem influenciar a qualidade química da água. Um deles, e que tem grande interferência sobre a eficácia dos agrotóxicos, é a "dureza". A dureza total da água está relacionada aos teores de carbonatos, de sulfatos, de cloretos e de nitratos de vários cátions (BUHLER; BURNSIDE, 1983). Em solução, certo percentual de moléculas solúveis é dissociado em íons. Esses íons livres (Al^{+3} , Zn^{+2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , HCO^{3-} , NO^{3-}) podem combinar-se com moléculas

orgânicas (STUMM; MORGAN, 1996), como é o caso da reação dos íons de 2,4-D com Ca^{+2} e Mg^{+2} (NALEWAJA; MATYSIAK, 1992) e da quelação desses íons pelo glifosate (STHALMAN; PHILLIPS, 1979). Isso diminui a quantidade de ingrediente ativo disponível, que, por sua vez, diminui a eficiência biológica do herbicida (BUHLER; BURNSIDE, 1983; THELEN et al., 1995), além do entupimento das pontas de pulverização, em função da aglutinação e precipitação das partículas.

A dureza é capaz de interferir negativamente na qualidade da calda de agrotóxicos, em função destes, nas suas formulações, utilizarem adjuvantes que são responsáveis pela sua emulsificação (óleos) ou dispersão (pós) na água, denominados de tensoativos. Tais adjuvantes são sensíveis à dureza, pois atuam no equilíbrio de cargas que envolvem o ingrediente ativo, equilíbrio este que é alterado pela água dura.

Um grupo específico de tensoativos, os aniônicos, que são geralmente sais orgânicos de Na^{+} e K^{+} , reagem com os cátions Ca^{+2} e Mg^{+2} presentes na água dura, formando compostos insolúveis, reduzindo assim a quantidade de tensoativo na solução e causando grande desequilíbrio de cargas. Isso ocasiona a floculação ou precipitação dos componentes da formulação, podendo causar uma baixa eficácia e a obstrução de filtros e pontas de pulverização. As águas brasileiras, salvo algumas exceções, são brandas ou muito brandas, não ocasionando problemas a aplicação de agrotóxicos.

A qualidade química da água deve também ser analisada em função da quantidade de outros íons que a compõem e que não são constituintes da dureza. Íons como Fe^{+3} e Al^{+3} , por exemplo, podem reagir com o agrotóxico reduzindo sua eficácia. No entanto, a tal interferência é influenciada pela tecnologia empregada na pulverização, não existindo uma concentração alta ou baixa fixa para tais íons. Para uma mesma concentração, quanto menor for o volume de água utilizado por área para a distribuição de uma mesma dose de agrotóxico, menor será a interferência destes sobre o princípio ativo.

A qualidade física da água é de extrema importância, principalmente no que se refere à quantidade de sedimentos em suspensão. Sedimentos como argila e matéria orgânica, além de obstruírem filtros e pontas, reduzindo a capacidade operacional dos pulverizadores, reduzem a vida útil dos equipamentos (bombas, pontas e outros componentes do pulverizador), sendo que também podem se associar aos produtos químicos adicionados ao tanque, inativando-os ou reduzindo

sua eficácia. Entretanto, quando se avalia esta inativação, nem sempre as conclusões podem ser baseadas diretamente em trabalhos de pesquisa desenvolvidos no exterior. Um exemplo clássico é a inativação do glifosate pela argila presente no solo ou na solução de aplicação. A adsorção do herbicida as partículas de argila ocorre devido à atração entre as cargas da superfície do colóide do solo com as moléculas do herbicida. O tipo de mineral de argila, montmorilota ou caulinita, o conteúdo, fração de matéria orgânica, pH e capacidade de troca de cátions são fatores potenciais que afetam a adsorção do herbicida (SPRANKLE, P.; MEGGITT, W.F. ; PENNER, 1975 a).

Apesar das misturas de tanque serem proibidas no Brasil, elas são realizadas com bastante frequência. A mistura de dois produtos ou mais, sejam agrotóxicos ou demais produtos, podem ocasionar três efeitos:

- Aditivo: o efeito da aplicação da mistura será semelhante ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto não interfere na eficácia do outro;
- Sinérgico: o efeito da aplicação da mistura será superior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto melhora a eficácia do outro;
- Antagônico: o efeito da aplicação da mistura será inferior ao da aplicação dos produtos individualmente, ou seja, um produto piora a eficácia do outro.

Efeitos de sinergismo podem ser observados em associações de glifosate e imazethapyr (STARKE; OLIVER, 1998). Contudo, muitas associações de glifosate com outros herbicidas podem resultar em antagonismo entre os produtos.

No caso específico de misturas de herbicidas do grupo químico das sulfoniluréias com inseticidas organofosforados em milho, tem-se observado perda da seletividade do herbicida (DIEHL; STOLLER, 1990), um efeito antagônico pode ser observado nessa mistura de tanque.

O antagonismo observado nas associações pode ser variável, por exemplo, o que ocorre entre a atrazina e o glifosate. O antagonismo na mistura destes herbicidas depende das formulações da atrazina, levando à conclusão de que os ingredientes inertes influenciam esse processo (STAHLMAN; PHILLIPS, 1979). A redução na eficiência do glifosate em associações com atrazina ocorre em função da mistura destes produtos na calda de pulverização, e não por interação biológica na planta (APPLEBY; SOMABHI, 1978). O antagonismo constatado em ensaios a campo nem sempre se repete em experimentos realizados em casa de

vegetação, sugerindo que esses efeitos antagônicos podem estar relacionados com condições ambientais ocorrentes durante a aplicação dos herbicidas no campo (BRADLEY et al., 2000).

Resultados confirmam a hipótese de que a associação de glifosate com triazinas provoca efeitos antagônicos, reduzindo a eficácia do glifosate no controle de sorgo, por exemplo. O antagonismo é mais intenso logo após a aplicação, diminuindo com o decorrer do tempo ou com o aumento da dose do glifosate (VIDAL et al., 2003).

Antes de se realizar qualquer mistura, portanto, é importante saber se existe algum tipo de incompatibilidade entre os produtos, e neste ponto o pH da calda pode ser um indicativo de incompatibilidade. Ao se adicionar um produto alcalino, como um hidróxido de cobre, por exemplo, elevando-se o pH da calda, e logo em seguida um produto qualquer que seja passível de sofrer hidrólise alcalina, pode ocorrer uma diminuição da eficácia do segundo produto. Porém isso não tem relação direta com o pH inicial da água, e sim com a incompatibilidade entre produtos. Neste caso, a correção do pH, desde que não interfira na eficácia de nenhum dos produtos, pode ser recomendável.

Uma clara evidência da ocorrência de incompatibilidade é a formação de precipitados ou grumos dentro do tanque do pulverizador, que normalmente param nos filtros, obstruindo-os. Caso isso ocorra, devem-se buscar meios para substituir os produtos incompatíveis ou para aplicá-los de forma isolada.

A utilização de água limpa em aplicações de agrotóxicos nem sempre é possível, principalmente quando provém de reservatórios abertos, sujeitos à influência das águas das chuvas. Nesses casos, é interessante saber até que ponto a argila e outros materiais em suspensão na água podem comprometer a eficácia do fitossanitário.

Ramos e Durigan (1998) encontraram que soluções construídas com até 10 g L⁻¹ de um solo da região de Jaboticabal – SP, contendo 56% de argila e 3% de matéria orgânica, não interferiram na eficácia de diferentes herbicidas, entre eles o glifosate, quando aplicados em pós-emergência de plantas daninhas, utilizando-se 300 L ha⁻¹ de calda. Os mesmos autores concluíram que a utilização de água turva, semelhante à oriunda de um reservatório aberto, foi viável para aplicação de alguns herbicidas (glifosate, glifosate + 2,4-D amina, MSMA e paraquat) em pós-emergência, não influenciando significativamente sua eficácia, contrariando o observado por Parker (1966), Damanakis et al. (1970), Phillips (1975), Stahlman e Phillips (1979) e Nalewaja et al. (1991).

Isso pode ser explicado pelo fato de a maior parte dos solos brasileiros serem compostos por argila de baixa atividade, como a caulinita. Tal conclusão é suportada por estudos de Rieck et al. (1974), segundo os quais a adição de 1% de caulinita na calda de aplicação não influenciou a eficiência do glifosate. Essas informações permitem inferir que a utilização de água turva, oriunda de reservatório aberto, é viável para aplicação de herbicidas em pós-emergência, não influenciando na sua eficiência. (RAMOS; DURIGAN,1998)

Sprankle et al. (1975 a, b) verificaram que o glifosate se liga ao solo por meio do grupamento químico que caracteriza o ácido fosfônico, e que essa ligação não parece estar relacionada com a CTC da argila, mas sim aos cátions da mesma. Argilas saturadas com Fe^{3+} e Al^{3+} e matéria orgânica adsorveram mais glifosate que argilas saturadas com Na^+ e Ca^{2+} . No entanto, segundo Rieck et al. (1974), a adição de 1% de argila montmorilonita ou matéria orgânica na solução de aplicação reduz a fitotoxicidade do glifosate em 80 a 90%, mas esta não é influenciada pela adição de 1% de caulinita. A toxicidade também foi drasticamente reduzida com uma solução 0,1 M de $Al^{2}(SO_4)_3$.

Vários autores têm relatado o efeito de sais sobre a toxicidade do glifosate: os cátions NH_4^+ ; K^+ e Na^+ e o ânion PO_4^{3-} são citados como potencializadores da toxicidade (WILLS; MCWHORTHER, 1985 apud RAMOS; DURIGAN,1998); Zn^{2+} ; Fe^{3+} ; Al e Ca^{2+} , como redutores da toxicidade (PHILLIPS, 1975; MONSANTO., 1979; STAHLMAN; PHILLIPS, 1979; WILLS; MCWHORTHER, 1985 apud RAMOS; DURIGAN,1998) e outros, ainda, como Ca^{2+} ; K^+ e Na^+ , como não interferentes na ação do glifosate (PHILLIPS, 1975; STAHLMAN; PHILLIPS, 1979 apud RAMOS; DURIGAN,1998). Sais dos ânions Cl^- , NO_3^- , CO_3^{2-} e SO_4^{2-} resultaram em incremento, redução ou nenhuma variação na toxicidade do glifosate, dependendo do cátion a eles associado (WILLS; MCWHORTHER, 1985 apud RAMOS; DURIGAN,1998).

Para os sais que reduzem a atividade do glifosate, tem-se notado que o efeito redutor é mais pronunciado com altas concentrações, baixas dosagens do produto e altos volumes de calda (MONSANTO, 1979; STAHLMAN; PHILLIPS, 1979; BUHLER; BURNSIDE, 1983 apud RAMOS; DURIGAN,1998).

Nalewaja et al. (1991) estudaram o antagonismo de vários sais ao 2,4D amina, e observaram que o Mg^{2+} , K^+ e Fe^{2+} foram sempre antagonísticos; o Ca^{2+} e o Na^+ foram antagonísticos também, exceto quando em sulfato ou fosfato, e que

nenhum sal de amônio antagonizou o 2,4D. Este apresentou melhor efeito quando misturado com ácidos do que com seus sais de amônio, em caldas com água destilada, bicarbonato de sódio ou sulfato férrico. Contudo, baixo pH não foi essencial na quebra do antagonismo do 2,4D aos sais, nem o 2,4D sozinho foi eficaz com pH baixo. Ânions sulfato e fosfato monobásicos foram eficazes na quebra do antagonismo por bicarbonato de sódio e cloreto de sódio.

Com relação ao paraquat, Damanakis et al. (1970) observaram que a presença de poeira sobre a folha ocasionou redução de cerca de 50% na eficiência desse herbicida. Quando foi usada a água de torneira, que continha um total de 405 mg L^{-1} de sólidos dissolvidos, constituídos por carbonato de cálcio e silicatos, para a preparação da solução de paraquat, a fitotoxicidade foi 25% menor do que quando a água destilada foi utilizada. O efeito combinado de empoeiramento e água de torneira foi aditivo e, em média, 67% menor que em água destilada sem poeira. O efeito da poeira sobre a ação do paraquat pode ser explicado pela afirmação de Almeida e Rodrigues (1985), de que esse herbicida é inativado ao entrar em contato com o solo, o que resulta em uma reação entre o cátion com dupla carga positiva com as cargas negativas dos minerais do solo.

Resultados semelhantes de redução na atividade do paraquat pelo emprego de água de torneira contendo 425 mg L^{-1} de sólidos dissolvidos, compostos principalmente por bicarbonato de cálcio e sulfatos de cálcio e magnésio, no controle de Lemma minor L., foram obtidos por Parker (1966).

Rheinheimer e Souza (2000), estudando a condutividade elétrica e a acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio Grande do Sul, verificaram que o pH da maioria das amostras de água oriundas de poços artesianos encontravam-se na faixa de 6,1 a 7,5, correspondente a 65% das amostras. Um número muito baixo de amostras apresentou pH menor que 5,5 (2%); no entanto, mais de 20 amostras (15%) apresentaram pH superior a 8,0. Nas águas provenientes de arroios, o pH concentrou-se no intervalo de 5,6 a 7,0 (70%), especialmente na classe de 6,1 a 6,5, representando 34% das amostras. A distribuição do pH das águas coletadas em açudes teve um comportamento semelhante àquela de poços artesianos, cujo percentual maior ocorreu na classe de 6,6 a 7,0 (32%). De acordo com Carlson e Burnside (1984), a condutividade elétrica da água (CE), quando elevada, indica a presença de grandes quantidades de íons, os quais podem diminuir a eficácia biológica dos herbicidas.

Rheinheimer e Souza (2000) dizem que, para as águas de arroyos e açudes, os principais tamponantes são as partículas de argila e de matéria orgânica em suspensão, enquanto que, em águas de poços artesianos, são os sais alcalinos, como os bicarbonatos. Desse modo, a prática de se adicionar ácido na água para preparar a calda de herbicidas, tomando-se como base o pH original dessa água, não é correta e, muito menos ainda, a utilização de médias de pH por regiões geográficas, ou pela origem da água (arroyo, açude ou poço artesiano).

Adjuvantes

Os agrotóxicos, em geral, são depositados sobre a superfície de partes vegetais, como ramos, folhas e frutos. Alguns devem permanecer sobre essas superfícies, e outros devem ser absorvidos, para exercerem seu efeito no interior dos tecidos vegetais (KISSMANN, 1997). As superfícies das plantas apresentam uma barreira para a penetração de líquidos, denominada cutícula, cujas características variam de espécie para espécie e dependem da idade dos órgãos vegetais e das condições climáticas.

Segundo Holloway (1994), quando as gotas de pulverização são espalhadas nas folhas, essas podem ser retidas, refletidas ou fragmentarem-se em gotas menores, dependendo principalmente de seu tamanho, velocidade, propriedades físico-químicas intrínsecas à calda e da característica da superfície foliar. As propriedades, intrínsecas às gotas, estão intimamente relacionadas aos componentes da formulação, com destaque à quantidade de adjuvantes na composição de cada produto.

De acordo com Vidal e Fleck (2007), os agrotóxicos que são absorvidos pelas plantas devem vencer três barreiras existentes entre a superfície externa da folha e o citoplasma das células: a cutícula, a parede celular e a plasmalema. O autor explica ainda, que a cutícula mais externamente é constituída por cera e, internamente, de cutina, que se encontra em contato com a pectina e esta com a celulose. Desta maneira, existe uma transição gradual da natureza polar da cutícula, onde a cera é apolar e hidrófoba, ao passo que a celulose é polar e hidrofílica. Assim, os compostos polares apresentam dificuldades em passar pela cera, mas passam mais facilmente pelas demais camadas. Por sua vez, compostos apolares atravessam com facilidade a cera e com dificuldade as demais camadas.

A microestrutura da superfície cuticular influencia a molhabilidade, deposição e distribuição da calda de pulverização na folha. A passagem das moléculas para dentro das folhas ocorre em função da natureza física e química da cutícula, das

propriedades dos produtos aplicados, dos ingredientes que acompanham a formulação e do ambiente em que a folha tenha se desenvolvido (KISSMANN, 1997).

Em condições de baixa disponibilidade de água às plantas, e à medida que avança a idade das mesmas, a espessura da cutícula aumenta, aumentando a restrição à penetração de agrotóxicos diluídos em água. Ambientes sob alta temperatura e baixa umidade relativa do ar induzem as plantas a reduzir as perdas de água através das superfícies foliares, o que também dificulta a penetração de produtos aplicados. Da mesma forma, condições de temperatura adequadas e umidade relativa do ar elevada implicam na hidratação da cutícula e facilitam a penetração e a atuação de agrotóxicos (THEISEN; RUEDEIL, 2004).

Para vencer estas barreiras das plantas à penetração dos defensivos, são utilizadas substâncias inertes, denominadas aditivos ou adjuvantes, capazes de modificar a atividade dos produtos aplicados e as características da pulverização. Estes produtos podem ser acrescentados à formulação dos agrotóxicos pelas empresas fabricantes, ou ser adicionados à calda no momento da pulverização (THEISEN; RUEDEIL, 2004).

Os adjuvantes são substâncias ou compostos sem propriedade fitossanitária, que são adicionados (exceto a água) numa preparação agrícola, para aumentar a eficiência ou modificar determinadas propriedades da solução, visando facilitar a aplicação ou minimizar possíveis problemas. Significa um ingrediente que melhora as propriedades físicas de uma mistura. Estes adjuvantes podem desempenhar várias funções distintas (KISSMANN, 1997).

Segundo Vargas e Roman (2006), os adjuvantes são divididos em dois grupos: os modificadores das propriedades de superfície dos líquidos (surfactantes, espalhante, umectante, detergentes, dispersantes e aderentes, entre outros) e os aditivos (óleo mineral ou vegetal, sulfato de amônio e uréia, entre outros) que afetam a absorção devido à sua ação direta sobre a cutícula.

Dentre os efeitos dos adjuvantes, destaca-se a redução da tensão superficial das gotas pulverizadas, causando o seu achatamento, o que aumenta a sua superfície de contato com o alvo biológico e melhora a cobertura deste. A tensão superficial refere-se às forças que existem na interface de líquidos não miscíveis, impedindo que eles se misturem (AZEVEDO, 2001). Quando uma gota de água está sobre uma superfície, o ângulo de contato depende das características dessa superfície.

Se for hidrorrepelente, o contato será menor e a gota ficará mais esférica. Se a superfície for mais hidrófila, a gota se espalha, podendo até formar um filme uniforme (KISSMANN, 1997; CRUZ FILHO; CHAVES, 1979).

Quando se mesclam produtos com características diferentes, nem sempre existe compatibilidade física. Um exemplo de incompatibilidade está na mistura de água com óleo. Cada componente representa uma fase da mistura. Certas moléculas servem para compatibilizar as fases e por isso são chamadas de produtos de interfase. Os tenso-ativos, em geral, apresentam um segmento de sua molécula com propriedades hidrofílicas e outro segmento lipofílico, servindo por isso para compatibilizar a mistura de água com óleos, formando emulsões. A capacidade de ligação dessas partes é variável e um produto de interfase pode ter um segmento hidrofílico pequeno e um lipofílico grande, ou vice-versa (KISSMANN, 1997).

Geralmente, os adjuvantes hidrofílicos, com alto balanço de propriedades hidrofílicas/lipofílicas (HLB), melhoram a penetração dos agrotóxicos com maior solubilidade em água; já os adjuvantes com um HLB baixo, melhoram a penetração dos produtos com baixa solubilidade em água (HESS; FOY, 2000). Rüter et al. (1990) relatam que espécies que tiveram dificuldade de serem molhadas retiveram mais calda quando essa continha uma maior concentração de adjuvante. Por esse trabalho, infere-se que uma maior concentração de adjuvante é requerida para que se possa ultrapassar a barreira formada por ceras epicuticulares cristalinas.

Outras funções dos adjuvantes compreendem o estímulo da atividade fisiológica das plantas, a adequação do pH da calda (sequestrantes de cátions e sulfato de amônio), a redução da reatividade de íons presentes na água (quelatizantes), a redução da evaporação (óleos vegetais e minerais e umectantes), o aumento da absorção (uréia), a redução da formação de gotas pequenas (espessantes ou redutores de deriva), o aumento da adesão das moléculas às plantas (adesionantes), a redução da decantação da calda (dispersantes), a facilitação de misturas (emulsificantes), a facilitação da penetração das gotas nos tecidos vegetais (óleos vegetais e minerais), a redução da formação de espuma ou quebra rápida da espuma formada (antiespumante) e a acidificação da calda (acidificantes) (BOLLER et al., 2007).

Os adjuvantes podem ser divididos de acordo com a sua ionização ou dissociação na água. Os aniônicos, como o lauril-sulfato de sódio, têm

grande uso em formulações de agrotóxicos. São excelentes agentes molhantes e detergente, possuindo como desvantagem a sua capacidade de reagir com sais presentes na água e com as moléculas do defensivo agrícola, alterando o equilíbrio eletrolítico nas caldas.

Os catiônicos muitas vezes são fitotóxicos, possuem alto custo, fraco poder detergente e precipitam na presença de sais. Os não-iônicos são aqueles que não possuem carga elétrica e não se ionizam ou dissociam na água, e por isso não tendem a alterar o equilíbrio eletrolítico nas formulações e nas caldas. Formam o grupo mais importante de adjuvantes para agrotóxicos (AZEVEDO, 2001).

Na agricultura, também são utilizados como adjuvantes dois tipos de óleos: o mineral e o vegetal (HESS, 1997). Os óleos minerais são originados de uma fração da destilação do petróleo. Os óleos vegetais são extraídos por pressão ou com a utilização de solventes, e são normalmente hidrocarbonetos com 16 ou 18 carbonos. Estes óleos precisam ser purificados para remover resinas, mucilagens e fosforolipídeos (MENDONÇA et al., 2007).

Os óleos minerais e os óleos vegetais possuem amplo espectro de uso. São utilizados isoladamente tanto no controle de insetos e fungos, quanto como adjuvantes adicionados às caldas de pulverizações. Adicionados aos inseticidas, favorecem principalmente o controle de cochonilhas e ácaros. De forma similar, auxiliam no controle do fungo causador da sigatoka-negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), na cultura da banana, quando associados aos fungicidas, bem como no controle de plantas daninhas, em misturas aos herbicidas aplicados em pós-emergência. Exercendo o papel de adjuvante, os óleos favorecem o espalhamento e a absorção, reduzindo a degradação de ingrediente ativo e a tensão superficial (MENDONÇA, et al. 2007).

Dentre as principais vantagens do uso do óleo na aplicação de agrotóxicos, pode-se destacar a maior facilidade de penetração da calda pela cutícula e a ação antievaporante, proporcionada pela diminuição das perdas causadas pela evaporação da água de pulverização, promovendo melhor molhabilidade em superfícies hidrorrepelentes. Alguns outros benefícios podem ser citados quando se utilizam os óleos como aditivos, tais como a redução da hidrólise do defensivo na água do tanque e redução da fotodecomposição (DURIGAN, 1993).

Segundo Hess (1997), os óleos emulsionáveis utilizados como adjuvantes contêm 80 a 98% de óleo não-fitotóxico e 2 a 20% de

surfatante e, nessa formulação, podem aumentar a absorção de herbicidas lipofílicos, quando comparados com a utilização do surfatante sozinho. A formulação de cada óleo emulsionável varia muito entre os produtos comerciais, já que as empresas não indicam no rótulo do produto o tipo de adjuvante utilizado como emulsificante, apenas descrevem a proporção utilizada. Sabe-se que o tipo de emulsificante utilizado na formulação determinará algumas das características físico-químicas da calda de pulverização, como a tensão superficial.

Devido ao baixo custo e a disponibilidade, tem-se usado muito o óleo de soja no Brasil. Cu et al. (1992) avaliaram o efeito do óleo de soja como adjuvante no tamanho de gotas analisadas em alvos artificiais, e concluíram que ocorre um aumento no diâmetro de gotas com o acréscimo de óleo à calda de pulverização, o que reduz a deriva.

Ainda com relação às funções dos adjuvantes, alguns compostos nitrogenados têm uso com certos agrotóxicos, para aumentar a eficiência ou diminuir a influência de fatores adversos. A forma de ação é múltipla, variando um pouco de composto a composto, dependendo também de aspectos fisiológicos das plantas e de condições ambientais, por exemplo, a temperatura. De modo geral, as plantas são mais suscetíveis à ação de herbicidas quando estão fisiologicamente ativas. A entrada de nitrogênio nas folhas induz uma ativação momentânea da fisiologia, facilitando também a ação dos herbicidas (KISSMANN, 1997).

Outras vantagens da utilização de adjuvantes, segundo Boller et al. (2007), são: a rápida absorção de produtos, com menores perdas ocasionadas por chuvas após a aplicação, e a facilitação da cobertura das superfícies hidrorrepelentes, como folhas ou frutos com cerosidades e corpos ou coberturas cerosas de pragas. O líquido aplicado se distribui e se adere melhor, cobrindo a superfície de modo uniforme. Em superfícies pilosas, com pêlos normalmente mantendo gotículas pulverizadas suspensas, o líquido penetra e efetivamente atinge a cutícula. Além disso, os adjuvantes facilitam a penetração da calda entre as ranhuras diversas, hifas de fungos e teias de ácaros, e ainda podem aumentar o período residual de fungicidas.

Hess e Falk (1990) relatam que, em superfícies foliares com pouco desenvolvimento das ceras epicuticulares, como da beterraba açucareira, as gotas do herbicida pulverizado produziram grandes depósitos nas depressões das paredes anticlinais. Quando o mesmo herbicida foi aplicado em folhas com grande desenvolvimento das ceras

epicuticulares, como a espécie *Cynodon dactylon* (L.) Pers., os depósitos foram menores e uma pequena área foi coberta pelo herbicida.

Em trabalho que analisou o efeito de superfícies foliares e de adjuvantes na atividade do herbicida sulfentrazone, em diversas plantas, Dayan et al. (1996) relataram que todos os adjuvantes utilizados no experimento aumentaram a absorção do herbicida, apesar de alguns aumentarem mais do que outros. Em alguns casos, a adição de adjuvante permitiu reduzir a dose herbicida em mais de 50%, comparativamente àquela utilizada sem adjuvante (VARGAS; ROMAN, 2006).

Cunha e Carvalho (2005) avaliaram os efeitos da adição de diferentes adjuvantes à calda de pulverização na faixa de distribuição de aplicações aéreas e no risco potencial de deriva. Eles concluíram que a adição de adjuvantes alterou o comportamento da distribuição volumétrica, proporcionada pela aplicação aérea, reduziu o risco potencial de deriva das aplicações e aumentou a deposição de calda no alvo.

Wolf (2000) e Sumner (1997) relataram que a adição de adjuvantes à calda de pulverização pode alterar o diâmetro das gotas pulverizadas, reduzindo o risco potencial de deriva. No entanto, Wolf e Gardisser (2003), avaliando a influência da adição de adjuvantes à calda de pulverização em aplicações aéreas, concluíram que alguns produtos apresentaram ação antideriva, enquanto outros aumentaram o risco potencial de deriva.

Deve-se observar, no entanto, que efeitos indesejáveis podem ser observados com o uso de adjuvantes, tais como fitotoxidez e diminuição ou eliminação da seletividade de alguns produtos. Sendo solúveis em água, podem favorecer a lavagem dos produtos aplicados e podem favorecer também o ataque de alguns fungos, por removerem a camada cerosa protetora, ou por espalhar e aumentar o contato de esporos com a superfície vegetal (BOLLER et al., 2007).

Segundo Ryckaert et al. (2007), o uso correto dos adjuvantes pode aumentar significativamente o desempenho do produto aplicado. Porém, o aumento na eficiência da aplicação do agrotóxico pode causar um aumento do impacto ambiental. Isto é possível pela presença da molécula do adjuvante no ambiente e também pela influência do adjuvante no resíduo final do agrotóxico. Com o emprego dos adjuvantes, os períodos de carência devem ser reestudados, em função do aumento dos resíduos dos produtos nos vegetais.

Holloway e Western (2003) estudaram o efeito de três adjuvantes nas taxas da degradação do

produto aplicado e desenvolveram um sistema modelo. Eles encontraram resíduos mais elevados de propiconazole e de diclofopmethyl em feijão e em trigo, quando um nonylphenol ethoxylate (NPEO) ou um polímero foi usado. Logo, faz-se necessária a execução de testes com diferentes classes de adjuvantes, em diferentes culturas, para verificar a persistência dos agrotóxicos e, conseqüentemente, possibilitar a utilização de menores doses de ingrediente ativo (RYCKAERT et al., 2007).

A ação dos agrotóxicos é, em geral, dependente de constituintes da calda de pulverização, que, embora não compondo o ingrediente ativo, melhoram sua eficácia. (FAGLIARI et al., 2004). Atualmente, uma série de produtos está disponível no mercado, o que, muitas vezes, dificulta a seleção por parte dos técnicos. O efeito dos adjuvantes nas aplicações é um processo complexo, que envolve muitos aspectos físicos, químicos e fisiológicos. Os agrotóxicos possuem afinidades diferentes com os adjuvantes (CHOW, 1993).

Grande parte dos problemas advindos da utilização de aditivos de calda origina-se do desconhecimento de sua ação e das implicações de sua utilização (ANTUNIASSI, 2006). Segundo Zollinger (2000), a falta de regulamento e marketing consistentes e a complexidade da interação entre a planta, o produto, o ambiente, a qualidade de água e o adjuvante causam confusões na seleção do adjuvante entre os produtores. Antuniassi (2006) relata, ainda, que o processo de formação das gotas por uma ponta de pulverização pode ser significativamente alterado pelo uso de certas formulações e pela adição de adjuvantes, o que muitas vezes passa despercebido. Da mesma forma, chama atenção para o fato de que a adição de componentes químicos às caldas de pulverização pode causar interações entre os produtos aplicados e afetar negativamente o resultado de uma aplicação.

CONCLUSÕES

A qualidade da água é de suma importância para o sucesso da pulverização, sendo esta

influenciada por diversos fatores. Uma vez observadas as características físicas e químicas da água, a calda poderá, então, ser elaborada, seguindo-se os demais parâmetros técnicos previstos pela tecnologia de aplicação de produtos agrotóxicos. Dessa forma, o agrotóxico poderá ser aplicado com a segurança de que se estará proporcionando ao mesmo todas as condições para que expresse a sua máxima eficácia, observada através do controle adequado da praga ou da doença.

No Brasil, são poucas as pesquisas conduzidas relacionadas ao uso dos adjuvantes. As recomendações são feitas, muitas vezes, sem levar em consideração as condições ambientais, a qualidade química da água e as espécies envolvidas. Esse fato leva, em muitos casos, a redução da seletividade do produto para a cultura, provocando sérios danos à mesma. A adição de adjuvantes às caldas de pulverização pode ser importante, quando da aplicação de diversos agrotóxicos, porém não deve ser uma prática generalizada.

Cada defensivo já possui seus próprios adjuvantes na formulação e o uso indiscriminado de outros adjuvantes no momento da aplicação pode resultar em efeitos antagônicos ao seu desempenho, ou não trazer benefício algum. Por estes motivos, o uso de aditivos de calda não deve ser feito de forma aleatória. Deve ser precedido de um rigoroso estudo das reais necessidades do sistema de aplicação e das conseqüências de sua utilização, visando os efeitos benéficos do emprego desta tecnologia.

Diante da escassez de informações sobre esses produtos, a pesquisa científica precisa fornecer subsídios à melhoria das aplicações de agrotóxicos. Existe grande diferença entre os diversos adjuvantes comerciais. Portanto, é necessário que estes produtos sejam estudados em diferentes condições ambientais e com diferentes espécies, buscando entender as relações existentes entre estes pontos e relacioná-los com a possibilidade de se empregar doses dos produtos diferentes daquelas que vem sendo usadas, buscando melhor eficiência dos produtos, com o mínimo impacto sobre a cultura e o ambiente.

ABSTRACT:The river water presents clay and organic particles in suspension. Clay and organic matter in suspension in the water can adsorb herbicides and reduce their activity. In water quality, more specifically physical quality, a very important factor to be considered is the amount of sediments in suspension. These sediments obstruct filters and spray nozzles, reduce the operational capacity of the sprayers, reduce the useful life of pumps, nozzles and other sprayer components and can bind to the pesticide added to the tank, inactivating or reducing its effectiveness. Water quality can affect the biological efficiency of the herbicides; it can reduce the half-life of herbicides. The pesticides, in general, are deposited on the plant surface, such as branches, leaves and fruits. Some of them should remain on those surfaces, while

others should be absorbed, to perform their effect inside the plant tissue. Plant surfaces present a barrier for the penetration of liquids, denominated cuticle. Its characteristics vary from species to species and depend on the age of the plant organ and of the climate conditions. Thus, inert substances, denominated additive or adjuvants, are used to pass these barriers. They are capable of modifying the activity of the applied pesticides and the spray characteristics. These products can be mixed to the formulation of the pesticide products by the manufacturing companies, or be added to the tank in the moment of the spray.

KEYWORDS: Application technology. Spray. Pesticides.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. F.; RODRIGUES, B. N. **Guia do herbicida:** contribuição para o uso adequado e plantio direto e convencional. Londrina: IAPAR, 1985. 482p.

ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 15, p. 17-22, 2006

APPLEBY, A. P.; SOMABHI, M. Antagonistic effect of atrazine and simazine on glyphosate activity. **Weed Science**, Champaign, v. 26, n. 2, p. 135-139, 1978.

AZEVEDO, L. A. S. **Proteção integrada de plantas com fungicidas.** Campinas, SP: Emopi Gráfica, 2001. 230 p.

BELTRAN, J., GERRITSE, R. G., HERNANDEZ, F. Effect to flow rate on the adsorption and desorption of glyphosate, simazine and atrazine in columns of sandy soils. **European of Journal Soil Science**, Oxford, v. 49, n. 1, p. 149-156, 1998.

BOLLER, W.; FORCELINI, L. A.; HOFFMANN, L. L. Tecnologia de aplicação de fungicidas – Parte I. In: LUZ, W. C.; FERNANDES J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Org.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 15, p. 243-276, 2007.

BRADLEY, P. R.; JOHNSON, W. G.; SMEDA, R. J. Response of sorghum (*Sorghum bicolor*) to atrazine, ammonium sulfate, and glyphosate. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, n. 1, p. 15-18, 2000.

BUHLER, D. D.; BURNSIDE, O. C. Effect of water quality, carrier volume, and acid on glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 31, n. 2, p. 163-169, 1983.

CARLSON, K. L.; BURNSIDE, O. C. Comparative phytotoxicity of glyphosate, SC-0224, SC-0545, and HOE-00661. **Weed Science**, Champaign, v. 32, n. 6, p. 841-884, 1984.

CHOW, P. N. P. Adjuvants in spray formulation in relation to foliar application of herbicides. In: MATTHEWS, G. A.; HISLOP, E. C. **Application technology for crop protection.** Wallingford: CAB, 1993. p. 291-304.

CONCEIÇÃO, M. Z. Defesa vegetal: legislação, Normas e produtos fitossanitários. In: ZAMBOLIM, L.; CONCEIÇÃO, M. Z.; SANTIAGO, T. **O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos agrotóxicos.** 2. ed. Viçosa: UFV/ANDEF, 2003. p. 1-68.

CRUZ FILHO, J.; CHAVES, G. M. **Antibióticos, fungicidas e nematicidas empregados no controle de doenças de plantas.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1979.

CU, R. M.; PHIPPS, P. M.; STIPES, R. J. Adjuvant effects of soyoil 937[®] on fungicides for control of early leafspot and sclerotinia blight in peanuts. In: FOY, C. L. **Adjuvants for agrichemicals.** Boca Raton, FL: CRC Press, 1992. p. 657-666.

CUNHA, J. P. A. R. ; CARVALHO, W. P. A. . Distribuição volumétrica de aplicações aéreas de agrotóxicos utilizando adjuvantes. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 130-135, 2005.

DAMANAKIS, M.; DRENNAN, D. S. H.; FRYER, J. D.; HOLLY, K. The effect of soil dust and tap water on the toxicity of paraquat applications to leaves. **Weed Research**, Oxford, v. 10, p. 378-381, 1970.

DAYAN, F. E.; GREEN, H. M.; WEETE, J. D.; HANCOK, H. G. Post emergence activity of Sulfentrazone: Effects of surfactants and leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 44, p. 797-803, 1996.

DIEHL, K. E.; STOLLER, E. W. Interaction of organophosphate insecticides with nicosulfuron and primisulfuron in corn. **Proceeding of the North Center Weed Science**, Blanchard, v. 45, p. 31-32, 1990.

DUKE, S. O. Glyphosate. In: KAUFMAN, D. D.; KEARNEY, P. C. **Herbicides: chemistry, degradation, and mode of action**. New York: Marcel Dekker, 1988. Cap. 1, p. 1-59.

DURIGAN, J. C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia de herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42p.

FAGLIARI, J. R.; SHIRATA, F. J.; MENDES, M. Efeito da adição de Answer Top FB a fungicidas utilizados para o controle químico de doenças foliares na cultura do trigo. In SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 3. 2004, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 2004. p. 128-131.

HESS, F. D.; FALK, K. H. Herbicide deposition on leaf surfaces. **Weed Science**, Champaign, v. 38, p. 280-288, 1990.

HESS, F. D.; FOY, C. L. Interaction of Surfactants with Plant Cuticles. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 807-813, 2000.

HESS, F. D. **Adjuvants**. In: HERBICIDE ACTION COURSE, 1997, West Lafayette. **Proceedings...** West Lafayette: Purdue University, 1997. p. 38-61.

HOLLOWAY, P. J. Physicochemical factors influencing the adjuvants: enhance spray deposition and coverage of foliage-applied agrochemicals. In: HOLLOWAY, P. J.; REES, R. T.; STOCK, D. (Ed.). **Interactions between adjuvants, agrochemicals and target organisms**. Berlin: Springer-Verlag, 1994. p. 83-106.

HOLLOWAY, P. J.; WESTERN, N. M. Tank-mix adjuvants and pesticide residues: some regulatory and quantitative aspects. **Pest Management Science**, Willey, v. 59, p. 1237-1244. 2003.

KISSMANN, K. G. Adjuvantes para caldas de produtos agrotóxicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu. **Palestras e mesas redondas...** Viçosa: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1997. p. 61-77.

McCORMICK, R. W. Effects of CO₂, N₂, air and nitrogen salts on spray solution pH. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, n. 4, p. 910-912, 1990.

MENDONÇA, C. G. de; RAETANO, C. G.; MENDONÇA, C. G. de. Tensão superficial estática de soluções aquosas com óleos minerais e vegetais utilizados na agricultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, p. 16-23, 2007. Número especial.

MONSANTO CO. **A review of Roundup herbicide**. I e II. Factors affecting performance. II. Mechanism of action. St. Louis: Monsanto, 1979. 46p.

NALEWAJA, J. D. Behavior, applicability and efficacy of non-surfactant adjuvants. In: Fourth international symposium on adjuvants for agrochemicals, 1995, Melbourne. **Resumos...** Melbourne: [s.n.], 1995. p. 186-192.

NALEWAJA, J. D.; WOZNICA, Z.; MATYSIAK, R. 2,4D amine antagonism by salts. **Weed Technology**, Champaign, v. 5, p. 873-880, 1991.

NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. 2,4-D and salt combination affect glyphosate phytotoxicity. **Weed Technology**, Champaign, v. 6, n. 2, p. 322-327, 1992.

PARKER, C. Influence of water hardness on the phytotoxicity of paraquat. **Nature**, London, v. 212, p. 1465-1466, 1966.

PHILLIPS, W. M. Glyphosate phytotoxicity as affected by carrier quality and application volume. **Proceedings of the Northeastern Weed Control Conference**, Bridgeton, v. 30, p. 115, 1975.

RAI, D., KITTRICH, J. A. Mineral equilibria and the soil system. In: DIXON, J.B., WEED, S.B. **Mineral in soil environments**. 2. ed. Madison: SSSA, 1989. cap. 4. p. 161-198.

RAMOS, H. H.; DURIGAN, J. C. Efeitos da qualidade da água de pulverização sobre a eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 313-324, 1998.

RHEINHEIMER, D. S.; SOUZA, R. O. Condutividade elétrica e acidificação de águas usadas na aplicação de herbicidas no Rio grande do sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 97-104, 2000.

RIECK, C. E.; WRIGHT, T. H.; HARGER, T. R. Fate of glyphosate in soil. Abstracts, **Weed Science**, Champaign, p. 119-120. 1974.

RUITER, H. D.; UFFING, A. J. M.; MEINEN, E.; PRINS, A. Influence of surfactants and plant species on leaf retention of spray solutions. **Weed Science**, Champaign, v. 38, p. 567-572, 1990.

RYCKAERT, B., SPANOGHE, P.; HAESAERT, G.; HEREMANS, B.; ISEBAERT, S.; STEURBAUT, W. Quantitative determination of the influence of adjuvants on foliar fungicide residues. **Crop Protection**, New York, v. 26, n. 10, p. 1589-1594, Oct. 2007.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W.F.; PENNER, D. Rapid inactivation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 224-228, 1975a.

SPRANKLE, P.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Adsorption, mobility, and microbial degradation of glyphosate in the soil. **Weed Science**, Champaign, v. 23, n. 3, p. 229-234, 1975b.

STAHLMAN, P. W.; PHILLIPS, W. M. Inhibition of glyphosate phytotoxicity. **Weed Science**, Champaign, v. 27, n. 5, p. 575-577, 1979.

STARKE, R. J.; OLIVER, L. R. Interaction of glyphosate with chlorimuron, fomesafen, imazetaphyr, and sulfentrazone. **Weed Science**, Champaign, v. 46, n. 6, p. 652-660, 1998.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1996. 1022 p.

SUMNER, P. E. **Reducing spray drift**. Georgia: University of Georgia, 1997. 11p. (ENG97-005).

THEISEN, G.; RUEDELL, J. **Tecnologia de aplicação de herbicidas: teoria e prática**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora. 2004. 90 p.

THELEN, K. D., JACKSON, E. P., PENNER, D. The basis for hard-water antagonism of glyphosate activity. **Weed Science**, Champaign, v. 43, n. 4, p. 541-548, 1995.

VARGAS, L.; ROMAN, E. S. **Conceitos e aplicações dos adjuvantes**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2006. 10 p. html. (Embrapa Trigo. Documentos Online, 56). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do56.htm>. acesso em: 15 jun

VIDAL, R. A.; FLECK, N. G. Absorção e translocação de defensivos agrícolas. In: BORGES, L. D. **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas**. Passo Fundo: Plantio Direto Eventos, 2007. p. 57 – 70.

VIDAL, R. A.; MACHRY, M.; HERNANDES, G. C.; FLECK, N. G. Antagonismo na associação de glyphosate e triazinas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 301-306, 2003.

WANAMARTA, G., PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 4, n. 1, p. 215-232, 1989.

WEBER, J. B. Mechanisms of adsorption of s-triazines by clay colloids and factors affecting plant availability. In: GUNTHER, F. A. **Residue Reviews**. Berlin: Springer-Verlag, 1970. v. 32. p. 93-129.

WOLF, R. E. **Strategies to reduce spray drift**. Kansas: Kansas State University, 2000. 4p. (Application Technology Series).

WOLF, R. E.; GARDISSER, D. R. Field comparisons for drift reducing/deposition aid tank mixes. In: ASAE/NAAA Technical Meeting, 37, 2003, St. Joseph. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 2003. Paper No. AA03- 002.

ZOLLINGER, R. K. Extension Perspective on Grower Confusion in Adjuvant Selection. **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 814–818, 2000.