

CARACTERISTICAS Y FORMAS DE ACCIÓN DE LOS HERBICIDAS

*

INTRODUCCION

Los herbicidas son compuestos químicos en su gran mayoría orgánicos que controlan, inhiben o previenen la proliferación de plantas.

En investigación, los herbicidas se sintetizan en mayores cantidades que cualquier otro pesticida y su utilización comercial incrementa constantemente. La magnitud y naturaleza pandémica de las infestaciones de malezas y las limitaciones para encontrar métodos alternos han hecho que los herbicidas ocupen lugar preponderante dentro de los plaguicidas en uso.

Los herbicidas se emplean en conjunto con prácticas culturales y otros medios biológicos de control porque proporcionan las siguientes ventajas:

- Los herbicidas controlan malezas en el surco.
- Tratamientos preemergentes contrarrestan la competencia desde el momento de aplicación.
- Los herbicidas selectivos no causan daños ni fitotoxicidad al cultivo.
- Los herbicidas disminuyen la necesidad de laboreo del suelo, evitando daños en la estructura del suelo.
- En cultivos perennes de ladera, los herbicidas previenen la erosión del suelo al controlar selectivamente especies competitivas y respetar la cobertura.
- Los herbicidas controlan especies leñosas que son difíciles de controlar mecánicamente.

Características de los herbicidas

Los herbicidas tienen múltiples características que se resumirán bajo los títulos de selectividad, aspectos fisiológicos y formas de acción de los herbicidas.

1. SELECTIVIDAD

Un herbicida selectivo es aquel que en ciertas dosis y formas de aplicación elimina o inhibe especies individuales en una población heterogénea de plantas sin causar daño o apenas afectar a otras. Los herbicidas no selectivos son aquellos que son tóxicos a toda clase de vegetación cuando se aplican en dosis adecuadas.

Ningún herbicida pertenece rígidamente a uno de los dos grupos. Herbicidas no selectivos, bajo ciertas circunstancias actúan en forma selectiva. Si la dosis es elevada aún los herbicidas selectivos pueden matar todas las plantas. Por tanto, la selectividad es una propiedad que depende tanto del tipo de tratamiento como del herbicida y se regula por factores tales como método de aplicación, formulación química, dosis, y la etapa de crecimiento del cultivo y las malezas.

Los mecanismos de selectividad varían entre herbicidas. Los primeros herbicidas basaban su selectividad en las diferencias morfológicas del cultivo y en las propiedades de mojabilidad de los productos. Por ejemplo, el Acido Sulfúrico era selectivo en cebolla porque sus gotas no se adherían a la superficie cerosa de sus hojas verticales.

Otros herbicidas tales como diuron y simazina son selectivos porque generalmente permanecen en los primeros centímetros de suelo causando toxicidad a las malezas que germinan en esta capa sin pene

trar a la zona de raíces de los cultivos en los cuales se usan.

El mecanismo de selectividad más específico es el de verdadera tolerancia fisiológica de una especie a un herbicida particular. La tolerancia fisiológica implica la detoxificación del herbicida dentro de la planta ó la no translocación del producto a los sitios de acción tóxica. Para muchos herbicidas más de un mecanismo es importante. Ejemplos de herbicidas selectivos son propanil, 2,4D, dalapon.

2. HERBICIDAS SISTEMICOS Y DE CONTACTO

Todos los herbicidas (selectivos o no selectivos) actúan por contacto o por acción sistémica. Un herbicida de contacto causa muerte a las células con las que hace contacto. Un herbicida sistémico se mueve dentro del simplasto o el floema y se transporta con el torrente de asimilados desde el follaje a las regiones de crecimiento activo, reproducción o almacenamiento.

Los herbicidas de contacto son muy efectivos en malezas anuales y los sistémicos tanto en anuales como perennes.

Una gran mayoría de herbicidas, especialmente aquellos que se aplican al suelo no son ni de contacto ni verdaderos sistémicos. Son herbicidas que se absorben por la raíz y se translocan hacia las partes aéreas de la planta a través del xilema con el torrente de transpiración, junto con los nutrientes del suelo, úreas substituidas, triazinas, amidas substituidas, etc.

Los herbicidas de contacto destruyen los tejidos en forma aguda casi instantáneamente, mientras que los herbicidas sistémicos tienen efecto crónico pero letal mostrando resultados entre una semana a un mes después de la aplicación.

Algunos herbicidas son activos aplicados al follaje (propanil), otros se absorben por las raíces y el follaje (S-Triazinas) y otros se absorben únicamente por la raíz (dinitro anilinas), se aplican so lo al suelo y tienen poca actividad foliar.

Ejemplos de herbicidas selectivos y no selectivos:

Selectivos de contacto: propanil, carbofluorfen, DSMA.

Selectivos sistémicos : 2,4D, MCPA, picloran, dalapon.

No selectivos sistémicos: glifosate.

No selectivos de contacto: paraquat, diquat.

3. ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LOS HERBICIDAS

Para que el control sea un éxito, el herbicida debe penetrar dentro de la planta, moverse por difusión y otros medios, escapar los mecanismos de detoxificación y finalmente atacar a nivel molecu lar en el sitio de acción para alterar un proceso vital del vegetal.

3.1 PENETRACION EN LA PLANTA

Los herbicidas se absorben a través de la raíz, el tallo, la superficie de las hojas o estomas, hidatodos, lenticelas, fisuras na turales, imperfecciones de la cutícula, etc. Las principales barre ras de penetración son las características morfológicas, y las propiedades eléctricas de las superficies de las plantas. El estado de desarrollo de la planta afecta la habilidad del herbicida para - penetrar por los diferentes órganos. Esta absorción diferencial re sulta en selectividad.

3.1.1 Follaje

La entrada de herbicidas al follaje se puede clasificar como estomatal o cuticular, sin ser mutuamente exclusivas. Vapores y líquidos pueden entrar a través de los estomas. Aceites y soluciones acuosas de baja tensión superficial penetran fácilmente por los estomas. Malezas con estomas grandes y en gran número sobre las dos superficies son más susceptibles que aquellas con pocos estomas.

Tanto las superficies del haz como del envés absorben herbicidas, aunque por la epidermis del envés se penetra más fácil y rápidamente.

La absorción cuticular se realiza mediante difusión. Existe una amplia variación entre especies en relación con la composición, estructura, función y apariencia física de las capas epidermales. Plantas con cutícula gruesa y cerosa absorben menos herbicidas que con cutículas sin cera. Plantas que crecen en sombra tienen cutículas delgadas en comparación con las que crecen en campo abierto; hojas jóvenes poseen menos capa cuticular que hojas viejas.

La cutícula contiene compuestos químicos no-polares, ligeramente electro-negativos. Por tanto herbicidas no-polares tienden a penetrar más fácilmente que herbicidas polares o hidrofílicos.

Un gran número de herbicidas son de naturaleza polar y tienden a ser solubles en solventes polares e insolubles en solventes no-polares. Cualquier sustancia (surfactantes, pegantes) que ayudan a poner en íntimo contacto un herbicida polar con la superficie no polar de la hoja, promueven la absorción y entrada del herbicida. Aquí se entiende entonces, la aplicación de los surfactantes en aspersiones postemergentes.

3.1.2 Raíz

La raíz está anatómicamente adaptada para la absorción de agua, sales y nutrientes del suelo. La raíz tiene características hidrofílicas y por tanto sustancias polares son más rápidamente absorbidas por la raíz. De ahí que la humedad del suelo siendo polar juega un papel muy importante en la absorción de herbicidas por la raíz.

Los herbicidas entran en la raíz de la misma manera que los iones inorgánicos mediante mecanismos de absorción pasiva y absorción activa. La absorción pasiva se realiza primariamente junto con el agua, y continúan moviéndose a través del apoplasto incluyendo el xilema. La absorción activa es mucho menor, requiere energía y se efectúa a través del simplasto.

La forma química del herbicida sal, éster o ácido puede modificar la facilidad o dificultad de penetración en la planta y por tanto varía entre especies, resultando en fuentes de selectividad.

3.2 TRANSLOCACION AL SITIO DE ACCION

Una vez el herbicida ha entrado en la planta, se debe mover a los sitios de acción para distorcionar procesos bioquímicos.

Los herbicidas que afectan las hojas y que no son translocados se distribuyen localmente por simple difusión. Es el caso de herbicidas de contacto.

Herbicidas que se translocan se mueven ya sea por el floema (simplasto), por el xilema (apoplasto). Compuestos que se translocan por el simplasto se mueven con los asimilados de fotosíntesis a través del floema hacia sitios de activo crecimiento o almacenamiento como raíces, yemas, hojas en expansión, etc. Herbicidas de esta clase son 2,4D, picloram dalapon.

Los herbicidas translocados por el xilema se mueven esencialmente con el torrente de transpiración. Aplicaciones foliares de diuron, o simazina tienden a causar daños localizados en la hoja pero con poca fitotoxicidad sistémica. Cuando se aplican al suelo y se absorben por las raíces estos productos se distribuyen vía xilema en todas las hojas activas causando su muerte.

Algunos herbicidas como picloran se translocan vía xilema cuando se toman por la raíz pero se mueven vía floema si se aplica a las hojas. Sucede también que un herbicida moviéndose a través del simplasto puede "escurrirse" al apoplasto.

Muchos factores pueden modificar un herbicida durante la translocación hacia el sitio de acción y estas modificaciones pueden ser los factores fisiológicos de selectividad.

Durante la translocación las siguientes transformaciones pueden ocurrir:

- Moléculas del herbicida pueden ser absorbidas en sitios sin respuesta fitotóxica, o pueden disminuir la velocidad de translocación.
- Constituyentes de la planta pueden conjugar un herbicida inmovilizándolo por completo.
- Detoxificación metabólicam mediante enzimas presentes durante el transporte. El herbicida es inactivo cuando llega a los sitios de acción. Atrazina en maíz.

La translocación varía con las especies, condiciones climáticas y edad de la planta. Los herbicidas se mueven más rápido en plantas jóvenes. La translocación simplástica es mayor bajo condiciones de alta humedad y la apoplástica es menor bajo las mismas condiciones pues la transpiración se incrementa a baja humedad relativa, alta temperatura y buen movimiento de aire.

Dosis muy altas de herbicidas sistémicos pueden necrosar los va sos de conducción y por tanto anular la translocación a los sitios de acción. Es el caso de los herbicidas fenoxidos como el 2.4D.

3.3 EFECTO SOBRE FUNCIONES VITALES

Los mecanismos mediante los cuales los herbicidas matan o inhi ben las funciones vitales son numerosos y de gran complejidad. Las funciones fisiológicas de las plantas están tán íntimamente ligadas que no puede especificarse un solo sitio de acción.

Entre las respuestas fisiológicas a los herbicidas que han lle gado a los sitios de acción se pueden listar: cambios en respira - ción, toma de nutrientes, utilización de carbohidratos, producción anormal de células, actividad anormal de fosfatasas, bloqueo de la fotosíntesis, producción de metabolitos anormales y o ras. La muer te resulta de la acción combinada de una o varias de estas respues - tas.

Puesto que es imposible extenderse en el mecanismo de acción de cada uno de los herbicidas, a continuación se presenta un resumen de las características principales de cada grupo, haciendo énfasis en los de mayor utilización.

- Herbicidas inorgánicos

Sulfato de cobre, Arseniato de sodio, Sulfato de amonio, Clo - rato de sodio.

- Herbicidas orgánicos

1. Aceites de petróleo: Herbicidas de contacto compuestos al kanos insaturados y aromáticos. Efecto letal previniendo el intercambio gaseoso y rompimiento de las membranas celu lares.

2. Arsenicales orgánicos: MSMA, DSMA. Selectivos de contacto. Desecan las plantas.
3. Fenoxialifáticos: Selectivos de gran poder de translocación. 2,4D, 2,4,5-T, MCPA, 2,4-DB. Mecanismo aún no plenamente entendido. Proliferación células, depresión respiratoria, formación de materiales tóxicos. Modifican balance auxínico y el metabolismo de ácidos nucleicos.
4. Amidas sustituidas: Grupo bastante grande. Entre los principales se encuentran: CDAA, alaclor, propanil. Diferentes modos de acción: Inhibición de germinación y crecimiento de plántulas (CDAA, alaclor), inhibición de la reacción de Hill (Propanil).
5. Nitroanilinas: Herbicidas de acción preemergente. El más importante es la trifluralina, herbicida volátil y degradable por luz ultra violeta. Debe ser incorporado.
6. Ureas substituidas: Ampliamente empleadas como herbicidas preemergentes y esterilizantes del suelo. Diuron, Norea, Linuron y Fluometuron. Entre los herbicidas más utilizados en Colombia. Inhiben fotosíntesis en la reacción de Hill.
7. Carbamatos: Este grupo se divide en aryl carbamatos (IPC, CIPC, barban), y en thiocarbamatos (EPTC, vernolate, butilate, triallate). Herbicidas de alta volatilidad, deben incorporarse; graminicidas en su gran mayoría. Afectan la división celular al inhibir la síntesis de proteínas y acortar el tamaño de cromosomas mitóticos.
8. S-Triazinas: Grupo compuesto por numerosos herbicidas. Substituciones del anillo básico resulta en gran variedad de herbicidas selectivos y de amplia utilización. Simazi-

- na, atrazina propazina, ametrina y prometrina son ejemplos de herbicidas en el mercado. Poderosos inhibidores de la fotosíntesis.
9. Acidos alifáticos: TCA, dalapon, son los más empleados. Efectivos contra gramíneas, sistémicos de difícil metabolización en la planta. Precipitan proteínas, alteran membranas celulares.
 10. Sales de Bipyridilio: diquat y paraquat. Herbicidas de contacto que necrosan los tejidos de las plantas. Afectan la fotosíntesis y degradan membranas celulares.
 11. Herbicidas misceláneos:
 - Pyridinas = picloran
 - Uraciles = bromacil
 - Nitrofenoles = DNBP
 - Difenil - eters = acifluorfen, oxyfluorfen

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. National Academy of Sciences. 1968. Principles of Plant and Animal Pest Control. Natl. Acad. of Sc. Printing and Publishing Office. Washington.
2. King, J. J. 1966. Weeds of the World, Biology and Control. Inter-science Publishers.
3. Rojas, E. A. 1975. Eliminar los Herbicidas ? Nueva Agricultura Tropical. Vol. 28 (7): 30-35.
4. Ag. Consultant. 1980. 1980 Weed Control Manual. Vol. 19. Meister Publishing Company. Willoughby, USA.

5. Kearney, P. C. and D. D. Kaufman. 1975. Herbicides, Degradation and Mode of Action. Vols. 1 and 2. Marcel Dekker Inc. New York, USA.
6. Kearney, P. C. and D. D. Kaufman. 1969. Degradation of Herbicides. Marcel Dekker Inc. New York, USA.