

COMPORTAMENTO DE HERBICIDAS EM RELAÇÃO AS PLANTAS

MIGUEL MARTINS CHAVES

Engenheiro Agrônomo
Shell Brasil S. A. (Petróleo)
Depto. de Prod. Químicos Agrícolas

Cumprе deixar registrado que este não é um trabalho original, mas uma síntese bibliográfica baseada, principalmente, no trabalho de SHAW, HILTON, MORELAND e JANSEN — “Herbicides in Plants” — apresentado no simpósio “The Nature and Fate of Chemicals Applied to Soils, Plants, and Animals” — U. S. D. A.

Os recentes progressos das investigações sobre o comportamento de herbicidas nas plantas permitiram, aos estudiosos do assunto, a elaboração de certos princípios concernentes à penetração, absorção, translocação, metabolismo, modo e local de ação dessas substâncias químicas. Esses processos são influenciados pelos caracteres morfológicos, fenômenos fisiológicos, propriedades bioquímicas do protoplasma e fatores do meio ambiente que determinam o desenvolvimento dos vegetais. A seguir, de modo resumido, apreciações sobre cada um dos fatores acima mencionados e discussão e conclusão sobre os resultados obtidos até o momento.

a) *Caracteres morfológicos que influenciam a distribuição, retenção e absorção de herbicidas*

O porte da planta (direção do caule), a forma, consistência, bordo, superfície do limbo, posição e densidade das folhas influenciam grandemente a distribuição, retenção e absorção de herbicidas

Plantas que possuem porte ereto, prostrado, volúvel etc. são dotadas de diferentes características receptoras e diferentes formas de retenção do herbicida aspergido sobre elas. A forma da folha, se elítica, arredondada etc. influencia, sobretudo, na recepção, distribuição e retenção de herbicidas. A posição das folhas, se horizontal, perpendicular ou outra, que é um dos fatores determinantes da densidade da cobertura vegetal, é, também, responsável pela retenção e absorção de herbicidas. A natureza do revestimento

das fôlhas (cêras, espinhos etc.) é responsável pela maior ou menor retenção e absorção de herbicidas.

A distribuição dos estômatos e a natureza da cutícula, provavelmente, determinam a quantidade de material que penetra nas camadas superficiais da fôlha. A permeabilidade das membranas celulares, posteriormente, irá determinar a quantidade da substância química a ser absorvida pela célula.

A forma, tamanho, densidade, distribuição e outras características das raízes, quando os herbicidas são aplicados no solo, também, de certo modo irão determinar a quantidade de herbicida que, de uma forma ativa, entrará em contato com a planta.

Em conjunto, os caracteres morfológicos das plantas agem como verdadeiros "obstáculos", os quais o herbicida terá de transpor, antes de exercer sua ação sobre o desenvolvimento do vegetal.

b) *Translocação de herbicidas nas plantas*

Resultados de estudos realizados sobre a translocação de herbicidas nas plantas levaram alguns pesquisadores ao estabelecimento de certos princípios.

Numerosos são os fatores que exercem influência na translocação de substâncias químicas aplicadas nos vegetais.

Os herbicidas, após sua absorção pela planta, são imobilizados por adsorção pelos tecidos, ou entram em combinação com os constituintes celulares. Quando determinados produtos são absorvidos, a molécula é provavelmente, metabolizada antes da translocação. Uma vez que o movimento descendente dos herbicidas aplicados na parte aérea ocorre, primeiramente, pelo floema e o movimento ascendente dos herbicidas aplicados no solo ocorre, principalmente, pelo xilema, todos os fatores inerentes ao desenvolvimento vegetal e transporte dos solutos orgânicos e inorgânicos, também afetam o movimento de herbicidas no interior das plantas.

A eficiência com a qual os herbicidas são translocados varia com a espécie vegetal. Assim, o meristema intercalar de certas gramíneas limita a translocação de certos produtos, quando aplicados na parte aérea. Algumas "barreiras" de translocação são, também, encontradas em plantas herbáceas e lenhosas.

Com o incremento da pesquisa, vem se tornando mais clara a evidência de que ocorre um movimento lateral de herbicidas entre o floema e xilema. No entanto, o conhecimento do mecanismo, conceito de energia e a interrelação com a translocação de herbicidas nas plantas não permite, ainda, uma generalização nesse sentido.

O atual conhecimento sobre a translocação de herbicidas, todavia, indica a existência de "obstáculos de translocação" para casos específicos, que impedem uma quantidade suficiente do herbicida atingir o seu local de ação onde iria causar distúrbios no

processo fisiológico vegetal. Esses mesmos “obstáculos” determinam as diferentes *ações seletivas* dos diversos herbicidas.

c) *Mecanismo e locais de ação herbicida*

Os herbicidas modificam e controlam o desenvolvimento da planta, pela inibição ou ativação dos processos fisiológicos essenciais, ou impedindo a biossíntese dos metabólitos essenciais ao crescimento vegetal.

Hidratos de carbono, ácidos orgânicos e diversos outros compostos químicos são originados da fotossíntese, sendo, posteriormente, utilizados no processo da respiração, para a formação de fontes de energia, como o trifosfato de adenosina, fontes essas mais tarde utilizadas na biossíntese de diversos constituintes da célula. Os produtos ricos em carbono, sintetizados pela fotossíntese sofrem reações catalisadas por enzimas, dando origem a metabólitos essenciais ao crescimento. Esses compostos são, posteriormente, incorporados às macromoléculas, tais como coenzimas, proteínas, ácidos nucleicos e polissacarídeos. Finalmente, as macromoléculas irão fazer parte das estruturas altamente organizadas, como os microsomos, mitocôndrios, cloroplastídeos e núcleos.

Já é sabido que certos herbicidas inibem a fotossíntese, advindo, em conseqüência, a morte das células. Os herbicidas também podem bloquear o processo oxidativo da fosforilação, eliminando, assim, várias reações celulares de biossíntese. Diversos herbicidas inibem as enzimas catalisadoras de reações específicas.

A ação de “contrôle de crescimento” por parte de herbicidas pode não ser, necessariamente, de natureza bioquímica. Efeitos físicos ou químicos sôbre as membranas celulares, ou outras estruturas subcelulares, poderão quebrar o processo fisiológico normal desses componentes das células, altamente organizados. A ação de inibição de muitos processos bioquímicos ou fisiológicos por parte de vários herbicidas já é conhecida. O controle de crescimento, provavelmente, resulta da ação cumulativa dos efeitos dessas diversas inibições.

Vários pesquisadores chamam atenção para a importância que deve ser dada aos resultados das investigações sôbre os mecanismos e local de ação de herbicida. Com poucos exemplos, pode-se provar que o metabolismo de herbicidas está intimamente correlacionado com os fenômenos acima citados.

A importância das investigações básicas é ilustrada por descobertas, como a de SYNERHOLM e ZIMMERMAN, em 1947, onde demonstram que certos produtos não fitotóxicos são transformados, por determinadas plantas, em compostos fitotóxicos.

Após tal descoberta, surgiram novos conceitos sôbre a ação seletiva de herbicidas. Em 1954, WAIN e WIGHTMAN mostraram que determinadas plantas podem metabolizar o ácido — (2,4-diclorofenoxi) butírico — *isento de propriedades herbicidas* — através do processo da beta oxidação, dando origem ao ácido 2,4-dicloro-

fenoxiacético (2,4-D) de ação herbicida amplamente conhecida. A ação altamente seletiva do herbicida 4 (2,4-DB) foi desenvolvida a partir dessas investigações. Esse produto mostrou-se excelente para o controle, em pós-emergência, de determinadas ervas daninhas de folhas largas em culturas de cereais, linho e também para o controle de certas ervas em algumas culturas de leguminosas.

Estudos mais recentes efetuados com o 2-cloro-4,6-di (etilenamino)-s-triazina [simazin] mostraram ser este produto um herbicida muito promissor para o controle de ervas daninhas em cultura de milho, porque, quando o mesmo é absorvido pelas raízes dessa planta, é convertido para uma forma não fitotóxica. Por outro lado, muitas ervas daninhas de importância não metabolizam o simazin em substâncias inativas, sendo, então, facilmente controladas por ele. Este é um excelente exemplo de que um produto químico de propriedades herbicidas pode ser transformado, pela cultura, em produto inativo. Assim, o destino metabólico do simazin é o inverso daquele seguido pelo 4-(2,4-DB) após a conversão. Sabe-se, também, que o simazin diminui a eficiência da fotossíntese. MORELAND e colaboradores demonstraram tal efeito, quando, pela aplicação de glucose na folhagem das plantas tratadas com o simazin, foi possível a proteção das mesmas contra seu efeito herbicida.

GENTNER e HILTON obtiveram resultados semelhantes com alguns herbicidas derivados da feniluréia.

Outra notável descoberta no campo do controle de ervas daninhas foi originado de uma série de pesquisas que envolviam a reação da bactéria (*Escherichia coli*), da levedura, de plântulas e plantas adultas, ao ácido 2,2-dicloropropiônico (dalapon) e a diversos ácidos alifáticos clorados. Ficou demonstrada a ação desses produtos químicos sobre a síntese do ácido pantotênico, que é uma vitamina B essencial ao desenvolvimento vegetal. O ácido pantotênico resulta da reação enzimática entre a beta alanina e o ácido pantóico. A reação das plantas à aplicação do dalapon foi devida à inibição temporária da síntese do ácido pantotênico. Para comprovação desses resultados, HILTON e colaboradores fizeram aplicações de ácido pantotênico na folhagem de plantas de cevada, obtendo, como resultado, proteção parcial das mesmas contra o efeito do dalapon.

Herbicidas derivados do N-fenilcarbamato em concentrações baixas estimulam a respiração nas extremidades das raízes das plantas tratadas, enquanto que em altas concentrações causam um decréscimo da respiração. Esses produtos são potentes inibidores da síntese de clorofila e causam, também, impressionantes efeitos mutagênicos nos vegetais.

SWANSON e SHAW, trabalhando com herbicidas pertencentes ao grupo dos ácidos fenoxialcoilarboxílicos, observaram que os mesmos provocam notáveis modificações na composição química das plantas.

d) *Metabolismo de Herbicidas*

Os estudos conduzidos durante a última década sobre o comportamento de herbicidas nas plantas mostram que muitos herbicidas são metabolizados, em diferentes graus, pelos vegetais. Alguns deles são metabolizados tão rapidamente e de modo tão amplo que ao certo não se sabe qual a forma tóxica do produto químico que age sobre o desenvolvimento do vegetal. As espécies botânicas diferem tanto na sua capacidade de metabolização de um herbicida específico quanto no caminho pelo qual a estrutura da molécula original é alterada. Para alguns herbicidas, essas diferenças parecem ser o fator determinante da ação seletiva. A seguir, uma análise resumida do que acontece com os principais grupos químicos de herbicidas.

1 — *ACIDOS FENOXIALCOILCARBOXÍLICOS E DERIVADOS*

Os ácidos fenoxialcoilcarboxílicos raramente são aplicados sob a forma de ácidos clorados. A aplicação geralmente é feita na forma de ésteres, sais aminados, ou outros sais. Existem evidências de que a conversão para a forma de “ácido livre” é necessária, para que haja atividade herbicida.

HAGEN, HAY e colaboradores, com enzimas obtidas de tecidos de diversas espécies vegetais, conseguiram hidrolisar ésteres de 2,4-D para a forma de ácido livre.

CRAFTS, em ensaios realizados “in vivo”, mostrou que o éster isopropílico do 2,4-D é hidrolizado nas fôlahs de cevada e que uma parte ácida da molécula original é, posteriormente, translocada para outras partes da planta.

Um novo princípio para o controle seletivo de ervas daninhas nas culturas foi estabelecido com a descoberta de que as espécies vegetais diferem em sua capacidade de beta-oxidação da cadeia lateral dos derivados clorados dos ácidos fenoxialcoilcarboxílicos. Algumas dessas substâncias de cadeia lateral longa não são fitotóxicas, a não ser quando a planta pode degradar a cadeia lateral para a produção do ácido acético correspondente.

Os *L*-amino derivados do 2,4-D são mais ativos em sua ação de controle do crescimento das plantas do que os correspondentes derivados destrógiros. A conversão para ácido livre, provavelmente, ocorre pela hidrólise, causada por enzimas, da ligação peptídica nas plantas ou, possivelmente, nos microrganismos do solo.

Êsses microrganismos são responsáveis pela ativação de pelo menos um produto químico não tóxico. Plantas não são controladas pelo sulfato sódico do 2,4-diclorofenoxietil (sesone), quando aplicado na folhagem; êsse herbicida, todavia, é convertido para 2,4-D no solo e o composto tóxico é posteriormente absorvido pelas raízes.

A quantidade da substância química disponível na forma tóxica para o controle do desenvolvimento vegetal depende, em parte, da capacidade da planta para converter substâncias sem atividade herbicida em substâncias de propriedades herbicidas.

Um outro obstáculo que pode manter o herbicida fora de seu local ou locais de ação é a absorção do ácido livre por partes do vegetal que não são responsáveis pelo crescimento. BRIAN e RIDEAL, em experimentos realizados com o ácido 4-metil-4-clorofenoxiacético (MCPA), mostraram que este composto é adsorvido por materiais obtidos dos tecidos das plantas. Assim, a resistência de determinadas plantas ao MCPA parece estar correlacionada com sua capacidade de absorção do herbicida. O elevado número de experimentos realizados deixam claro que a molécula do 2,4-D é metabolizada pela planta; o metabolismo do 2,4-D se processa da seguinte maneira:

- a) *alterações secundárias na molécula original,*
- b) *degradação parcial com perda da cadeia lateral (ácido acético) e,*
- c) *combinação do 2,4-D ou seus metabolitos com os substratos da planta.*

A quantidade e a identidade dos complexos de 2,4-D formados com os substratos varia entre as espécies, mas a ação seletiva do herbicida não parece estar correlacionada com as diferentes reações do 2,4-D com os constituintes das plantas suscetíveis ou a êle resistentes. O milho e o feijão possuem semelhanças nas suas capacidades de degradação do 2,4-D.

Ambas espécies eliminaram, lentamente, os átomos de carbono da cadeia lateral do 2,4-D, sob a forma de CO_2 . Se a degradação da molécula de 2,4-D implica num mecanismo de desintoxicação, isso parece indicar que tal tipo de mecanismo também pode ser responsável pela ação seletiva do 2,4-D. As plantas têm capacidade limitada de produção de CO_2 a partir do 2,4-D e o CO_2 eliminado por dia provavelmente representa uma porcentagem muito pequena, em relação à quantidade de 2,4-D que é aplicada nos campos.

HOLLEY, WEINTRAUB e colaboradores sugerem que a molécula de 2,4-D pode ser também alterada sem perda da cadeia acética. A hidroxilação da cadeia cíclica foi também sugerida como possível processo na formação de um dos ácidos não tóxicos do 2,4-D extraído de substratos vegetais.

As investigações sobre o destino que o 2,4-D toma nas plantas são coerentes na afirmação de que, relativamente, uma pequena porcentagem do herbicida pode ser recuperada de plantas com atividades metabólicas ativas, na sua forma de molécula inalterada.

Não se sabe, ainda, se o 2,4-D ou uma de suas formas metabolizadas constitui o “princípio tóxico” responsável pelas principais transformações biológicas e bioquímicas nas plantas tratadas com o mesmo. Conseqüentemente, os vários tipos de metabolismo do herbicida nas plantas podem representar tanto mecanismos de ativação quanto de desintoxicação.

2 — S-TRIAZINA E DERIVADOS

MONTGOMERY e FREED, trabalhando com o simazin marcado com C^{14} e o 2-cloro-4-etilamino-6-isopropilamino-s-triazina (atrazin) em plantas de milho (espécie tolerante), mostraram que o processo de degradação é indicado pela eliminação precoce de $C^{14}O_2$ na atmosfera. Somente traços, se algum, dos herbicidas simazin e atrazin permanecem na planta na época da colheita. Preparações celulares obtidas de tecidos da planta do milho libertaram pouco ou nenhum CO_2 quando incubadas com simazin, mas a molécula do herbicida foi alterada. Simazin-hidroxi parece ser o primeiro produto metabólico na degradação do simazin. Preparações celulares da planta do trigo (cultura suscetível ao simazin) não alteraram a estrutura do herbicida.

Estudos com simazin marcado com C^{14} mostraram que tanto as plantas tolerantes quanto as suscetíveis absorvem o produto. A molécula inalterada de simazin, todavia, ou não foi encontrada na folhagem de plantas tolerantes ou sua presença ocorre em quantidade ínfima. A quantidade de simazin não metabolizado, ou os produtos de degradação biologicamente ativos (contendo C^{14}) que são acumulados pela aveia, pepino, algodão e milho está correlacionada com a relativa susceptibilidade dessas quatro espécies ao produto.

DAVIS, FUNDERBURK e SANSING mostraram que há certa degradação do herbicida marcado com C^{14} , em milho, algodão e pepino, porque o $C^{14}O_2$ foi eliminado em tôdas as três culturas. Extratos obtidos, com solventes, dos tecidos de planta de aveia e algodão, após análises, mostraram que determinadas quantidades do simazin absorvido foram metabolizadas. Com plantas inteiras, a maior parte do simazin que foi metabolizado ocorreu devido a transformações que se processaram nas raízes. Raízes das duas espécies citadas degradam o simazin em proporções aproximadamente iguais. As diferenças dos graus de acumulação do herbicida nas folhas das duas espécies estão intimamente correlacionadas com os seus diferentes índices de respiração, de acôrdo com SHEETS.

3 — DERIVADOS CLORADOS DE ACIDOS ALIFATICOS

Embora existam poucas referências bibliográficas concernentes ao metabolismo dos derivados clorados de ácidos alifáticos pelas

plantas, as referências existentes indicam que o dalapon e o TCA (ácido tricloro acético) não são imediatamente metabolizados. BLANCHARD, em seus estudos com o TCA marcado com C^{14} , não encontrou produtos metabolizados em milho e ervilha, antes de 4 dias após o tratamento. Experimentos semelhantes com milho e soja tratados com dalapon marcado com C^{14} não mostraram evidência do metabolismo do herbicida; 4 dias depois do tratamento, 99% do produto radiativo aplicado foi recuperado por meio de extração e identificado como dalapon. Esse herbicida permanece nas plantas por longos períodos, sob forma não metabolizada. Estudos realizados por POY, todavia, mostraram haver alguma decomposição lenta, indicada pela eliminação do Cl^{36} (originado do dalapon Cl^{36}), ou a incorporação de C^{14} (originado do dalapon-2- C^{14}) em outros compostos.

4 — DERIVADOS DA FENILURÉIA

Extratos etanólicos de fôlhas de feijoeiro tratado com o carbonil- C^{14} -3-(p-clorofenil)-1,1-dimetil uréia (monuron) continham dois compostos radiativos principais. Um deles foi identificado como o monuron, com sua fórmula inalterada. Nesses trabalhos de FANG e colaboradores, ficou demonstrado que a quantidade de monuron nos tecidos da planta decresce com o tempo. A quantidade do outro composto aumentou. O produto não identificado mostrou evidências de ser um complexo de monuron, uma vez que esse último foi eliminado do complexo, por hidrólise ácida. A degradação do monuron nas plantas foi sugerida pela rápida redução da radiatividade, após o 4.º dia do tratamento.

5 — CARBAMATOS

O limite de sensibilidade dos métodos analíticos para determinação do isopropil-N-fenil-carbamato (IPC) e para o isopropil-N-(3-clorofenil)-carbamato (CIPC) é de 0,05 p.p.m. GARD e colaboradores, analisando plantas que receberam dosagens elevadas desses produtos, não encontraram resíduos que excedessem a quantidade de 0,05 p.p.m..

Aparentemente, os derivados do N-fenilcarbamato não retêm suas identidades dentro das plantas.

Devido às análises acusarem, sempre, o IPC na sua fórmula inalterada nas plantas tratadas, a pesquisa vem sendo dirigida no sentido da procura de produtos de transformação. Isopropil N-hidroxi, N-fenil carbamato (IPC-N-hidroxi) possuem propriedades herbicidas semelhantes ao IPC.

Em contraposição ao IPC, o IPC-N-hidroxi mostrou-se ativo quando aplicado na folhagem de plantas de aveia. BASKAKOV e ZEMSKAYA sugerem que o IPC sofre uma oxidação biológica dentro da planta, transformando-se em IPC-N-hidroxi, reação essa considerada como de ativação.

Etil-N, N-di-*n*-propiltiol-carbamato (EPTC) é prontamente absorvido pelas plantas no solo. FANG e THEISEN, em experimentos realizados com milho doce, cenoura, brássicas, mostarda e beterraba açucareira, nos quais foram feitos tratamentos com EPTC-S³⁵, notaram que as quantidades maiores desse último composto livre que permaneceram nos tecidos várias semanas após o tratamento, são menores que 3% da quantidade total absorvida. FANG e YU demonstraram que a quantidade de EPTC-S³⁵ decresce com o tempo em plântulas de espécies resistentes, não acontecendo o mesmo nas espécies susceptíveis. A identificação de compostos radiativos obtidos de plantas tratadas mostrou a evidência de que o átomo de enxôfre é oxidado para sulfato. Este, posteriormente, é incorporado aos metabolitos normais que contêm enxôfre, incluindo a metionina, ácido cisteico, metionina-sulfona e mais dois compostos não identificados.

6 — AMITROL

Existem evidências de que o 3-amino-1,2,4,-triazol (amitrol) é metabolizado pelas plantas. O grau de metabolização e reações bioquímicas envolvidas variam de acôrdo com as espécies. Se algum composto de amitrol marcado com C¹⁴ é formado na planta de milho, não é por ela acumulado.

A soja, todavia, acumula um metabolito de amitrol-C¹⁴ a partir da molécula inalterada do amitrol. A degradação do herbicida, em ambas as espécies, é evidenciada pelo decréscimo em radiatividade que ocorre durante um período de três semanas após o tratamento.

7 — CDAA

Plântulas de culturas resistentes ao 2-cloro-N, N-dialilacetamida (CDAA), como soja e milho, absorvem o produto e o metabolizam completamente dentro de 4-5 dias após a emergência. O ácido glioxílico é um dos principais produtos de degradação que foi identificado na planta. WANGERIN, nesses trabalhos, observou que certas espécies de plantas suscetíveis não possuem a capacidade de metabolizar o CDAA.

(Foram omitidos outros grupos químicos de herbicidas por julgarmos, os exemplos citados, como suficientes para esclarecimento do assunto).

CONCLUSÃO

Do que foi exposto, fica-se sabendo que qualquer produto químico aplicado nas plantas está sujeito a uma possível degradação, alteração de estrutura, ou à reação com os constituintes dos vegetais, formando complexos.

Naturalmente, existem diferenças na habilidade das diversas espécies em metabolizar determinado herbicida. Essas diferenças, em alguns casos, constituem as bases de suas ações seletivas sobre as plantas. A ação sele-

tiva do ácido 4-(2,4-diclorofenoxi) butírico é, aparentemente, o resultado das diferenças na habilidade das espécies em converter o produto sem propriedades herbicidas em outro com essas propriedades.

As espécies resistentes e susceptíveis são capazes de degradar herbicidas como o simazin e, provavelmente, outros. A ação seletiva desses produtos é devida à capacidade de absorção, translocação e rapidez com a qual as espécies realizam a desintoxicação por meio de uma degradação completa. A desintoxicação pode não se iniciar, necessariamente, com os processos de degradação, ou mesmo, das reações metabólicas. Os herbicidas podem ser absorvidos pelos constituintes celulares ou sofrer reações, de combinação com os substratos vegetais, catalisadas por enzimas.

Já se sabe que produtos químicos fitotóxicos entram em combinação com proteínas, hidratos de carbono ou aminoácidos, formando complexos. A formação desses complexos pode ser um mecanismo de desintoxicação que desativa completamente o material tóxico. De outro modo, o metabolito do herbicida conserva determinada parte de suas propriedades tóxicas, porém é menos tóxico do que a molécula original.

O movimento do material tóxico dentro da planta tratada depende de um complexo de fatores, tais como morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, químicos e físicos, e da interrelação entre os mesmos. Tem sido sugerido que certos herbicidas só são movimentados pelas plantas após serem metabolizados para formas mais translocáveis. A combinação de herbicidas com substratos das plantas pode resultar na imobilização do material tóxico.

Existem evidências de que muitos herbicidas se movimentam, primeiramente, em combinação com hidratos de carbono, presumivelmente, no floema. Conseqüentemente, a atividade metabólica geral da planta ocupa um lugar de destaque na distribuição de herbicida dentro das plantas tratadas.

A molécula inalterada de muitos herbicidas, pode ser recuperada dos tecidos da planta, embora a maior parte do composto tenha sofrido mudanças na sua estrutura. Daí, ainda não se saber, ao certo, qual a estrutura do material tóxico, através da qual muitos herbicidas exercem suas ações de controle de crescimento. Presumivelmente, alguns herbicidas são aplicados sob determinada forma, translocados em sua forma degradada ou metabolizada, e, no entanto, vão exercer, no local ou locais de ação, a sua inibição com outra estrutura química. Outros são absorvidos, translocados e acumulados nos locais de ação, sem sofrer alterações, isto é, mantendo a identidade da molécula original.

Se herbicidas alcançam os locais de ação nas células da planta, como a molécula original aplicada, ou como um metabolito degradado tóxico, o conhecimento sobre o assunto, até o presente, sugere que os "obstáculos" morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, de translocação, solo, e suas interações com os fatores do meio ambiente determinam a ação seletiva de herbicidas pela influência que os mesmos têm sobre a concentração do material tóxico que irá atuar nos locais de ação. Está também comprovado que os locais de ação nas diferentes espécies vegetais possuem diferentes susceptibilidades ao material tóxico.

BIBLIOGRAFIA

- AHLGREN, G. H. — *Principles of Weed Control*. New York, John Wiley Ed. 1951.
- ANDERSEN, O. — *Studies on the Absorption and Translocation of Amitrol (3-amino-1,2,4-triazole) by Nut Grass (Cyperus rotundus L.)* Separata de Weeds 6(4):370. 1958.
- AUDUS, L. D. — *Plant Growth Substances*. London, Leonard Hill, Ltda. 452 p. 1953.
- BASKAKOV, Y. A. and V. A. ZEMSKAYA — *The Possibility of Transformation of Carbanilic Esters in Plants*. Fotocópia da versão para o inglês (Bibl. of M.) *Fisiol. Rastenii Akad. Nauk. S.S.S.R.* 6:63-68. 1959.

- BLANCHARD, F. A. — Uptake, Distribution and Metabolism of carbon-14-labeled trichloro-acetate in Corn and Pea Plants. *Weeds* 3:274-278. 1954.
- BONNER, J. and GALSTON, A. — *Principles of Plant Physiology*. San Francisco California, W. H. Freeman Co. 499 p. 1952.
- BRIAN, R. C. and RIDEAL, E. K. — On the Action of Plant Growth Regulators. (Fotocópia) *Biochim. et Biophys. Acta*. 9:1-18. 1952.
- BRIAN, R. C. — On the Action of Plant Growth Regulators: Absorption of MCPA to Plant Components. *Plant Physiology*. 33:431-439.
- CHAVES, M. M. — Herbicidas e Ervas Daninhas: Informações sobre 2,4-D; 2,4,5-T; Dalapon; Pentaclorofenol e Derivados da Destilação do Petróleo. Rio de Janeiro, Shell Brasil S. A. (Petróleo). *Boletim Interno* n.º 1, 36 p. (mimeografado). 1961.
- CHAVES, M. M. — Informações Sobre Novos Herbicidas. Rio de Janeiro, Shell Brasil S. A. (Petróleo). *Boletim Interno* n.º 4:4-8 (mimeografado). 1961.
- CRAFTS, A. S. — Translocation in Plants. *Plant Physiology* 13:791-814.
- CRAFTS, A. S. — Translocation of Herbicides — *Hilgardia* 26:287-334. 1956.
- CRAFTS, A. S. — Evidence for Hydrolysis of Ester of 2,4-D During Absorption by Plants. *Weeds* 8:19-25. 1960.
- GRAFFTS, A. S. — *The Chemistry and Mode of Action of Herbicides*. New York, Interscience Publishers. 1960.
- DAVIS, D. E. et alii — The Absorption and Translocation of C¹⁴ — labeled simazine by Corn, Cotton, and Cucumber. *Weeds* 7:300-309. 1959.
- DAY, B. E. et alii — Volatility of Herbicides under Field Conditions. *Hilgardia* 28(11):255-267. 1959.
- FANG, S. C. et alii — Absorption, Translocation, and Metabolism of Radioactive 3-(p-chlorophenyl)-1,1 dimethylurea (CMU) by Bean Plants. *Jour. Agric. Food Chem.* 3:400-402. 1955.
- FERRI, M. G. — Hormônios e Substâncias Sintéticas Promotoras ou Reguladoras do Crescimento das Plantas. *Separata de Ciência e Cultura* 1(3). 1949.
- FREAR, D. E. H. — *Chemistry of the Pesticides*. New York, D. Van Nostrand Company Inc. Third Ed. pag. 369-393-469 p. 1955.
- GENTNER, W. A. and HILTON, J. L. — Effect of Sucrose on the Toxicity of Several Phenylurea Herbicides to Barley. *Weeds* 8. 1960.
- HAGEN, C. E. et alii — 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid Inhibition of Castor Bean Lipase. *Science* 110:116-117. 1949.
- HAY, J. R. — The Fate of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid in Bean Seedlings — Recovery of 2,4-D and its Breakdown in the Plant. *Plant Physiology*, 30 (Supplement) V-VI (fotocópia) 1955.
- HILTON, L. L. et alii — The pantothenate-synthesizing enzyme, a metabolic site in the herbicidal action of chlorinated aliphatic acids. *Weeds* 7:381-396, 1959.
- HOLLEY, R. W. et alii — Studies on the Fate of Radioactive 2,4-D in Bean Plants. *Arch. Biochem.* 27:143-152, 1950.
- JAWORSKI, E. G. et alii — Studies in Plants Metabolism. *Plant Physiology* 30. 1955.
- LEONARD, O. A. and CRAFTS, A. S. — Translocation of Herbicides: III Uptake and Distribution of Radioactive 2,4-D by Brush Species. *Hilgardia*, 26:336-415. 1956.
- LING, L. — Hormonas Herbicidas. *Estudios Agropecuários de la FAO*, n.º 13, Roma, Italia. 1951.
- MARTH, P. C. — Recent Developments in the use of Growth Regulating Chemicals in Agriculture. *Official Publication of the Assoc. of Amer. Fert. Cont. Off.* N. 11. 1958.
- MITCHELL, J. W. y MARTIN, P. C. — *Fito-hormonas y Otros Reguladores de Crecimiento*. Madrid, Aguillar S. A. de Ediciones. 151 p. 1950.
- MEDICAL DEPARTMENT OF CHESTER FORD PARK RESEARCH STATION — The ABC of Weed Control. *World Crops* 9(11):457-459. 1957.

- MONTGOMERY, M. and FREED, V. H. — The Absorption, Translocation, and Metabolism of Triazine Herbicides by Corn. *Weed Soc. Amer. Proc.* 1960.
- MONTGOMERY, M. — The Uptake and Metabolism of Simazine and Atrazine by Corn Plants. *Western Weed Control Conf.* pag. 93-94. 1959.
- MORELAND, D. E. et alii — Studies on the Mechanism of Herbicidal Action of 2-chloro-4,6-bis(ethylamino)-s-triazine. *Plant Physiology* 34:432-435. 1959.
- OVERBEEK, J. VAN — Absorption and Translocation of Plant Regulators, *Ann. Rev. Plant Physiology.* 7:355-372. 1956.
- PYBUS, M. B. et alii — New Plant Growth Substances With Selective Herbicidal Activity. *Nature*, 182:1.094-1.095. 1958.
- RACUSEN, D. — The Metabolism and Translocation of 3-amino-triazole in Plants. *Arch. Biochem. Biophys.* 74:106. 1958.
- ROBBINS, W. W., A. S. CRAFTS and R. N. RAYNOR — *Weed Control*. New York, Mc Graw Hill Book Co. Inc. 503 p. 1952.
- SHAW, W. C. and SWANSON, C. R. — The Relation of Structural Configuration to the Herbicidal Properties and Phytotoxicity of Several Carbamates and Other Chemicals. *Weeds* vol. 2. 1953.
- SHAW, W. C., J. L. HILTON, D. E. MORELAND, and L. L. JANSEN — Herbicides in Plants Symposium of the Nature and the Fate of Chemicals Applied to Soils, Plants, and Animals. U.S.D.A. 1960.
- SHAW, W. C. and GENTNER, W. A. — The Selective Herbicidal Properties of Several Variously Substituted Phenoxyalkylcarboxylic acids. *Weeds* 5:75-92. 1957.
- SHIMOYA, C. — *Organografía, Morfología e Histología Vegetal*. UREMG, Viçosa, Minas Gerais. (mimeografado) 136 p. 1960.
- SHEETS, T. J. — The Uptake and Distribution of 2-chloro-4,6-bis(ethylamino)-s-triazine in Oat and Cotton Seedlings. *Weed Soc. Amer. Proc.* pag. 44-45. 1960.
- SYNERHOLM, M. E., and ZIMMERMAN, P. W. — Preparation of a Series of Omega (2-4-dichlorophenoxy) aliphatic Acids and Some Related Compounds with a Consideration of their Biochemical Role as Plant Growth Regulators. *Contr. Boyce Thompson Inst.* 14:369-382. 1947.
- VILLELA, G. G. e A. CURY — *Fatores de Crescimento e Microrganismos*. Rio de Janeiro Ed. Agir. 167 p. 1956.
- WAIN, R. L., and WIGHTMAN, F. — Studies on Plant Growth Regulating Substances, Growth Promoting Activity in Chlorophenoxyacetic Acids. *Ann. Appl. Bio.* 40:244-249. 1953.
- WAIN, R. L. — A New Principle of Weed Control. *Agricultural Review* 1(1). 1955.
- WAIN, R. L. — A New Approach to Selective weed Control. *Ann. Appl. Biol.* 42:151-157. 1955.
- WAIN, R. L. — Accion Sistémica de las Substancias Químicas sobre las Plantas. *SPAN* 4(4):165. 1961.
- WAIN, R. L. and WIGHTMAN, F. — The Growth Regulating Activity of Certain Omega — Substituted Alkylcarboxylic Acids in Relation to their Beta-Oxidation within the Plant. (fotocópia). *Roy. Soc. London Proc.*, Ser. B-142:525-536. 1954.
- WEINTRAUB, R. L. et alii — Metabolism of 2,4-D. *Plant Physiology* 29:303-305. 1954.
- WIRWILLE, J. W. and J. W. MITCHELL — Six New Plant Growth Inhibiting Compounds. *Bot. Gaz.* 111:491-494. 1950.
- YUFERA, E. P. — *Herbicidas y Fitorreguladores*. Madrid. Ed. Aguilar 241 p. 1958.
- ZIMMERMAN, P. W., and HITCHCOCK, A. E. — Substituted Phenoxy and Benzoic Acid Growth Substances and the Relation of Structure to Physiological Activity (fotocópia) *Cont. Boyce Thompson Inst.* 12: 321-343. 1942.