

# Aluno de Agronomia

SÁBADO, 9 DE FEVEREIRO DE 2013

HERBICIDAS: Absorção, Translocação, Metabolismo, Formulação e Misturas

## 1. ABSORÇÃO DE HERBICIDAS

### 1.1. Introdução

Não basta apenas que o herbicida toque a superfície da planta para que entre em ação. É necessário que ele penetre, transloque e atinja a organela que irá atuar, uma vez que cada planta possui suas peculiaridades.

A atrazina, por exemplo, quando aplicada ao solo, penetra pelas raízes, transloca até as folhas e, aí, atinge e penetra nos cloroplastos, onde atua, destruindo-os. Por outro lado, o 2,4-D precisa ser absorvido, translocado e, ainda, metabolizado para exercer sua ação herbicida. Podem penetrar nas plantas através das suas estruturas aéreas (folhas, caules, flores e frutos) e subterrâneas (raízes, rizomas, estolões, tubérculos, etc.), de estruturas jovens como radículas e caulículo e, também, pelas sementes, sendo definida a principal via de penetração dos herbicidas na planta é função de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos (ambientais).

Os herbicidas de pós-emergência são aplicados diretamente sobre as folhas, enquanto os pré-emergência são aplicados no solo, sendo absorvidos pelas raízes ou caules enquanto emergem. A absorção de herbicidas pelas raízes ou pelas folhas é influenciada pela disponibilidade dos produtos nos locais de absorção e com fatores ambientais (temperatura, luz, umidade relativa do ar e umidade do solo), que influenciam também a translocação destes até o local de ação.

### 1.2. Interceptação, retenção e absorção de herbicida pela folha

O herbicida para ser absorvido pela planta necessita de um tempo mínimo sobre a folha, com isso, é função da tecnologia de aplicação a metodologia mais eficiente para efetuar a pulverização da calda, tamanho da gota, bem como obter maior cobertura de área foliar. A morfologia da planta e as condições ambientais influenciam, a exemplo do estágio de desenvolvimento da planta, forma de limbo foliar e ângulo de orientação das folhas.

As condições climáticas influenciam na perda do herbicida ou da sua qualidade. Ocorrendo chuva logo após a aplicação, podem ser lavados, observando, porém dadas característica de alguns herbicidas podem aumentar ou diminuir o tempo mínimo sem que haja chuva, necessário para o não perder sua ação.

A cutícula recobre todas as células da epiderme da planta, incluindo as células-guarda dos estômatos e as células que envolvem a câmara subestomática. Para que o herbicida entre na estrutura das folhas é necessário romper a barreira protetora que a folha possui, externamente a cutícula é recoberta por uma camada de cera. A camada cerosa que envolve a cutícula é mais rica em compostos menos polares do que a cutina, a qual possui grupos de polaridade variáveis, funcionando como uma resina de troca de cátions. Em presença de água, acredita-se que a cutina aumente de volume (por embebição), separando as partículas de cera, aumentando, assim a sua permeabilidade

É conhecido o fato de que há uma interação bastante complexa entre a natureza química do produto aplicado e a superfície foliar. Existem dois tipos principais de superfícies: uma facilmente molhável (rica em álcoois) e outra de molhamento mais difícil (rica em alcanos). As características da solução aplicada, a polaridade do composto, a tensão superficial da calda, etc. são importantes nessa interação.

As folhas das plantas apresentam muitas barreiras à penetração dos herbicidas, tanto aos polares quanto aos não-polares. Apesar das barreiras existentes (como a camada cuticular), tanto os herbicidas polares quanto os não-polares penetram nas folhas das plantas. Uma hipótese citada por Klingman e Ashton, (1975), sobre a penetração dos herbicidas pelas folhas, é que essas barreiras não são totalmente rígidas e distintas. A maior barreira à penetração de um herbicida no citoplasma das células é a membrana citoplasmática. Entretanto, o herbicida, após atravessar a camada cuticular e a parede celular, pode penetrar no citoplasma, via simplasto, através dos plasmodesmas

A camada cuticular funciona como uma barreira à perda de água e também como uma barreira à entrada de pesticidas e microrganismos na planta. O processo de absorção de um herbicida é complicado em razão da espessura, composição química e permeabilidade da cutícula, que variam em função da espécie, da idade da folha e do ambiente sob o qual a folha se desenvolve.

Todos esses fatores podem influenciar a absorção de herbicidas. Uma grande diversidade de herbicidas, que diferem em estrutura e polaridade, atravessa a camada cuticular. O exato mecanismo de penetração não é totalmente conhecido para todos os herbicidas, mas admite-se que os compostos não-polares sigam uma rota lipofílica e os compostos polares, a rota hidrofílica. A absorção de herbicida não está necessariamente relacionada à espessura ou ao

SEGUIDORES

ARQUIVO DO BLOG

[Julho \(1\)](#)

[Fevereiro \(1\)](#)

[Novembro \(1\)](#)

QUEM SOU EU



[Kleiton F.](#)

[Seguir](#) 1.619

[Visualizar meu perfil completo](#)

peso da cutícula, mas sim à constituição lipídica e ao grau de impedimento da passagem de solutos. Há evidências de que a penetração de herbicidas decresce com o aumento da idade da folha.

A passagem de uma molécula de herbicida através da camada cuticular é um processo físico que pode ser influenciado por uma série de fatores, como: potencial hidrogeniônico (pH), fatores ambientais (luz, temperatura, umidade relativa), tamanho das partículas e concentração do herbicida, espessura da cutícula, cerosidade e pilosidade da folha, uso de agentes ativadores de superfícies (surfatantes) e outros. Para os herbicidas orgânicos, derivados de ácidos fracos, o pH mais baixo aumenta a absorção do herbicida, porque reduz sua polaridade. Para os herbicidas não-dissociáveis (amidas, ésteres, etc.), o pH da solução tem pouco ou nenhum efeito sobre a penetração. Os fatores ambientais, em conjunto, como temperatura do ar, umidade relativa, luz e teores de umidade no solo e na planta, influenciam a atividade dos herbicidas nos aspectos de absorção, translocação e grau de toxificação.

Os herbicidas são raramente aplicados na forma pura, mas preparados em soluções, emulsões, etc., às quais alguns ingredientes são adicionados. Destes, os mais importantes são os agentes ativadores de superfície, ou surfatantes, que têm vários propósitos. Eles geralmente são compostos de moléculas grandes, contendo parte hidrofílica e lipofílica, e podem ser catiônicos, aniônicos ou não-iônicos. Vários autores afirmam que os surfatantes melhoram a penetração e, ou, atividade do herbicida. Entretanto, a eficiência do surfatante depende de sua natureza, do herbicida em questão, da presença de outros aditivos e das espécies das plantas.

Diversos produtos químicos, além de surfatantes e óleos, têm sido usados como aditivos nas pulverizações, para melhorar a penetração ou atividade dos herbicidas aplicados às folhagens. Sulfato de amônio, na concentração de 1 a 10% (p/v), tem sido usado para melhorar a atividade de numerosos herbicidas, incluindo picloram, glyphosate e sethoxydim.

### **1.3. Penetração pelo caule**

A absorção de herbicidas pode ocorrer pelo caule das plantas jovens (durante emergência) e das adultas. Nas plantas jovens, é um sítio de entrada importante para muitos herbicidas aplicados ao solo que são ativos em sementes e durante a germinação e na emergência das plântulas. O caule da plântula durante a emergência tem uma cutícula muito pouco desenvolvida, desprovida da camada de cera, tornando-a mais permeável aos herbicidas, sendo esta uma rota de entrada de herbicidas em muitas espécies de gramíneas.

A penetração de herbicidas através da casca de plantas lenhosas é outra opção que pode ser aproveitada na prática. Entretanto, o periderma é um tecido protetor que substitui a epiderme, após a morte de suas células. As células do periderma contêm tanino e são altamente suberizadas. Baseado na sua estrutura e composição, o periderma deve apresentar baixa permeabilidade à água e, também, aos herbicidas aplicados na parte aérea, principalmente os polares. Lenticelas são estruturas que atravessam o periderma, sendo, portanto, rotas importantes para a penetração de herbicidas pelo caule. O crescimento do caule, em diâmetro, causa pequenas rupturas na casca, que facilitam a penetração de herbicidas. Para atuação de herbicidas aplicados à casca das árvores, eles são preparados em formulações lipofílicas, usando-se óleo como veículo, além de serem aplicados em altas concentrações (5-10%).

### **1.4. Penetração pelas raízes**

Muitos herbicidas aplicados ao solo são absorvidos pelas raízes. A entrada dos herbicidas pelas raízes não é tão limitada quanto pelas folhas, uma vez que nenhuma camada significativa de cera ou cutícula está presente nas partes das raízes onde a maior parte de absorção de herbicidas ocorre. A rota mais importante de entrada é a passagem do herbicida junto com a água a través dos pêlos radiculares existentes nas extremidades das raízes. Os pêlos radiculares são responsáveis por aumento significativo da área disponível para a absorção de água e de herbicidas. A disponibilidade dos herbicidas para as raízes é função das propriedades físico-químicas dos herbicidas e do solo e da distribuição espacial destes compostos e das raízes no solo. Os herbicidas têm que entrar em contato com a raiz, o que pode ocorrer pelo crescimento desta ou pela difusão do herbicida no estado gasoso e, ou, em solução com a água, até a zona de absorção das raízes. Embora raízes jovens sejam também cobertas por uma camada cerosa e as mais velhas sejam fortemente suberizadas, ocorre, normalmente, a penetração de água e solutos. Nas raízes jovens, a principal zona de absorção está entre 5 e 50 mm de sua extremidade.

#### **1.4.1. Fatores que influenciam a absorção através das raízes**

A absorção de herbicidas pelas raízes é caracterizada por uma fase inicial de elevada taxa de absorção durante os 30 primeiros minutos até 2 horas, seguida por uma fase de absorção mais lenta. Tem sido observado decréscimo na taxa de absorção de herbicidas devido ao abaixamento da temperatura. Esse fenômeno pode, em grande parte, estar relacionado com a viscosidade da água (sob condições de baixa temperatura) e com reações químicas (absorção ativa). Se o herbicida for absorvido em solução com a água, o pH que aumenta a sua polaridade beneficia também a sua absorção e penetração pelas raízes. Quanto à concentração do herbicida, dentro de determinados limites, existe uma relação linear entre a concentração do produto disponível e a sua penetração pela raiz.

A absorção de herbicidas pela raiz também pode ser limitada por ligações ou adsorção do herbicida nos componentes celulares. Triazinas e uréias, por exemplo, podem ser adsorvidas, em parte, pelas raízes. A correlação entre transpiração e absorção é válida para os herbicidas polares, entretanto, existem herbicidas não-polares que são, também, prontamente absorvidos pelas raízes.

Alta temperatura e irradiância, baixa umidade relativa do ar, alta temperatura do solo e alto potencial de água no

solo são condições que favorecem a transpiração e, conseqüentemente, a absorção de herbicidas polares. Também as propriedades físico-químicas dos herbicidas, como lipofilicidade e pka, além do pH da solução do solo, influenciam a absorção.

#### **1.4.2. Mecanismo de absorção de herbicidas**

A primeira fase de absorção é independente de energia metabólica, o que geralmente não é o caso da segunda fase. Autores listam os seguintes critérios para a absorção ser ativa ou dependente de energia:  $Q_{10} \geq 2$ ; requerimento de oxigênio; taxa de absorção não é função linear da concentração externa, mas hiperbólica; absorção bloqueada por inibidores metabólicos; e acumulação contra um gradiente de concentração. A segunda fase de absorção, também é ativa ou dependente de energia. Não há dados suficientes para o entendimento completo de mecanismo de absorção de todos os herbicidas.

Os herbicidas solúveis na água, inicialmente, se difundem nos espaços livres das células da epiderme do córtex da zona de absorção. Até aí, é um processo passivo e puramente físico e, portanto, dependente da concentração, apresentando baixo  $Q_{10}$ . A segunda fase da absorção, que consiste em atravessar a membrana citoplasmática (plasmalema), é um processo ativo de absorção, portanto, demanda energia. Esta fase tem um  $Q_{10}$  maior que a fase inicial e é sensível a inibidores metabólicos.

Sendo os herbicidas, em geral, inibidores metabólicos, a energia necessária à manutenção da seletividade da plasmalema é inibida, podendo, então, o produto atravessá-la livremente. Uma vez dentro do citoplasma das células, dependendo das características do produto, ele pode penetrar no floema e, ou, no xilema, de onde se transloca até seu sítio de ação. Como a translocação via xilema é muito mais rápida que a translocação via floema, há tendência de aqueles herbicidas que são capazes de passar livremente do floema para o xilema serem de baixa ou nenhuma translocação via floema.

A exsudação está relacionada com a detoxificação da planta, podendo ser um dos fatores responsáveis pela tolerância desta ao herbicida. A zona da raiz mais ativa na exsudação é a zona de alongamento, correspondendo à zona de absorção.

## **2. TRANSLOCAÇÃO DE HERBICIDAS**

Há várias razões pelas quais é importante o estudo de translocação de herbicidas. Plantas jovens, que não são capazes de se regenerar através de seus órgãos subterrâneos, podem ser mortas por herbicidas de contato, quando ocorre completa cobertura da parte aérea pela calda herbicida pulverizada. Entretanto, aquelas plantas que são capazes de se regenerar através de bulbos, rizomas, estolons, tubérculos, etc. necessitam que determinada quantidade do produto seja capaz de translocar e atingir estes órgãos de recuperação, para que produza controle eficiente. Por outro lado, considerando que não é fácil atingir toda a superfície foliar de uma planta, principalmente de arbustos e árvores, e tendo em vista que há diferença de penetração de herbicida nas diferentes posições da parte aérea da planta, o aumento na translocação de um produto aumentará a sua eficiência.

Para a maioria dos herbicidas aplicados ao solo, a translocação é também de grande importância. Muitos herbicidas são absorvidos pelas raízes ou pelas partes subterrâneas do caule e são translocados para outras áreas, como ponto de crescimento, cloroplastos, etc., para exercerem a sua efetiva ação herbicida. Se a translocação de um herbicida pode ser aumentada, então as doses aplicadas deste produto podem ser reduzidas; conseqüentemente, menores serão os custos de aplicação e os riscos de causar prejuízos ao meio ambiente.

### **2.1. Conceito de movimento simplástico e apoplástico**

**Simplástico** - massa total de células vivas de uma planta, formando um conjunto contínuo através das intercomunicações do citoplasma, denominado plasmodesmas. Íons e moléculas podem movimentar-se de célula para célula através dessas estruturas, até atingirem as células companheiras, de onde são transpostos para o floema, sem atravessar as barreiras à permeabilidade, que são as membranas citoplasmáticas. O floema é o principal componente do simplasto.

**Apoplástico** - contrariamente ao simplasto, é formado pelo conjunto de células mortas, incluindo as paredes celulares, os espaços intercelulares e o xilema, os quais formam um sistema contínuo no qual a água e os solutos se movimentam livremente. O movimento de solutos e assimilados no interior das plantas superiores pode ser definido, basicamente, em dois sentidos, como visto a seguir.

#### **2.1.1. Movimento descendente**

Os assimilados e solutos se movem a uma distância média correspondente a 2,5 vezes o diâmetro da célula, antes de alcançar os vasos menores do floema. Parte dessa distância o corre pelo sistema apoplástico. Uma vez que estes assimilados se movem para dentro desses vasos, em direção contrária ao gradiente de concentração, assume-se que esse movimento ocorra à custa de energia metabólica.

O movimento para dentro do floema (carregamento) deve ser um processo ativo, porém o mecanismo desse carregamento, para muitas substâncias, é ainda desconhecido. A teoria do transporte pelo fluxo de massa baseia-se na elevação da concentração de assimilados (açúcares, principalmente sacarose) dentro dos vasos, causando elevação do potencial osmótico e, conseqüentemente, penetração de água dentro destas células.

As folhas, inicialmente, são um dreno e, quando amadurecem, se transformam em uma fonte. Substâncias fotossintetizadas nas folhas da base da planta são transportadas para as raízes, enquanto as produzidas nas folhas da parte superior da planta são transportadas para as folhas novas e os brotos terminais. Os assimilados, para se translocarem das folhas para a parte superior da planta, têm, primeiro, que descer até atingir o caule, após o que podem subir pelo floema ou penetrar no xilema e se translocar com a corrente transpiratória.

### **2.1.2. Movimento ascendente**

Íons e moléculas podem difundir-se pelos espaços intercelulares e paredes celulares do córtex. O movimento por esta rota para o interior da raiz é bloqueado pelas paredes longitudinais das “estrias de Caspary”, na endoderme. Contudo, de alguma forma ainda não definida, supunha-se que as substâncias (íons ou moléculas) rompiam essa barreira e penetravam no sistema simplástico das células. Sabe-se, hoje, no entanto, que a estria de Caspary não está presente nos ápices radiculares de células endodérmicas jovens e na região basal das raízes laterais em desenvolvimento, o que pode representar importante rota de passagem dos herbicidas do apoplasto para o simplasto.

Em geral, as condições ambientais favoráveis à transpiração (umidade relativa baixa, elevadas temperaturas e adequado suprimento de água no solo) são favoráveis à translocação dos produtos que se movimentam pelo sistema apoplástico.

### **2.1.3. Translocação de alguns herbicidas**

**Dicamba** - é altamente móvel na planta. Aplicado nas raízes ou nas folhas, ele se acumula nos pontos de crescimento. Pequena acumulação ocorre nas raízes, apesar de ser bastante móvel no sentido basípeto da planta.

Exsuda-se, em grande proporção, pelas raízes, podendo causar danos às plantas adjacentes às tratadas. A presença de folhas jovens na planta aumenta a translocação do produto para as raízes. A morte ou injúria das raízes reduz a sua exsudação, indicando ser este um processo que requer energia.

Apesar de se translocarem no sentido descendente, não se acumulam na raiz por causa do fenômeno da exsudação.

Se o produto é aplicado nas folhas, também ocorre acumulação nas folhas jovens, nos pontos de crescimento e nas raízes. A sua pequena acumulação nas raízes está, até certo ponto, relacionada com sua exsudação por elas.

A taxa de absorção decresce algum tempo após a aplicação, por causa do fechamento dos estômatos (redução na taxa de transpiração). Os estômatos fecham-se porque o herbicida, ao inibir a fotossíntese, promove o acúmulo de CO<sub>2</sub> na câmara subestomática. As triazinas também se acumulam em glândulas ricas em óleos, em plantas de algodão, atingindo, em menor proporção, os cloroplastos.

**Bipiridílios** – são considerados, na prática, como herbicidas não translocáveis nas plantas. Aparentemente, a pequena translocação do produto ocorre pelo sistema apoplástico

## **3. METABOLISMO DOS HERBICIDAS NAS PLANTAS**

A seletividade dos herbicidas pode ser atribuída a numerosos fatores, incluindo absorção, translocação, metabolismo, etc. Para vários grupos de herbicidas (ex.: auxínicos, inibidores da ALS e da ACCase), o metabolismo da molécula é uma das principais causas da seletividade. É muito importante saber se o herbicida é metabolizado ou não, na planta. As agências governamentais estabelecem limites de tolerância de resíduos dos produtos na planta, na época da colheita das estruturas utilizadas para a alimentação.

Uma das maneiras pelas quais as plantas se livram destes produtos é através do metabolismo destes. É importante saber não só que o herbicida é metabolizado, mas, também, conhecer os seus metabólitos e a forma como são metabolizados. Embora os herbicidas venham sendo usados há mais de 50 anos, o estudo de seus metabolismos é relativamente recente. Tratar-se-á, aqui, do metabolismo dos herbicidas nas plantas apenas em relação à sua detoxificação.

A maioria das plantas degrada a cadeia do ácido acético, mas somente algumas espécies o degradam em velocidade suficientemente rápida para aumentar ou proporcionar a sua tolerância ao produto.

Os processos de inativação ocorrem pela hidroxilação, demetoxilação e dealquilação na posição 'N' e por conjugação com peptídeos. Extratos das raízes e da parte aérea do milho são capazes de hidroxilar as clorotriazinas. A substância catalisadora dessa reação foi identificada como benzoxazinona.

Esta substância ocorre em toda a planta de milho, mas a hidroxilação é mais intensa nas raízes, indicando que nestas a benzoxazinona é mais ativa. Também pode ocorrer conjugação das triazinas com peptídeos, o que favorece a tolerância das plantas a estes herbicidas. Glutathion-s-transferase é a enzima envolvida nessa conjugação. A N-dealquilação é outra rota do metabolismo das triazinas

## 4. FORMULAÇÃO

Formular um herbicida consiste em preparar seu ingrediente ativo na concentração adequada, adicionando substâncias coadjuvantes, tendo em vista que o produto final deve ser usado em determinadas condições técnicas de aplicação, para poder cumprir eficazmente sua finalidade biológica, mantendo essas condições durante o armazenamento e transporte (ARAÚJO, 1997).

A formulação é a etapa final da industrialização. O mesmo ingrediente ativo, às vezes, é comercializado em formulações diferentes em várias regiões do mundo, mas a tendência atual é uma formulação universal que possa ser usada em diversos países. Na legislação federal sobre produtos fitossanitários, no Brasil, ingrediente ativo é o composto com atividade biológica, e os ingredientes inertes são os outros compostos adicionados na formulação. Qualquer substância ou composto sem propriedade fitossanitária, exceto água, que é acrescida na preparação de defensivos para facilitar a aplicação ou aumentar a eficiência ou diminuir os riscos é classificada como adjuvante.

Entre as classes de adjuvantes podem-se citar: emulsificantes (compatibilizam frações polares e apolares); dispersantes (impedem a aglomeração de partículas); espessantes (aumentam a viscosidade); solventes (dissolvem o ingrediente ativo); molhantes (permitem rápida umectação do produto em contato com a água); quelatizantes (tiram reatividade de moléculas e íons); tamponantes (deixam o pH dentro de uma faixa desejada); corantes (dão coloração ao produto formulado); adesivos (melhoram a aderência do produto com a superfície tratada); e surfatantes (agentes ativadores de superfície).

Os óleos não-fitotóxicos também têm grande uso como adjuvante, seja como molhantes, espalhantes, penetrantes, antievaporantes e, ou, adesivos. Eles podem ser: minerais (formulados com predominância de frações parafínicas de hidrocarbonetos), vegetais (apresentam porções variadas de ácidos graxos) e vegetais metilados (sofrem esterificação metílica). Os minerais também podem servir como veículo para aplicação de herbicidas

Os surfatantes ou tensoativos são também adjuvantes. Estes compostos causam redução da tensão superficial, servindo de interface entre as superfícies, por possuírem porções lipofílicas e hidrofílicas na mesma molécula. Os surfatantes são classificados de acordo com sua carga elétrica ou tendência de ionizar a porção hidrofílica da molécula. Eles podem ser aniônicos (carregados negativamente), catiônicos (carregados positivamente) e não-iônicos (neutros), que não alteram o equilíbrio eletrolítico nas formulações e nas caldas. Recentemente surgiram os surfatantes à base de organossilicones, que são capazes de reduzir muito a tensão superficial e até induzir um fluxo de massa da solução pulverizada através do poro estomatal, fazendo com que o herbicida penetre, também, pelos estômatos.

Além da redução da tensão superficial, os surfactantes favorecem o espalhamento uniforme da calda na superfície foliar, aumentam a retenção e melhoram o contato da gotícula. Também, podem solubilizar substâncias não-polares da folha, causando dês naturalização enzimática ou disfunção das membranas e, assim, favorecer mais a penetração do herbicida. Os surfatantes podem, também, assumir conotações negativas em certos casos, como sendo fitotóxicos, por diminuir ou eliminarem a seletividade de alguns herbicidas e até favorecerem ataques de fungos pela remoção da camada cerosa protetora ou por espalharem os esporos pela superfície vegetal.

Uma formulação de herbicida pode ser considerada de boa qualidade se atender aos seguintes requisitos: ser letal à planta daninha ou, no mínimo, danosa a ela; e não afetar os microrganismos benéficos e a cultura, caso esta já esteja instalada. Além disso, deve apresentar bom espalhamento, boa retenção na superfície da folha, e penetração foliar eficiente. Deve também permitir a associação de produtos, tem que ser compatível, tanto física (sem absorção ou repulsão entre os ingredientes) como química (sem alteração dos compostos) ou biologicamente (a mistura deve ser eficiente para o controle) e ser estável, ou seja, permanecer ativa por um longo período

### 4.1. Veículo de aplicação (água)

O veículo mais importante para diluir formulações de produtos fitossanitários a serem aplicados por pulverização ou imersão é a água, que deve ser de boa qualidade. Argilas e compostos orgânicos em suspensão na água podem absorver alguns tipos de ingredientes ativos, tornando-os indisponíveis.

A água quase sempre apresenta sais em dissolução, especialmente os de  $\text{Ca}^{++}$  e de  $\text{Mg}^{++}$ , que são os principais causadores da dureza da água. Deve-se salientar que essa dureza é calculada em função do teor de  $\text{CaCO}_3$ .

A dureza da água interfere na qualidade das caldas dos herbicidas de duas maneiras:

**Nas formulações** - na presença de tensoativos aniônicos contendo  $\text{Na}^+$  ou  $\text{K}^+$ , os elementos responsáveis pela dureza da água  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  podem substituí-los, formando compostos insolúveis, com conseqüente perda da função desses surfatantes.

**Nos ingredientes ativos** - ingredientes ativos à base de ácidos ou sais podem reagir na presença dos cátions  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , com possíveis substituições e formações de compostos insolúveis, descaracterizando sua ação biológica.

A dureza da água pode ser corrigida, segundo Kissmann (1997), de duas maneiras: acrescentando um surfatante não-iônico, o que reduziria a tensão superficial dos líquidos, ou acrescentando um quelatizante na água, o que isolaria a carga elétrica e suprimiria a reatividade de íons desta.

As indústrias geralmente já formulam seus produtos para serem compatíveis com 20 até 320 ppm de carbonato de cálcio, que representa água semidura.

### 4.2. Tipos de formulações

As formulações apresentam-se, basicamente, nas formas sólida e líquida.

#### 4.2.1. Formulações sólidas

**Pó molhável (PM):** esta formulação é definida pela ABNT como formulação sólida de pó, para aplicação, sob a forma de suspensão, após dispersão em água. É obtida pela moagem do ingrediente ativo absorvido em material inerte (sílica, vermiculita, etc).

Adiciona-se geralmente uma substância dispersante, para evitar floculação e aumentar a estabilidade da suspensão. Durante a aplicação, precisa-se de uma agitação contínua no tanque.

Geralmente, possui 50 a 80% de ingrediente ativo (ex: Sencor BR, 700 g kg<sup>-1</sup> de metribuzin).

**Pó solúvel (PS):** nesta formulação o ingrediente ativo é totalmente solúvel em água, não requerendo agitação durante aplicação.

**Grânulos dispersíveis em água (GRDA ou dry flowable):** é uma formulação sólida constituída de grânulos, para aplicação sob a forma de suspensão após desintegração e dispersão em água. O ingrediente ativo sólido está na forma de grânulos, e este, adicionado em água, transforma-se numa suspensão.

Possui a vantagem de ter, no produto comercial, maior concentração de princípios ativos, requerendo, com isso, menor volume de calda para aplicação (ex: Scepter 70 DG, 700 g kg<sup>-1</sup> de imazaquin).

**Granulados (GR):** os grânulos são constituídos de veículos minerais, como avermiculita, e de princípio ativo, cuja concentração varia de 2 a 20%. Em geral, dispensam o uso da água, são mais seletivos, podem ser aplicados em locais de difícil acesso, têm maiores custos e dependem de equipamentos adequados para aplicação e de umidade no solo para liberar o ingrediente ativo (ex.: Ordran 200 GR, 200 g kg<sup>-1</sup> de molinate).

**Pellets ou pastilhas:** possuem ampla similaridade com os granulados, diferindo-se por possuírem partículas de maior tamanho.

#### 4.2.2. Formulações líquidas

**Soluções (S):** esta mistura é de natureza homogênea, composta do soluto, que é o ingrediente ativo, e do solvente, que pode ser água, álcool, acetona, etc. Seu processo de obtenção é o mais simples e barato. Para que um produto seja formulado como solução, ele deve ser solúvel em pelo menos 25% por litro do solvente.

Devido à sua pouca penetração foliar, adiciona-se geralmente um surfatante (ex.: DMA 806 BR, 670 g L<sup>-1</sup> de 2, 4-D).

**Concentrado emulsionável (CE):** é uma formulação líquida homogênea, para aplicação após diluição em água, sob a forma de emulsão. Emulsões são sistemas termodinamicamente instáveis que consistem em dois líquidos imiscíveis, sendo um deles disperso como glóbulos de pequeno tamanho dentro do outro. O concentrado emulsionável conta, basicamente, com um solvente não-polar (o ingrediente ativo), dissolvido no solvente, e um agente emulsificante. A solubilidade mínima necessária é de 12%.

Possui maior penetração foliar, permanece por longos períodos em suspensão (mistura mais homogênea) e provoca menos desgaste nos bicos (ZAMBOLIM; VALE, 1997) (ex.: Dual 960 CE, 960 g L<sup>-1</sup> de metolachlor).

**Suspensão concentrada (S) ou “flowable”:** é uma formulação constituída por uma suspensão estável de ingrediente(s) ativo(s) num veículo líquido, que pode conter outro(s) ingrediente(s) ativo(s) para aplicação após a diluição. Neste tipo de formulação, o princípio ativo sólido (micropartículas) é mantido suspenso em água. Como vantagens estão a ausência do pó, baixa toxicidade e o fácil manuseio (ex.: Karmex 500 SC, 500 g L<sup>-1</sup> de diuron).

**Emulsões concentradas:** esta formulação é uma emulsão de ingrediente ativo de baixo ponto de fusão ou líquido, sendo uma alternativa ao concentrado emulsionável (ex.: Podium, 110 g L<sup>-1</sup> de fenoxaprop-p-ethyl).

**Suspo-emulsão:** é uma formulação fluida e heterogênea, constituída de uma dispersão estável de ingredientes ativos na forma de partículas sólidas e de finos grânulos na fase aquosa, para aplicação após a diluição em água. A importância desta formulação reside na possibilidade de poder compatibilizar dois tipos de formulações diferentes.

**Microemulsão:** é um caso específico de emulsão. Esta formulação contém as fases ‘oleosa’ (contendo o ingrediente ativo e o solvente orgânico surfatante) e ‘aquosa’ (que também pode conter ingrediente ativo solúvel em água, além de surfatante). A aparência é de um líquido transparente, homogêneo (ex.: Robust: 200 g de fluazifop-p-butyl + 250 g L<sup>-1</sup> de fomesafen).

## 5. MISTURAS DE HERBICIDAS

O controle de plantas daninhas visa, entre outros aspectos, reduzir ou eliminar a competição destas com a cultura. A necessidade de reduzir os custos de produção da cultura tem levado os produtores, bem como os fabricantes, a preparar misturas de herbicidas com diferentes princípios ativos, ou mesmo com outros agroquímicos/pesticidas.

Houve grande expansão no uso de misturas e na aplicação sequencial de vários herbicidas em um único ciclo cultural; entretanto, o manejo de herbicidas, especialmente as misturas, requer grande cuidado, além do conhecimento a respeito das interações entre os produtos, visando obter o máximo de controle de plantas daninhas e minimizar injúrias às culturas. Deve-se dar preferência às misturas prontas.

### 5.1. Vantagens das misturas ou combinações de herbicidas

A aplicação de misturas de herbicidas pode oferecer vantagens, quando comparadas com aplicação de um princípio ativo isoladamente, como:

- Controle de maior número de espécies de plantas daninhas e redução do risco de aparecimento de genótipos resistentes.
- As misturas foram primeiramente usadas para o controle não-seletivo e seu uso contínuo tornou-se importante. A idéia de combinação de herbicidas para controlar seletivamente plantas daninhas em culturas desenvolveu-se posteriormente.
- Aumento da segurança da cultura, devido ao uso de doses menores de cada herbicida misturado. É mais efetiva que uma única dose de um herbicida. Há menor chance de a cultura ser injuriada.
- Redução de resíduos na cultura e no solo devido ao uso de doses menores, especialmente dos componentes mais persistentes.
- Redução de custos: o menor custo de aplicação, o controle mais efetivo de plantas daninhas e as menores quantidades de herbicidas aplicadas geralmente reduzem o custo total do manejo.
- Controle por um período maior, pela adição de outro herbicida mais efetivo sobre determinada espécie de planta daninha predominante.
- Melhores resultados em campos com variados tipos de solos.
- Pode melhorar o controle de plantas daninhas pela ampliação da seletividade, em razão da possível ação sinérgica na planta daninha e ação antagônica sobre a cultura.

### 5.2. Incompatibilidade

Quando dois ou mais herbicidas são combinados, eles podem ser aplicados separadamente (um após o outro), juntos (misturados no tanque) ou ainda podem ser formulados juntos (comercializados numa mesma embalagem). Estes herbicidas pré-misturados ou em misturas no tanque do pulverizador podem ser mais eficientes ou não, dependendo do modo como foi feita a mistura.

Menor desempenho da mistura pode ser resultado de qualquer incompatibilidade física ou biológica. A incompatibilidade física é usualmente causada pela formulação e suas interações, resultando em formação de precipitados, separação de fase, etc., de modo que sua aplicação não pode ser executada.

Fatores como solubilidade, complexação, carga iônica e outros parâmetros físicos são responsáveis pela redução do desempenho dos produtos, causada pela incompatibilidade. A incompatibilidade denota a inabilidade de dois ou mais herbicidas em serem usados simultaneamente.

A mistura de um herbicida formulado como pó-molhável, por exemplo, com outro formulado como concentrado emulsionável tem elevada tendência a apresentar incompatibilidade física, que resulta numa rápida sedimentação dos componentes da mistura. Por isso, uma das vantagens da mistura formulada, em relação à de tanque, é evitar possíveis incompatibilidades dos componentes da formulação.

### 5.3. Interações entre herbicidas

O termo interação descreve a ação conjunta dos herbicidas nas plantas. É a relação da efetividade de um material com o outro. Quando dois ou mais herbicidas são aplicados juntos, podem ser observados os seguintes efeitos sobre as plantas:- Efeitos sinérgicos: quando o efeito dos herbicidas aplicados juntos é maior que a soma dose feitos isolados.

**Efeitos aditivos:** quando o efeito dos herbicidas em mistura é igual à soma dos seus efeitos quando aplicados separados

**Efeitos antagônicos:** quando o efeito dos herbicidas em mistura é menor que a soma dos seus efeitos quando aplicados separadamente. É interessante lembrar que esses efeitos podem ser diferentes entre espécies de plantas. Do ponto de vista prático, seria ideal que a mistura apresentasse efeitos antagônicos para a cultura e sinérgicos para as plantas daninhas. Várias misturas sinérgicas de herbicidas têm sido reportadas. As bases para essa interação podem ser: aumento da penetração foliar dos herbicidas aplicados em pós emergência, aumento da translocação, inibição do metabolismo, interações dos mecanismos de ação dos herbicidas envolvidos, etc.

O antagonismo em misturas de tanque acontece quando uma reação adversa ocorre entre os herbicidas na solução.

A redução da penetração pela raiz poder resultar em antagonismo e aumentar a seletividade da cultura. É o caso

do trifluralin e diuron em algodão e trifluralin e metribuzin em soja, etc. O antagonismo também ocorre quando um herbicida de contato é aplicado com glyphosate ou com herbicidas auxínicos. A absorção e a translocação do glyphosate ficam prejudicadas, resultando em menor efeito dos herbicidas sistêmicos. O efeito da interação entre dois herbicidas pode ser estimado pela equação a seguir:

#### Quadro 01: Equação do efeito da interação entre dois herbicidas

Então,  $X+(100-Y)$  é a toxicidade esperada da mistura.

Se a resposta observada for maior que a esperada, a mistura é sinérgica.

Se a resposta observada foi menor que a esperada, a mistura é antagônica

Se a resposta observada for igual à esperada, a mistura é aditiva.

#### 5.4. Interações de herbicidas com inseticidas em mistura

Em geral, a fitotoxicidade de alguns herbicidas tem mostrado ser influenciada por alguns inseticidas organofosforados ou metilcarbamatos. Inseticidas organoclorados não tem apresentado interações com herbicidas. Organofosforados estão envolvidos com interações com nicosulfuron (SILVA et al., 2005)

#### 5.5. Interações de herbicidas com fertilizantes em mistura

Os herbicidas em misturas com fertilizantes, às vezes, são usados por alguns produtores, porém sem nenhuma base científica. A aplicação de molibdênio na cultura do feijão, em mistura com os herbicidas fluazifop-p-butil+fomesafen, bentazon, fomesafen e imazamox, em ensaios preliminares apresentou efeitos aditivos. Esses resultados, se confirmados, viabilizam a aplicação desses insumos de uma só vez.

## 6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. S. **Destino final das embalagens de agrotóxicos** (Produtos Fitotassanitários), SENAR. Associação Regional do Estado do Paraná. Curitiba. Cyanamid Química do Brasil. 1997. 40p.

BEHRENS, R.; ELAKKAD, M. A. Influence of rainfall on the phytotoxicity of foliarly applied 2,4-D. Weed Sci., v. 29, p. 349, 1981.

BRIDGES, D.; HESS, F. D. Adjuvantes. In: Herbicide action course. West lafayette: Purdue University, 2003. p. 56-58.

DAWSON, J. H.; APPLEBY, A. P. Uptake of herbicides from soils by shoots. In: herbicide action course. West lafayette: Purdue University, 1994. p. 344-365.

DONALDSON, T. W.; BAYER, D. E.; LEONARD, O. A. Absorption of 2,4- dichlorophenoxyacetic acid and 3-(p-chlorophenyl) 1, 1 -dimthylurea (monuron) by harley roots. Plant Phisiol., v. 52, p. 638, 1973.

FERREIRA, E. A.; DEMUNER, A. J.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VINTRELLA, M. C.; MARQUES, A. E.; PROCÓPIO, 5. O. Composição química da cera epicotilar e caracterização da superfície foliar em genótipos de cana-de-açúcar. Planta Daninha, v. 23, n. 4, p. 611-619, 2005.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. E.; SILVA, A. A.; MIRANDA, G. V. Controle de *Digitaria horizontalis* pelos herbicidas glyphosate, sulfosate e glifosate potássico submetidos a diferentes intervalos de chuva após a aplicação. Planta Daninha, v. 19, a-2. p. 279-285, 2001.

KISSMANN, K. O. Adjuvantes para caldas de produtos fitossanitários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 21., 1997, Caxambu, MG. Palestras e mesas redondas... Viçosa, MG: SBPCPD, 1997. 189 p.

Postado por [Kleitton Freire](#) às 20:18

Reações:  engraçado (0)  interessante (0)  legal (0)



Recomende isto no Google

Nenhum comentário:

Postar um comentário

Digite seu comentário...

Comentar como: Conta do Goog ↕

Publicar

Visualizar

[Postagem mais recente](#)

[Página inicial](#)

[Postagem mais antiga](#)

Assinar: [Postar comentários \(Atom\)](#)