



**INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO
DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**

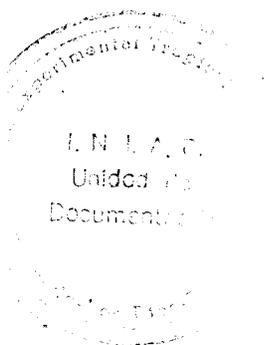
DEPARTAMENTO NACIONAL DE PROTECCION VEGETAL

ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE

NUCLEO DE APOYO TECNICO Y CAPACITACION

SEMINARIO - TALLER

USO Y MANEJO DE PESTICIDAS AGRICOLAS



Pichilingue, noviembre 6 - 7 de 1996.

QUEVEDO - ECUADOR

Contenido

- | | |
|--|------------------------|
| 1. Herbicidas: Clasificación.- Modo y mecanismo de acción.- Degradación.-Residualidad.- Resistencia. | Ing. Iván Garzón C. |
| 2. Insecticidas: Generalidades y clasificación. | Ing. Jorge Mendoza M. |
| 3. Funguicidas y antibióticos. | Ing. Gustavo Macías C. |
| 4. Guía para calibración de aspersores. | Ing. Raúl Quijije P. |

HERBICIDAS

**Clasificación.- Modo y mecanismo de acción.-
Degradación.- Residualidad.- Resistencia.**

Arturo I. Garzón C.¹

I. ANTECEDENTES

El uso de químicos para el control de malezas se fundamenta sobre la base que ciertos productos son capaces de destruir plantas y más aún, muchos de ellos pueden matar ciertas clases de plantas sin causar daños a otras (Anderson, 1983).

Los herbicidas toman impulso a fines del siglo pasado. Sin embargo, su desarrollo ocurre ampliamente a partir de 1944, luego del descubrimiento del 2,4-D, substancia capaz de regular el crecimiento de las plantas. Desde entonces la industria química ha avanzado aceleradamente en la fabricación de nuevos y más eficaces productos hasta la actualidad en que se cuenta con más de 200 clases de productos disponibles para uso como herbicidas.

II. DEFINICION

El término herbicida es ampliamente conocido especialmente por quienes están ligados al quehacer agrícola. Esta palabra proviene de la raíz latina "herba" que significa hierba y el sufijo "cida" proveniente del vocablo "caedere" que significa matar.

En general, los herbicidas son definidos como cualquier agente químico capaz de matar o inhibir el crecimiento de la planta (Anderson, 1983; FUSAGRI, 1985, NAS, 1986).

¹ Ing. Agr. Msc. Fisiólogo, Departamento Nacional de Protección Vegetal. E.E.T. Pichilingue, INIAP.

III. CLASIFICACION

Actualmente, a nivel mundial, la cantidad de sustancias o productos químicos herbicidas sobrepasan el centenar; esa cantidad de formulaciones se cuentan en el orden de los millares. Esa diversidad hace necesario una sistematización que permita clasificar a los herbicidas, para referirnos a ellos en términos generales o para abordar su estudio.

La clasificación de herbicidas puede hacerse en base a los siguientes criterios:

- Composición química
- Modo de acción en las plantas
- Tipo de formulación
- Época de aplicación
- Penetración y movilidad en las plantas
- Selectividad

A. Clasificación según su composición química

Por su composición química los herbicidas pueden, según tengan o no carbono en su estructura, agruparse en:

- Inorgánicos
- Orgánicos

Inorgánicos.- En estos no aparece el carbono en su composición química, son de origen mineral, no volátiles, soluble en agua de acción prolongada y conductores de corriente eléctrica. Estos han sido desplazados por los herbicidas orgánicos y donde existen son de uso restringido. Ejemplos de estos herbicidas son el ácido arsénico, ácido sulfúrico, sulfato de cobre, arsenato de sodio, sulfato de amonio, sales de boro, etc.

Orgánicos.- Son obtenidos por síntesis y contienen carbono en su molécula. Dentro de esta categoría nos limitaremos a señalar los más importantes.

1.- Familia de los Alifáticos

Son los que corresponden a fórmulas de cadenas carbonadas abiertas. Estos pueden ser saturados y no saturados. Dentro del subgrupo de los saturados tenemos al TCA (Sal sódica del ácido tricloroacético) y al Dalapon (Sal sódica del ácido

diclopropionico) como sus representantes; mientras que entre los no saturados tenemos a la acroleina (propenal).

2.- Familia de los Fenoles

El compuesto fenol es el núcleo común de la estructura química de sus miembros. El fenol consiste de un anillo fenil y un grupo hidroxido (OH) substituido por un hidrógeno en el anillo. El uso más importante es para el control de malezas de hoja ancha en aplicación postemergente. Los principales herbicidas son el pentaclorofenol (PCP) y el dinoseb (Dinoseb).

3.- Familia de los Aromaticos-carboxilicos

Estos compuestos químicamente de una estructura de anillo aromático (benzeno), uno o más grupos carboxílicos (- COOH) enlazados directa o indirectamente al anillo y varios substituyentes como Cl - CH₃; reemplazando a los átomos de hidrógeno en el anillo, en un lado de la cadena alifática o en ambos.

Esta familia de herbicidas se encuentra agrupada en subfamilias de acuerdo a las siguientes características:

- Grupo o grupos carboxilos que se encuentren adjuntos al anillo fenilico.
- Si hay uno o dos grupos fenoxis, y;
- El número de grupos carboxilo presentes

Las subfamilias componentes de esta familia son:

- Fenoxi carboxilicos
- Difenoxi carboxilicos
- Acidos fenilacéticos
- Acidos ftálicos
- Acidos benzoicos

En forma general estos herbicidas son fácilmente translocados y su acción es hormonal. Son efectivos para el control de malezas de hoja ancha anuales, perennes y arbustos leñosos. Son absorbidos por las raíces y hojas y son translocados en la planta vía transpiración y fotosíntesis.

Su presentación puede ser en ACIDO, que es raramente usada, SALES en las formas comunes de amina, sodio y amonio. De éstos el más popular es la amina que son fácilmente solubles en agua. Los Esteres que son solubles en aceite por lo que su formulación es en emulsión.

Los principales productos representantes de cada subfamilia son los siguientes:

Fenoxi-carboxílicos

2,4-D; 2,4-DB, MCPA, mecoprop, MCPB.

Difenoxi-carboxílicos

Diclofop, metriflufen

Acidos fenilacéticos

Fenac (2,3,6 - Trichlorofenilacetic) acid

Acido Benzoicos

Clorambem - Dicamba

Acido Ftálicos

DCPA y naptalan

4.- Familia de los Benzonitrilos

Estos herbicidas tienen un anillo fenílico con un grupo nitrilo (N) enlazados a este como un núcleo común de su estructura química.

Son herbicidas relativamente nuevos en el mercado y están representados por el diclobenil y el bromoxinil.

5.- Familia de las Dinitroanilinas

Son derivados de las anilinas con radicales con dos grupos NO₂.

Casi todos los productos son de color amarillo y solubles en agua, generalmente volátiles y susceptibles a la fotodegradación.

Son aplicados en preemergencia, afectando a las malezas preferiblemente sino han germinado. Pueden ser incorporados para mejorar su efectividad. No tienen actividad postemergente, por lo que controlan plantas anuales o perennes establecidas.

Son absorbidos por las raíces y brotes en plántulas pero no son translocados.

Los principales herbicidas son:

Trifluralina
Orizalina
Pendimetalin

6.- Familia de las Diamino-s-triazinas

La estructura química de los herbicidas diamino-s-triazinas substituidas está centrada alrededor de un anillo común de 6 miembros compuestos de 3 átomos de nitrógeno y 3 átomos de carbono, arreglados simétricamente al rededor del anillo, con grupos amino (NH₂) ligado a los átomos de carbono en las posiciones 4 y 6 del anillo.

Los miembros de la familia de las diamino-s-triazinas pueden ser colocados en 1 de las 3 subfamilias, basados en si la substitución en la posición 2 del anillo es un átomo de cloro (Cl), un grupo metoxi (-O-CH₃), o un grupo metílico (-s-CH₃).

La metribuzina es un herbicida triazina asimétrica que tiene propiedades herbicidas similares.

Esta constituye una de las familias mas importantes para el control de malezas. Se aplican al suelo donde son absorbidos por las raíces. Destruyen los pigmentos verdes de las plantas impidiendo la fotosíntesis.

Son retenidos por los coloides del suelo (adsorción), por lo cual resisten la lixiviación.

Los principales herbicidas son:

Clorotriazinas

atrazina, cyanazina, propazina, simazina

Metoxitriazinas

atraton, prometon, simeton

Metiltiotriazinas

ametrina, prometrina, simetrina, terbutina

7.- Familia de las Ureas

La estructura química de esta familia tiene como núcleo común a la estructura de la urea.

Los miembros de la familia de los herbicidas ureas, varían de uno a otro en las substituciones en uno o ambos grupos amino de la molécula de la urea.

Las ureas son productos que usualmente son aplicados al suelo y relativamente no selectivos en concentraciones altas. A dosis bajas son selectivos.

El principal uso selectivo es en preemergencia y postemergencia temprana. Algunas poseen actividad foliar. Son relativamente persistentes en el suelo aunque algunas son afectadas por la actividad microbial en el suelo.

Los principales productos son:

Linuron, diuron, metobromuron, clorobromuron, monuron, fluometuron, etc.

8.- Familia de los carbamatos

Estos están clasificados en dos subfamilias: Los fenilcarbamatos y los tiocarbamatos. Los fenil-carbamatos son ésteres derivados del ácido carbámico, mientras que los tiocarbamatos son compuestos que contienen azufre (S) en lugar del oxígeno hidroxilo del ácido carbámico.

La mayoría de éstos herbicidas son relativamente volátiles y algunos necesitan por eso ser incorporados al suelo inmediatamente después de su aplicación (PSI).

En general son absorbidos rápidamente por las raíces, coleoptilo y por las hojas.

La facilidad con que se degradan en plantas y suelo, es una ventaja respecto a que no deja residuos, pero es una desventaja porque no tienen un periodo largo de control de las malezas.

Los principales herbicidas son:

Fenilcarbamatos

Profan, barban, clorprofan (CIPC), desmedifan, asulam.

Tiocarbamatos

Bentilato, EPTC, molinate, vermolate, thiobencarb

9.- Familia de las Amidas

Esta familia esta compuesta de aquellos herbicidas derivados de las amidas. Como con otras familias de herbicidas, estos no presentan una nomenclatura química uniforme, siendo identificados como amidas, acetamidas o anilidas.

Estos herbicidas pueden ser aplicados en presiembra, preemergencia y algunos como postemergentes. En general no son efectivos para controlar plantas perennes y anuales establecidas. No son tóxicos para mamíferos.

El principal uso es para el control selectivo de gramiíneas, pudiendo también controlar ciertas malezas de hoja ancha.

Los principales herbicidas dentro de este grupo son:

alaclor, butaclor, difenamida, metoalaclor, propaclor, propanil.

10.- Familia de los Difenil-eter

Los miembros de esta familia tienen como núcleo común dos anillos fenílicos unidos por un enlace eter (-O-) y con un grupo nitro (NO₂) en la posición 4 de uno de los anillos.

El principal uso de los herbicidas difenil-eter son para el control preemergente o postemergente temprano, tanto de malezas de hoja ancha como angosta.

Se consideran como herbicidas de contacto, aunque pueden translocarse a pequeñas distancias dentro de la planta. Pueden ser absorbidos por hojas y raíces. Su efecto parece ser debido a la pérdida de integridad de la membrana celular.

Los principales herbicidas son:

acifluorfen, bifenox, nitrofen, oxifluorfen, lactofen, fomesafen.

11.-Familia de los Uracilos

Su estructura química está centrada alrededor de un anillo común de 6 miembros, compuesto de 4 átomos de carbono (C) y dos átomos de nitrógeno, separados por un átomo de carbono. Un átomo de oxígeno está enlazado por un doble enlace al carbón, separando el átomo de nitrógeno y un segundo átomo de oxígeno con doble enlace en el átomo de carbono localizado en la posición 4.

Su principal uso es para el control selectivo de muchas especies anuales y perennes en ciertos cultivos y en general para el control de malezas en áreas sin cultivo.

Los principales miembros son:

bromocil, isocil, terbacil

12.- Familia de los Metanoarsonatos

Sus productos son sales derivadas del ácido metilarsónico, variando uno a otro en su estructura molecular únicamente como sus respectivos cationes.

Su principal uso es para el control selectivo postemergente de ciertas gramíneas y hoja ancha en ciertos cultivos. El ácido cacodílico es utilizado únicamente como herbicida no selectivo postemergente para el control general de malezas.

Sus principales miembros son:

Acido cacodilico, DSMA, MSMA.

13.- Familia de los Bipiridilos

Su estructura básica está formada por más de un anillo benzenico. Son aplicados al follaje con efecto de contacto, no son selectivos, se inactivan rápidamente en el suelo.

El más importante representante es el paraquat (Gramoxone, herbicuat) y el diquat (Reglone).

Ambos pueden ser aplicados como desecantes en precosecha en ciertos cultivos.

14.- Familia de los alifáticos nitrogenados

Comprenden varios compuestos alifáticos, complejos, con moléculas fosforadas (P) y el nitrógeno en un grupo amina (HN₂, NH), en el amoníaco (NH₃) o en el radical amonio (NH₄).

En forma general son herbicidas pos-temergentes no selectivos y con un amplio espectro de acción sobre malezas anuales y perennes de hoja ancha y gramíneas.

Los principales herbicidas son:

glifosato, glufosinato de amonio, sulfosato.

15.- Familia de las ciclohexanonas.

Constituye una familia importante de herbicidas que tienen como base estructural un anillo ciclónico hexagonal o de seis carbonos, unidos por enlaces simples o dobles, según sea el caso.

Son productos con acción graminicida, postemergente sistémico contra malezas anuales y perennes y con selectividad en múltiples cultivos de hoja ancha.

Sus principales herbicidas son:

cletodum, cicloxydim, setoxydim, alloxydim

16.- Familia de las diazinas

Presentan como estructura base un anillo con dos nitrógenos. La posición de los nitrógenos y presencia del elemento azufre (S) determina tres grupos de diazinas: piridazinas, pirimidinas y tiadiazinas.

Los principales herbicidas son:

norflurazon, pyrazon, bromocil, lenacil, terbacil, bentazon, dazomet.

17.- Familia de las quinolinas

Presenta como estructura base la condensación del benceno y piridina o sustitución de un CH del naftaleno por un N. Su principal representante es el quinclorac producto que incluye en su molécula dos cloros y un grupo carboxílico. Es de acción sistémica postemergente, pero puede también ser utilizado en preemergencia para el control selectivo de *Echinochloa* en arroz.

18.- Familia de los imidazoles

Constituye uno de los grupos de herbicidas más recientes y se caracterizan porque sus miembros incluyen en su estructura un núcleo imidazol o cuerpo

pentagonal con dos nitrógenos en posición 1,3 como también grupos 4,5 - ditridio y 5-oxa.

La absorción y translocación de las imidazolinonas, según la actividad del compuesto es foliar y/o radicular. Presentan actividad pre y postemergente sistémica y en el caso del imazapir contra todo tipo de malezas anuales y perennes incluidas las leñosas. Son productos con una alta persistencia en el suelo, lo cual de alguna manera la práctica de rotación de cultivos se puede ver limitada.

Sus principales herbicidas son:

imazapir, imazaquin, imazetapir

19.- Familia de los Fenoxis o Ariloxifenoxis

Constituye un grupo de nuevos herbicidas. Se caracterizan por contener en su molécula dos núcleos fenoxis enlazados, una de ellos heterocíclico.

Estos herbicidas son todos postemergentes, sistémicos, graminicidas y controlan malezas anuales y perennes con selectividad en cultivos de hoja ancha anuales y dirigidos en perennes. Unos pocos presentan una ligera actividad residual (3-4 semanas).

Sus principales representantes son:

Diclofop-metil, fenoxoprof-etil, fluazifop-butil, Haloxifop-metil, propaquizafop, quizalofop-p-etil.

20.- Familia de las Sulfonilureas

Comprende el grupo más reciente de herbicidas. Se caracterizan por tener como estructura base dos núcleos, uno o los dos heterocíclicos, enlazados por una cadena sulfonilurea (-SO₂ NH CO NH-).

Son productos de acción pos-emergentes sistémica y varios de acción pre-emergente. Son activos contra malezas de hoja ancha y algunos contra malezas ciperáceas.

La mayoría vienen formulados como gránulos dispersables en agua y se aplican en dosis muy reducidas (15-80 g/ha).

Los principales herbicidas son:

clorsulfuron-metil, clorsulfuron, metsulfuron-metil, nicosulfuron.

21.- Miscelaneos

Agrupa a herbicidas no incluidos en los grupos o familias anteriores como por ejemplo el DCPA (Dacthal) que impide la germinación y crecimiento de malezas gramíneas y hoja ancha en diferentes cultivos. El Picloram (Tordon) usado para el control de malezas de hoja ancha arbustivas. El Kerosen, usado como herbicida selectivo en zanahoria y otras especies afines.

B. Clasificación según el modo de acción en las plantas

Se acepta que el modo de acción se refiere a la cadena de eventos que ocurren desde el contacto del herbicida con la planta hasta su efecto final.

A veces resulta difícil ubicar a determinados herbicidas en ésta clasificación, por que dependiendo de algunos factores, entre ellos dosificación y especie tratada, pueden mostrar variaciones en su modo de acción.

Según este criterio se han establecido 5 grupos:

1. Herbicidas de contacto

En este grupo se encuentran todos aquellos herbicidas cuyo principal efecto consiste en "quemar" o "necrosar" los tejidos vegetales que contactan. Su acción es violenta y de efectos perceptibles en poco tiempo. Algunos se deben utilizar en dosis elevadas, aunque hay otros cuyas dosis son bajas (Gramoxone). En todo caso la dosis a utilizar es función del estado de desarrollo de la maleza; su utilización es efectiva para controlar malezas anuales, no así perennes, sobre todo si poseen órganos reproductivos subterráneos.

2. Inhibidores del crecimiento celular

En éste grupo se incluyen herbicidas que interfieren con algún estado de la división celular; por lo general estos compuestos provocan alteración en la formación del uso acromático y de los cromosomas. Los herbicidas que pueden incluirse en este grupo son los carbamatos, dinitroanilidas y amidas.

3. Reguladores del crecimiento

Se agrupan en esta categoría a los herbicidas que provocan un crecimiento anormal de los tejidos meristemáticos y elongación celular en tejidos coulinares, en este grupo se encuentran las diversas formulaciones de los herbicidas fenoxiacéticos.

4. Inhibidores del crecimiento de las plantas.

Estos herbicidas interfieren sobre algún proceso metabólico de las plantas, especialmente sobre la respiración, pudiendo también actuar como inhibidores del ácido indolacético y de las giberelinas. El dalapon puede incluirse en este grupo ya que actúa interfiriendo el proceso enzimático involucrado en la síntesis del ácido pantoténico, el cual es uno de los componentes del complejo Vitamínico B, esencial para el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales. Ej. Los herbicidas AMIDAS.

5. Inhibidores de la fotosíntesis

Afectan el proceso fotosintético de diferentes maneras; así pueden actuar inhibiendo o desviando el transporte de electrones, como desacopladores e inhibidores de la síntesis de ATP, inhibidores del metabolismo del carbono, inhibidores de la asimilación del nitrógeno y como inhibidores de la síntesis de los pigmentos fotosintéticos. Un síntoma común de la acción de éstos componentes es el amarillamiento o clorosis de las plantas. A este grupo pertenecen aproximadamente el 50% de los herbicidas siendo los más usuales las triazinas, úreas, uracilos.

C. Clasificación de los herbicidas según su formulación

Se entiende por formulación la forma físico-química del producto que se pone a disposición de los usuarios y que contiene el ingrediente activo como herbicida. La formulación es importante cuando se trata de seleccionar la técnica de aplicación o cuando se busca que un producto se adapte a determinada técnica.

Las formulaciones más frecuentes son: soluciones, emulsiones, polvos mojables, polvos solubles granulados y flowables.

D. Clasificación según su época de aplicación

Según éste criterio pueden establecerse las siguientes categorías:

- Pre-siembra
- Pre-emergentes
- Post-emergentes

1.-Herbicidas Pre-siembra.- Son aquellos que se aplican inmediatamente después de realizada la preparación del suelo. Estos pueden ser incorporados (Ejm.: trifluralina) o bien dirigidos a la superficie del terreno. (Ejm: Gramoxone previo a la siembra de un cultivo).

2.- Herbicidas Pre-emergentes.- Son aquellos que se aplican después de la siembra y antes de que las malezas y el cultivo emerjan; aquí podemos citar a la atrazina y pendimetalin en maíz.

3.- Herbicidas Post-emergentes.- Son aquellos que se aplican después de la aparición de las malezas y el cultivo. Estos pueden aplicarse en forma total o en forma dirigida procurando que el contacto de la solución sea con las malezas y no con el cultivo.

E. Clasificación de los herbicidas según la parte de la planta donde se aplica

De acuerdo a las parte de la planta donde se aplica, los herbicidas pueden ser clasificados en: de acción por el follaje y de acción por la raíz.

1.- De acción por el follaje.- Son productos que se aplican a la parte aérea de la planta, donde ejercen su efecto por contacto; o son translocados a los sitios de crecimiento de la misma por los vasos conductores.

2.- De acción por la raíz.- Son herbicidas que se aplican al suelo, desde donde son absorbidos por las raíces y transportados a través de los vasos del xilema con la corriente transpiratoria, hasta los sitios de acción específica de los productos.

Cuando éstos productos se aplican en dosis relativamente altas, actúan como esterilizantes del suelo. La aplicación de éstos productos pueden ser pre-siembra, preemergente y postemergente al cultivo.

F. Clasificación por selectividad

La selectividad es un concepto relativo, depende de la cantidad de ingrediente activo herbicida que llegue a los sitios de actividad fisiológica del mismo en la planta y que no sobrepase ciertos límites. Este límite varía entre especies vegetales y aún

entre variedades de la misma especie, estado de desarrollo, condiciones medioambientales y fitosanitarias. Esta propiedad de los herbicidas permite clasificarlos en selectivos y no selectivos.

1.- Herbicidas selectivos.- Son aquellos que al ser aplicados en ciertas dosis a una población heterogénea de plantas dañan a algunas especies sin afectar a otras Ej. El 2,4-D destruye malezas de hoja ancha sin causar daño a especies gramíneas.

2.- Herbicidas no selectivos.- Son aquellos que al aplicarse al follaje o al suelo matan a todas las especies presentes. Ej. paraquat, glufosinato de amonio, glifosato.

IV. MODO Y MECANISMOS DE ACCION DE LOS HERBICIDAS

Al estudiar los efectos fisiológicos y bioquímicos de los herbicidas es conveniente diferenciar entre dos términos muy usados corrientemente en la literatura. Ellos son: "Modo de acción y "Mecanismo de acción."

Modo de acción: Se refiere a la secuencia de eventos que resultan en la muerte o el daño de la planta. Incluye procesos tales como la absorción, transporte, comportamiento molecular y acción bioquímica del herbicida; al igual que los cambios estructurales y de crecimiento producidos por él en la planta.

Mecanismo de acción.- Se refiere a la interferencia bioquímica o biofísica primaria impuesta por un herbicida que conduce a un efecto letal.

A continuación nos referiremos los principales procesos donde actúan los herbicidas.

A. HERBICIDAS QUE AFECTAN LA FOTOSINTESIS

La fotosíntesis es el proceso mediante el cual el dióxido de carbono (CO₂) es fijado en forma de compuestos orgánicos por las plantas. En dicho proceso se pueden distinguir dos fases. La fase lumínica, llevada a cabo en las membranas

internas de los cloroplastos lo cual da como resultado la producción de O_2 , H^+ , ATP, NADPH. La fase oscura llevada a cabo en la región intralamelar de los cloroplastos, utiliza CO_2 y los productos de la fase luminica para generar carbohidratos.

Se considera que más del 50% de los herbicidas disponibles comercialmente actúan principalmente al interferir con las reacciones fotosintéticas, es decir en la fase luminica de la fotosíntesis.

Estos herbicidas por su forma de actuar pueden ser divididos en los siguientes grupos:

1.- Inhibidores del transporte de electrones. El sitio específico de inhibición del transporte de electrones se localiza entre el fotosistema II y fotosistema I, en el sitio denominado "urea binding site" presente en la región Q-B-PQ.

Los síntomas de toxicidad observados son: amarillamiento de las hojas entre las venas, por destrucción de corotamoides, cloroplastos y muerte.

2.- Desviadores del transporte de electrones.- Estos herbicidas son reducidos por el fotosistema I (FSI) y en presencia de luz a radicales cationes estables, mediante la transferencia de un electrón. Este es el caso de los herbicidas paraquat, diquat, cuyos radicales bipyridilo formados son reoxidados por el O_2 molecular a la forma original (sal dicuaternaria) proceso que conlleva a la formación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y radicales libres altamente fitotóxicos, como el anión superóxido (O_2^-), oxígeno en estado singulete y radicales hidroxilo libres ($OH\cdot$), que destruyen la integridad de las membranas, lo cual conduce a la desorganización celular y la muerte.

3.- Desacopladores e inhibidores de la síntesis de ATP.- Estos herbicidas evitan la formación de ATP aún cuando permiten que el transporte de electrones continúe, al impedir de alguna forma el estado energético de la membrana, antes que la energía pueda ser empleada en la fosforilación del ADP. El perfludone es un herbicida desacoplador específico de la fotofosforilación.

4.- Inhibidores del metabolismo del carbono.- Usualmente estos inhibidores actúan sobre enzimas específicas. Cada uno de los herbicidas considerados como inhibidores del transporte fotosintético de electrones o síntesis de ATP, podrían también inhibir la fijación de CO_2 , debido a que todos los ciclos y vías del metabolismo del carbono del cloroplasto requieren ATP y NADPH.

5.- Inhibidores de la asimilación del nitrógeno.- Hay herbicidas que actúan inhibiendo las actividades de la enzima amina-transferasa, enzima clave en la utilización del N por la planta.

Aunque no hay herbicidas que actúen como inhibidores de la reducción de NO_2 o NO_3 , sin embargo existe un modo de acción a través de la acumulación de NO_2 .

B. HERBICIDAS QUE AFECTAN LA RESPIRACION

La respiración celular puede ser afectada por inhibición de la actividad enzimática de las reacciones del transporte de electrones o por interferencia con la síntesis de ATP. La forma principal en que los herbicidas afectan la respiración es mediante el desacople de la fosforilación oxidativa, lo cual evita la formación de ATP.

Los herbicidas que interfieren en la respiración lo hacen a través de los siguientes procesos:

1.- Inhibición del transporte de electrones.- Son caracterizados por su habilidad para interrumpir el flujo de electrones en alguna parte de la cadena respiratoria, por interacción con uno de los complejos.

2.- Inhibición de la transferencia de energía.- Los compuestos de este grupo y inhiben el transporte fosforilante de electrones, cuando el aparato conservante de energía está intacto. Los inhibidores de la transferencia de energía son considerados combinarse con un intermediario en la vía de acoplamiento de energía y así bloquear la secuencia de la fosforilación que conduce a la producción de ATP.

3.- Agentes desacopladores.- Los desacopladores clásicos previenen la fosforilación del ADP sin interferir con el transporte de electrones.

En general cualquier compuesto que promueva la disipación de la fuerza motora de protones generada por el transporte de electrones, u otros para la producción de ATP, pueden ser registrados como desacopladores.

C. HERBICIDAS QUE AFECTAN EL METABOLISMO DE PIGMENTOS

Herbicidas que inhiben la síntesis de carotenoides.

La clorofila y los carotenoides constituyen los principales pigmentos foliares, por lo tanto estos constituyen un sitio favorito de acción de herbicidas.

Los inhibidores de la síntesis de carotenoides constituye uno de los principales clases de herbicidas, los cuales causan clorosis foliar como resultado de

la degradación de la clorofila en la luz. Estos herbicidas incluyen al amitrol, piriclor, norflurazon, metflurazon, y fluridone. La mayoría de estos herbicidas actúan inhibiendo la formación de α y β caroteno dando como resultado la acumulación de intermediarios de su biosíntesis como fitoeno y fitoflueno.

Ciertos herbicidas del grupo de las piridazinonas además de inhibir la síntesis de carotenoides afectan directamente la síntesis de clorofilas. Ejemplos de este tipo de herbicidas tenemos al oxadiazon. Por otra parte el setoxidin afecta la biogénesis de los cloroplastos (síntesis y multiplicación de los tilacoides, la formación de granas y división de cloroplastos).

D. HERBICIDAS QUE AFECTAN EL METABOLISMO DE LIPIDOS Y LA ESTRUCTURA Y FUNCION DE LAS MEMBRANAS

Las membranas celulares son parte estructural de las células, cuya función está relacionada con la permeabilidad celular, la actividad enzimática, el transporte de electrones y el transporte de iones.

Estos herbicidas pueden actuar de diferente manera, ya sea a través de la destrucción de pigmentos, destrucción de los componentes de las membranas, lo cual da origen a un derrame celular. Ejemplos de este tipo de herbicidas son el oxifluorfen, acifluorfen, los cuales tienen efectos peroxidantes. Otra característica de estos herbicidas es que interfieren en la síntesis de lípidos o en su tasa de resíntesis como es el caso de ciertos carbamatos y del glufosinato de amonio.

E. HERBICIDAS QUE AFECTAN LA SINTESIS DE PROTEINAS Y DE ACIDOS NUCLEICOS

Muchos efectos de la síntesis de proteínas y de ácidos nucleicos observados después de la aplicación de distintos herbicidas, pueden ser explicados en parte por el efecto de dichos productos en la producción de la energía requerida para llevar a cabo los procesos de síntesis.

La síntesis protéica también puede ser interferida por la inhibición de la síntesis de un aminoácido. Tal es el caso del glifosato, el cual inhibe la síntesis de aminoácidos aromáticos.

En el caso de las que sulfonilureas como el clorsulfuron, se ha podido observar que los aminoácidos isoleucina y valina, evitan el daño a través de la inhibición de la acetolactatosintetasa (ALS), la cual cataliza el primer paso en la

síntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina, sugiriéndose igual mecanismo para las imidazolinonas.

F. HORMONALES

Aunque son uno de los herbicidas más utilizados y con más tiempo en el mercado, poco se conoce acerca del mecanismo y modo de acción de éstos productos. Con este nombre se conocen a una serie de herbicidas cuyo efecto se asemeja al tipo de repuestas inducidas por las auxinas. En ésta categoría se puede incluir los herbicidas fenoxicarboxílicos como el 2,4-D, MCPA, diclorprop, etc., los benzoicos como dicamba, cloramben; los fenilacéticos como el fenac y los herbicidas picloran y triclopir.

Algunos autores han propuesto la existencia de tres fases en la respuesta de las plantas a estos herbicidas.

1era fase = (0-2 días) estimulación: incremento de fotosíntesis, absorción de iones, ARN, peso; movilización de reservas.

2da fase = (2-7 días) distribución: elongación de tallos, hinchamiento de tejidos, muerte de hojas, torcimientos.

3era fase = (7-10 días) colapso: muerte del tejido

G. HERBICIDAS QUE AFECTAN LA DIVISION CELULAR

Se incluyen herbicidas como el alaclor, propaclor y difenamida. Estos productos inhiben la germinación en estados tempranos de crecimiento, por lo que se catalogan como inhibidores generales del crecimiento y especialmente de la elongación radical. Cuando las plantas logran emerger, se nota enanismo y mal formación. El mecanismo de acción de estos herbicidas parece estar relacionado con la inhibición de la síntesis de proteínas y la interferencia en los ácidos nucleicos.

V. DEGRADACION Y RESIDUALIDAD DE LOS HERBICIDAS

DEGRADACION

La inherente fitotoxicidad de los herbicidas absorbidos por la planta, puede ser alterada por procesos de la planta, dando como resultado que los ingredientes activos herbicidas sean desactivados; esto es, transformados a

químicos no fitotóxicos y que los químicos herbicidas inactivos sean activados, o sea, transformados a químicos fitotóxicos. El último efecto de los procesos de la planta sobre los herbicidas, es la degradación del químico a productos simples o subproductos.

DESACTIVACION DE HERBICIDAS

Los procesos por los cuales los herbicidas son alterados o transformados dentro de las plantas, no son todas reacciones bioquímicas (catalizadas enzimáticamente) algunas son reacciones puramente químicas que ocurren entre moléculas de los herbicidas y los constituyentes celulares; mientras que otros son reacciones fotocatalizadas asociadas con la fotosíntesis. La manera y la tasa de tales transformaciones varían entre especies y entre variedades de una misma especie, y están influenciados por la concentración del herbicida y el estado de crecimiento de la planta.

La desactivación de los herbicidas dentro de la planta es el resultado de los siguientes procesos.

1. Reacciones bioquímicas (catalizadas enzimáticamente) que cambia los iones o moléculas herbicidas compuestas a compuestos no herbicidas.
2. Reacciones químicas que cambian los iones o moléculas a compuestos no herbicidas.
3. Conjugación por lo cual los iones o moléculas herbicidas forman sales o complejos insolubles con los constituyentes celulares y son inmovilizados dentro de la célula.
4. Adsorción de los iones o moléculas herbicidas a las paredes de los tejidos conductores, resultando en su inactivación.

La susceptibilidad de los herbicidas a la desactivación por los procesos de la planta es influenciado grandemente por la estructura química. Así por ejemplo los herbicidas clorotriazinas al ser sustituidos por un hidrógeno H en la posición 2 del anillo; como la atrazina, es desactivada rápidamente por las plantas como el maíz; mientras que los herbicidas con un grupo metoxi (O-CH₃) o metiltio (S-CH₃) al ser sustituido en la posición 2, como el prometone y prometrina, no son desactivadas rápidamente por estas mismas plantas de maíz.

La selectividad de los herbicidas para matar una clase de plantas mientras evitan a otras, es en parte debido a diferencias en la habilidad de las plantas para desactivar los herbicidas. En este caso la desactivación es un mecanismo protector. Por ejemplo el maíz tiene la capacidad de detoxificar el herbicida atrazina más rápidamente y por lo tanto toleran a este herbicida; mientras que, el arroz es incapaz de desactivarlo lo suficientemente rápido y como resultado este herbicida puede causar su muerte.

En general, las plantas, microorganismos, insectos y mamíferos metabolizan los herbicidas orgánicos esencialmente bajo los mismos procesos. Sin embargo las plantas son generalmente más lentas que los otros organismos. Debido al hecho que la mayoría de insectos y mamíferos tienen mejores sistemas de descomposición, circulatorio y excretorio que las plantas, estos tienden a almacenar los herbicidas y sus productos metabólicos por períodos más largos.

ACTIVACION DE QUIMICOS NO FITOTOXICOS

La activación de químicos no fitotóxicos a tóxicos es realizado por procesos metabólicos y químicos en las plantas. La activación de ciertos químicos inactivos herbicidamente que son absorbidos por las plantas se puede ilustrar de la siguiente manera:

1. La mayoría de sales, ésteres, amidas y nitrilos derivados de los herbicidas fenoxi alcanóicos no son en sí mismo fitotóxicos; ellos requieren una conversión a sus respectivos formas ácidas como pre-requisito para ser activos. Tal conversión ocurre generalmente por hidrólisis.
2. El herbicida 2,4-DB, producto selectivo para especies leguminosas debe ser convertido a 2,4-D en las plantas, a través de un proceso de B-oxidación, para ser activo.
3. Para la formación en las plantas de iones bipyridinium (paraquat) desde sus sales dicloro o bismetilsulfato, los iones catiónicos ganan un electrón del proceso fotosintético para formar "radicales libres" que son rápidamente oxidados en presencia de oxígeno para formar peróxido de hidrógeno (H₂O₂), el cual se acumula y destruye la célula vegetal.

REACCIONES DE DEGRADACION

Las reacciones por las cuales los herbicidas son transformados a químicos no fitotóxicos en las plantas son relativamente pocas e incluyen:

1. Oxidación-Reducción

La oxidación envuelve la liberación de energía por la remoción de electrones. La adición de oxígeno o la remoción de hidrógeno efectivamente remueve un electrón, desde un compuesto oxidado, acompañado por la liberación de energía. La reducción constituye el proceso inverso a la oxidación.

La transferencia de energía biológica, involucra reacciones de oxidación-reducción y mayormente ocurren por "deshidrogenación", esto es, la remoción de hidrógeno desde un compuesto oxidado.

2. B-oxidación

Es el desdoblamiento de grupos alquílicos de cadena larga (cadena abierta de carbón). La B-oxidación envuelve la remoción de fragmentos de 2 carbonos desde grupos alquílicos, hasta formar un acetato (cadena de 2 carbonos), o formar residuos (carbonos sueltos).

3. Hidrólisis

Este proceso envuelve la descomposición o desdoblamiento de una molécula y la adición de los iones del agua (H^+ y OH^-) a uno u otro de las partes resultantes. Este proceso generalmente da origen a la formación de dos o más compuestos. Por ejemplo, la hidrólisis de una sal da origen a un compuesto que es un ácido y otro que es una base.

4. Hidroxilación

Es la sustitución de un grupo hidróxilo (OH) desde un compuesto donador por un átomo o grupo de átomos reactivo sobre otro compuesto. Ejemplo de esta reacción es el reemplazo de un átomo de cloro (Cl) en la posición 2 del anillo de una s-triazina por un grupo hidróxilo.

5. Deshalogenación

Es la remoción de uno o más átomos halógenos (F , Cl , Br) desde una molécula.

6. Dealkilación

Involucra el desdoblamiento de grupos alquílicos, tales como cadenas alquilos de compuestos fenoxis o s-triazinas, desde el compuesto parental remanente.

7. Conjugación

Este proceso da origen a la formación de químicos complejos que unen un compuesto con otro, por ejemplo un herbicida unido con un constituyente celular (principalmente azúcar, aminoácidos, péptidos, ligninas, etc) la conjugación usualmente envuelve grupos oxígeno reactivos presentes en la molécula herbicida, tales como carboxilos, alcoholes, o grupos hidroxifenólicos. Los compuestos formados por conjugación pueden ser más o menos móviles que los compuestos originales.

RESIDUALIDAD O PERSISTENCIA

Para entender la dinámica de los herbicidas en el suelo, debemos tener presente que este es un sistema complejo y multifacético, ya que sus constituyentes, de naturaleza orgánica e inorgánica, están distribuidos en fases sólidas, líquidas y gaseosas; además es un sistema dinámico, no solo por que consta de compuestos vivos sino también por las numerosas reacciones físicas y químicas que en él ocurren.

Cuando aplicamos un herbicida al suelo, este se distribuye en las diferentes fases del mismo; inmediatamente se inician procesos que determinan su comportamiento, persistencia y residualidad.

Los procesos más importantes que sufre un herbicida en el suelo son: adsorción, degradación y lixiviación.

La descomposición del herbicida en el suelo puede ser de naturaleza química, fotoquímica o causada por microorganismos.

La adsorción y desorción parecen ser los procesos más importantes que afectan a los herbicidas en el suelo. Esto es producido por una adhesión de una proporción de partículas de herbicida a la superficie de los coloides (arcilla y materia orgánica); dichas partículas, en ese estado no pasa a la solución del suelo y no pueden ser absorbidas por las raíces de las malezas para ejercer su acción herbicida; afortunadamente la mayoría de herbicidas a excepción del paraquat, MSMA, glifosato entre otros, tienen la particularidad de que pueden ser librados de la superficie de los coloides del suelo.

La magnitud e intensidad de los procesos de adsorción-desorción de un herbicida en el suelo depende de los siguientes factores:

- Porción y tipo de arcilla y materia orgánica
- Reacción o pH de la solución del suelo
- Temperatura del suelo
- Naturaleza física-química del herbicida

El proceso de adsorción es exotérmico; es decir, libera energía, y la desorción es endotérmica, lo cual significa que al ocurrir este proceso hay consumo de energía; por ello un incremento de temperatura del suelo reduce la adsorción y desorción.

Otro gran proceso que sufren los herbicidas en el suelo es el de lixiviación o arrastre por el agua que percola a través del perfil.

En este proceso intervienen los siguientes factores :

- Adsorción-desorción del herbicida de los coloides del suelo
- Solubilidad del herbicida
- Cantidad de agua que pasa por el perfil del suelo
- Dosificación del herbicida
- Textura y estructura del suelo

La acción, efecto residual y persistencia de los herbicidas aplicados al suelo será, en parte el resultado de los procesos señalados; si aumentamos la dosis, bajo condiciones adecuadas de humedad, la acción herbicida será más intensa y más prolongado el efecto residual y la persistencia y, estos parámetros también están influenciados por la naturaleza química del herbicida.

El tipo y desarrollo de la vegetación tratada son, también, factores que afectan la duración de la acción herbicida; es de suponer que mientras mayor sea la infestación y desarrollo de las malezas tratadas, menor será el período de acción del herbicida.

VI. RESISTENCIA A HERBICIDAS

Resistencia:

Es una respuesta disminuida de una planta a un herbicida como resultado de su aplicación; se deben de distinguir dos tipos de resistencias a saber:

La resistencia fisiológica que se da en presencia de herbicida y la resistencia de comportamiento que se manifiesta cuando algún factor de conducta o manejo disminuye la probabilidad de contacto entre el herbicida y la planta.

Maleza resistente es aquella que sobrevive a la dosis usual y efectiva del herbicida.

Hasta la presente, se han reportado la existencia de 100 biotipos de malezas resistentes. De estas al menos 57 especies presentan resistencia a herbicidas triazinas, en adición al menos 47 especies presentan biotipos resistentes a uno o más de 14 herbicidas o familias de herbicidas como: ariloxifenoxipropionicos, bipyridilos, dinitroanilidas, fenoxis, úreas sustituidas y sulfonilureas.

Para entender el problema de resistencia de las malezas a los herbicidas, es importante hacer un análisis de los factores que influyen para que una determinada población de malezas, sea seleccionada en una área y empiece a dominar sobre el resto de especies. Estos factores son: el monocultivo, la fertilización nitrogenada, la aplicación de herbicidas y la mecanización.

La utilización de un mismo herbicida de manera continua en una misma área seleccionará poblaciones de malezas que en un principio serán tolerantes y que luego se convertirán en resistentes. Por otra parte, la eliminación de una maleza trae como consecuencia, la aparición de otra u otras que estaban siendo competidos por esa maleza.

La respuesta diferencial que presentan las malezas a los herbicidas, es un producto de la diferencia que existe entre y dentro de las especies en aspectos tanto en aspectos morfológicos como fisiológicos que afectan el nivel de acumulación de producto en el sitio activo. Procesos tales como la absorción, translocación y especialmente el metabolismo, influyen directamente sobre la respuesta diferencial.

Mecanismos de Resistencia

Para entender el mecanismo de resistencia de una maleza a un herbicida, es importante estudiar las modificaciones que se presentan en el sitio activo. En el caso de *Senecio vulgaris* a las triazinas se ha demostrado que la resistencia es única, porque se basa en una diferencia de respuesta en el sitio activo, es decir un cambio conformacional de la membrana del tiloicoide del cloroplasto, que proviene la unión del herbicida y por lo tanto su efecto inhibitorio sobre la fotosíntesis a nivel del fotosistema II.

Génética de la Resistencia

Para que la resistencia ocurra, uno o más alelos para resistencia deben estar presentes en la poblacional de malezas en el campo. Es importante que un gene completamente nuevo aparezca, aunque no se descarte la posibilidad de cruzamiento de un gen resistente de una especie a otra. Cuando se investigó la herencia de la resistencia a las triazinas se demostró que era uniparental y materna.

Posteriormente se ha comprobado que la resistencia es debido al DNA citoplasmático controlado por el cloroplasto.

Factores que controlan la aparición de resistencia

Entre los factores que controlan la aparición y el incremento de la resistencia a un herbicida en las malezas se tienen los siguientes: la carga genética, la presión de selección de los herbicidas, la competencia y adaptaciones de los individuos dentro de una población y la posibilidad de germinación en cualquier momento. Estas son condiciones que influyen directamente sobre la tasa de resistencia y la complejidad del problema.

Medidas a implementar en presencia de malezas resistentes

Cuando se ha comprobado científicamente que una maleza es resistente a un herbicida, se debe restablecer un programa de manejo del problema para evitar la producción de semilla de la maleza y su dispersión; medidas cuarentenarias y rotación de cultivos, como de los herbicidas son medidas iniciales que deben ser implementadas.

Casos de malezas resistentes a herbicidas

Para efectos de ilustración se presentan algunos ejemplos de especies resistente a herbicidas.

<u>Senecio vulgaris</u>	s-triazinas
<u>Amaranthus hybridus</u>	atrazina
<u>Amaranthus retroflexus</u>	atrazina
<u>Chenopodium album</u>	s-triazinas
<u>Poa annua</u>	s-triazinas
<u>Ambrosia artemisiifolia</u>	linuron
<u>Conmelina difusa</u>	2,4-D
<u>Cynodom dactylon</u>	Dalapon
<u>Echinochloa cruz- galli</u>	Dalapon
<u>Sorghum holepense</u>	Dalapon
<u>Lolium peremne</u>	paraquat
<u>Agropyrum repens</u>	paraquat
<u>Papaver rhoeas</u>	diquad

VII. LITERATURA CONSULTADA

ANDERSON, W. 1983. WEED SCIENCE. Principle 2da. Edition. West Publinsing C.O. Minnesota, USA. 655p.

DUKE, S. 1984. WEED PHYSIOLOGY. Vol II. Herbicide Phisiology. CRC Press. Boca Raton. USA. 257p.

FUNDACION SERVICIO PARA EL AGRICULTOR (FUSAGRI) 1985. Control de Malezas. Series Petróleo y Agricultura No. 8. Maracay, Venezuela. 98p.

ORDENANA, O. 1994. Herbicidas, Formulaciones, Clasificación, Grupos Quimicos, Modo de Acción, Sinópsis y Aplicaciones. Agronomía de Cultivos y Control de Malezas. Gráficas Impacto, Guayquil, Ecuador. 509p.

PACHECO, J. 1986. Notas sobre el control de malezas. Tipografía Cortéz, San Cristóbal, Venezuela. 114p.

INSECTICIDAS: Generalidades y clasificación

Jorge Mendoza Mora ¹

QUE ES UN INSECTICIDA ?.- *Toda sustancia de naturaleza química o biológica que sola o en combinación sirve para matar insectos.*

CUALES SON LOS COMPONENTES DEL INSECTICIDA ?

- *Ingrediente (sustancia) activo (i.a./s.a.)*
- *Materiales inertes: talco, caolín, tierra de diatomeas, polvo de tabaco, carbonato cálcico, yeso, bentonita, etc.*
- *Coadyuvantes, adyuvantes: humectantes, adherentes, emulsivos y sinérgicos.*

COMO SE DENOMINAN LOS INSECTICIDAS ?

Los insecticidas se denominan a través de su nombre químico, nombre común y nombre comercial. Ej:

NOMBRE QUIMICO: *0, 0-Diethyl 0-(2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl) phosphorothioate.*

Agr. Msc. Entomólogo. Departamento Nacional de Protección Vegetal

NOMBRE COMUN: *diazinón.*

NOMBRE COMERCIAL: *Diazinón 600 EC., Basudín 600 EC, Campodin 600 EC, etc.*

CLASIFICACION DE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas se pueden clasificar de varias maneras: por su composición química, por su modo de acción, por su formulación y por su toxicidad.

I. POR SU COMPOSICION QUIMICA:

A. INORGANICOS

- *El i. a. es un metal o elemento inorgánico: flúor, bario, cobre, azufre, zinc, mercurio, zinc, etc.*

- *No contienen CARBONO*

- *Venenos estomacales*

- *Fitotóxicos*

**B. ORGANICOS
SINTETICOS:**

- *Insecticidas sintetizados de compuestos orgánicos.*
- *Poseen átomos de CARBONO, hidrógeno, oxígeno y otros elementos.*

1. INSECTICIDAS CLORINADOS U ORGANOCOLORADOS

- *El elemento central es el radical CLORO (Cl).*
- *Desarrollados a partir de 1940.*
- *Lenta descomposición en el ambiente biodegradación y acumulación en la cadena alimenticia.*
- *Neurotóxicos, actúan sobre el sistema nervioso periférico, afectando el balance de sodio y potasio de las neuronas.*
- *La descomposición es muy lenta.*

INSECTICIDAS CLORINADOS MAS USADOS

<u>Grupo</u>	<u>Nombre común</u>
DDT (OC-DDT)	Dicofol DDT Metoxicloro
Benceno (OC-Cd)	Endrin

*Endosulfán
Toxafeno
Aldrin
Clordano
Dieldrin
Heptaclo
Mirex*

2. INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS

- *Compuestos derivados del Acido fosfórico*
- *Pueden penetrar al insecto por contacto, ingestión o inhalación.*
- *Actúan sobre el Sistema Nervioso Central, mediante la acción inhibitoria de la colinesterasa.*
- *Son compuestos con poca persistencia en el ambiente.*
- *Tóxicos a los animales vertebrados.*
- *Acción rápida sobre los insectos.*
- *Inducen a la generación de resistencia.*

INSECTICIDAS ORGANOFOSFORADOS MAS UADOS

Nombre común

Nombre comercial

Malathion

Malathion

Parathion

Parathion

Metil-oxydemeton

Metasystox

Clorpyrifos

Lorsban, Dursban

Profenofos

Curacrón

Metamidofos

Monitor, Tamarón

Forato

Thimet

Dimethoato

Perfektion, Dimepac

Monocrotofos
Diazinón
Terbufos

Nuvacrón, Azodrín
Basudín, Campodin
Counter

3. FORMAMIDINAS:

- *Grupo de insecticidas diferentes a los OF.*
- *Actúan por contacto, estomacales y acción de vapor.*
- *Inhiben la enzima monoaminooxidasa.*
- *Ej: chlordimeform (Galecrón)*

4. CARBAMATOS

- *Productos derivados del ácido Carbámico (NH₂-C-OH).*
- *Forma de acción y otras características similares a los organofosforados.*

INSECTICIDAS CARBAMATOS MAS USADOS

Nombre común

Nombre comercial

Carbaryl
Methomyl
Propoxur
Carbofuran
Oxamyl
Aldicarb

Sevín, Ravión
Lannate, Methavin 90
Baygon
Furadán, Curater
Vydate
Temik

5. PIRETROIDES

- *Compuestos lipofílicos, insolubles en agua.*
- *Alta estabilidad a la luz y temperatura.*
- *Poca movilidad en el suelo.*
- *Fácilmente degradables por microorganismos.*
- *No tóxicos para animales de sangre caliente*
- *Modo de acción por contacto, en menor grado estomacal.*
- *No tienen acción sistémica ni translaminar.*
- *Actúan sobre el sistema nervioso periférico.*
- *Insecticidas de acción rápida, acción residual entre 7 y 15 días.*
- *Factor de resistencia al DDT y piretroides es similar.*

INSECTICIDAS PIRETROIDES MAS USADOS

Nombre común

Fenavalente
Permetrina
Cypermctrina
Decametrina

Nombre comercial

Belmark
Ambush, Pounce
Cymbush, Arrivo. Ripcord,
Cypermctrina.
Decis.

6. INSECTICIDAS DE EFECTOS FISIOLÓGICOS O COMPUESTOS HORMONALES

- *Análogos de la Hormona juvenil (Ej: Methoprene).*

- *Inhibidores de quitina (Ej: Dimilin, Nomolta, etc.*
- *Feromonas (Gossyplure, Grandlare).*

C. ORGANICO NATURALES

1. INSECTICIDAS BOTANICOS

- *Derivados de vegetales: nicotina, piretrinas, rotenona, azadirachtina, etc.*
- *Diferentes modo de acción y por ende mecanismos de resistencia.*
- *Poco poder residual. Rápida descomposición en presencia del aire o luz.*
- *Constituyen alternativas a los problemas que están presentando los insecticidas argánico-sintéticos.*

2. INSECTICIDAS BIOLÓGICOS O MICROBIALES

- *Son derivados de microorganismos (bacterias, virus, hongos, etc).*
- *Ej: Bacillus thuringiensis. Acción tóxica sobre larvas. Ingestión cristales de endotoxina causan parálisis intestinal. Muerte a las 48-72 horas después de la ingestión.*
- *Especificidad biológica.*
- *Temperaturas altas y luz ultravioleta bajan su efecto.*
- *Buena alternativa para el futuro del control de plagas.*

INSECTICIDAS MICROBIALES MAS COMUNES.

Bacillus thuringiensis

*Dipel, Thuricide, Di
Beta, Javelin.*

Metarhizium anisopliae

Biomax, Metabiol

Baculovirus anticarsia

II. POR SU MODO DE ACCION

A. SISTEMICOS

- *Penetran a través de la epidermis y se incorporan a la savia de la planta.*
- *El insecticida debe ser liposoluble para penetrar la cutícula y soluble en agua para ser transportado por el sistema vascular.*
- *Deben ser resistentes a la descomposición metabólica de la planta por un período bastante largo.*
- *Eficaces contra insectos chupadores.*

B. TRANSLAMINAR

- *Son capaces de penetrar la cutícula de la hoja pero no tiene actividad sistémica o ésta es limitada.*
- *Útiles contra los minadores y gran parte de homópteros y hemípteros.*

C. FUMIGANTES

- *Actúan en la fase de vapor.*
- *Se absorben a través de la cutícula y espiráculos del insecto.*
- *Útiles para insectos en granos almacenados y plagas escondidas entre el follaje o desechos.*

D. CONTACTO

- *Actúan por absorción directa y rápida a través de la cutícula del insecto.*
- *Son más eficaces contra insectos activos (dípteros, insectos del suelo, almacenes y ambientes domésticos).*

E. INGESTION O ESTOMACAL

- *Es necesario que el insecto consuma la parte tratada.*
- *Son absorbidos por el intestino del insecto.*
- *Eficaces contra insectos masticadores.*
- *Es necesario una buena cobertura de la superficie tratada.*

F. POLIVALENTES

- *Actúan en una o varias formas sobre el insecto.*

III. POR SU FORMULACION

La formulación es la manera de transformar un producto técnico a una forma apropiada de uso.

A. FORMULACIONES LIQUIDAS

1. CONCENTRADO EMULSIONABLE (CE)

- *Es la mezcla de un ingrediente activo no miscible en agua, con un solvente y un agente emulsificador.*
- *Al ser mezclados con agua forman una EMULSION (aspecto lechoso o blanquecino).*
- *Fácil de usar, no forma precipitados y no producen taponamiento en el equipo.*
- *Altamente tóxico, corroe el metal del equipo y puede ser fitotóxica.*

2. SOLUCIONES LIQUIDAS (SL ó S)

- *Líquidos miscibles en agua. El ingrediente activo puede ser formulado en agua o alcohol.*
- *No forma emulsión lechosa al mezclarse con agua.*
- *Mejor seguridad al usuario que el E.C.*
- *Se usa en hogares, ganadería y agricultura*

3. FLOABLES (F)

- *Son suspensiones asperjables, físicamente espesos y cremosos.*
- *Polvo sólido fino que no se disuelve totalmente y se suspende en el líquido.*

4. ULTRABAJO VOLUMEN (ULV)

- *Material técnico líquido o sólido, disuelto en una mínima cantidad de solvente.*
- *Puede ser aplicado en forma directa sin diluir (5 l/ha).*

B. SOLIDOS

1. POLVOS SECOS

- *Material técnico mezclado con un diluyente-inerte (arcilla, talco).*
- *Actualmente su uso es muy limitado.*

2. POLVOS HUMECTABLES (PH - PM)

- *Ingrediente activo seco con agente humectante que se mezcla con agua para formar una SUSPENSION.*
- *Necesitan agitación constante.*

3. POLVOS SOLUBLES (PS)

- *El material técnico es fijado en un sólido soluble en agua.*
- *La mezcla con agua forma una SOLUCION.*

4. GRANULADOS

- *Partículas gruesas que contienen o están cubiertas por un ingrediente activo.*
- *Baja concentración.*

5. GRANULADO SOLUBLE EN AGUA (GS)

- *Bolitas o gránulos solubles en agua para evitar el arrastre de los PS al momento de la mezcla.*

6. CEBOS

- *Plaguicida mezclado con alimentos que atraen a la plaga.*

7. ENCAPSULADOS (E)

- *Son partículas de plaguicidas líquidos o sólidos cubiertos de un material plástico.*
- *Lenta liberación del ingrediente activo.*

8. ENVASES O BOLSAS SOLUBLES EN AGUA

- *Es la presentación de una formulación sólida en envase soluble en agua.*

9. IMPREGNADOS

- *Plaguicidas impregnados en collares, tarjetas, plásticos, etc.*
- *Permiten una evaporación o volatilización del plaguicida en un período bastante largo.*

C. GASIFICANTES

1. AEROSOLES

- *Material técnico soluble en solvente de petróleo y mezclado con ingredientes inertes para formar una solución.*
- *Presentados en formulaciones presurizados.*

2. FUMIGANTES

- *El material técnico se desprende lentamente y se volatiliza.*
- *Se pueden presentar en cristales (naftaleno) o en gases comprimidos a presión en forma líquida (Bromuro de metilo).*

3. PASTILLAS

- *El material técnico es mezclado con un inerte, el cual permite la liberación del ingrediente activo cuando es expuesto a temperatura ambiente.*

IV. POR SU TOXICIDAD

50 : *Cantidad de producto químico que se necesita para matar a la mitad de los animales tratados con un plaguicida. La DL 50 se expresa en mg del producto químico por kg de peso vivo del animal.*

DL. 50 para ratas (mg/kg de peso vivo).

GRUPO	ORAL		DERMAL	
	SOLIDO	LIQUIDO	SOLIDO	LIQUIDO
Ia. Extremadamente tóxico (rojo)	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
Ib. Altamente tóxico (amarillo)	> 5 a ≤ 50	> 20 a ≤ 200	> 10 a ≤ 100	> 40 a ≤ 400
II. Moderadamente tóxico (azul)	> 50 a ≤ 500	> 200 a ≤ 2000	> 100 a ≤ 1000	> 400 a ≤ 4000
III. Igeramente tóxico (verde)	> 500	> 2000	> 1000	> 4000

RESPUESTA DE LOS INSECTOS A LOS INSECTICIDAS

QUE ES RESISTENCIA ?

Mecanismo de evasión o disminución de la sensibilidad que opone al insecto a los insecticidas, por lo que éstos pierden su eficacia.

MECANISMOS QUE PRESENTAN LOS INSECTOS PARA GENERAR RESISTENCIA.

1. *Aumento de la detoxificación hacia los insecticidas.*
2. *Cambios en el comportamiento*
3. *Disminución de la absorción.*

"LOS PLAGUICIDAS NO PRODUCEN RESISTENCIA, SELECCIONAN INDIVIDUOS RESISTENTES"

CASOS DE RESISTENCIA

A. DETOXIFICACION

1. *Moscas que convierten el DDT a DDE.*
2. *Función mixta de oxidasa (MFO), Grupo de enzimas que confiere resistencia por medio de reacciones oxidativas. Se han reportado en compuestos OF, OC y Piretroides.*
3. *Glutación transferasa: es una de las reacciones importantes dentro del mecanismo de resistencia.*
4. *A-esteraza hidroliza los OF.*

B. DISMINUCION DE LA ABSORCION

Disminuye la penetración del insecticida al complejo ganglionar de las moscas resistentes a OF como diclorvos y bromofos.

C. CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO

Lugares tratados son evitados por los insectos.

TIPOS DE RESISTENCIA

- I. **RESISTENCIA SENCILLA O SIMPLE** : Resistencia adquirida a un plaguicida en particular
- II. **RESISTENCIA CRUZADA O MULTIPLE**: El mecanismo de resistencia a un tóxico confiere algún nivel de resistencia a otros insecticidas, aún cuando éstos nunca hayan sido aplicados.

MANEJO DE PESTICIDAS DISEÑADO PARA PROLONGAR LA VIDA EFECTIVA DE LOS MISMOS

Los mecanismos prácticos para lograr este objetivo deben ser escogidos en base a una revisión de los factores bioecológicos y operacionales

FACTORES GENETICOS: No están sujetos en ningún sentido al control humano. Ej. número de genes involucrados en la resistencia, frecuencia original de alelos en la población, la dominancia de los alelos y el grado en que estos genes están ligados a factores de conducta o fisiológicos.

FACTORES BIOECOLOGICOS : Ej. duración de una generación, número de prole por generación, fisiología reproductiva, movilidad de los individuos, grado de asilamiento reproductivo de la población y grado de mono/polifagia. No son manipulables por los humanos, pero determinan la propensión de las especies a desarrollar resistencia y establecer las bases y límites para el manejo de la resistencia. Aún cuando no pueden ser cambiados, tienen que ser entendidos.

FACTORES OPERACIONALES: Si pueden ser controlados y manipulados. Entre estos factores manejables se incluyen la naturaleza química del producto seleccionado, las técnicas de formulación y aplicación usadas, la persistencia del producto, frecuencia de aplicación, estados de vida controlados y área cubierta.

REGLAS PARA PROLONGAR LA VIDA EFECTIVA DE LOS INSECTICIDAS

- 1. Utilizar productos que tienen una vida residual breve; los insecticidas que se desdoblán rápidamente en el campo ejercen menos presión selectiva.**
- 2. Escoger insecticidas en que la resistencia cruzada no ha sido producida por otros previamente usados.**
- 3. Evitar las formulaciones de flujo continuo, liberación lenta u otras de tipo persistente.**
- 4. Registrar las poblaciones de insectos y aplicar sólo cuando sea económicamente necesario**
- 5. Aplicar los insecticidas cuando el insecto se encuentre en un estado vulnerable, al descubierto y bajo condiciones ambientales que vuelven al insecto susceptible y al insecticida efectivo.**
- 6. Usar los insecticidas en forma intermitente, a la dosis mínima suficiente para destruir esencialmente todos los insectos contactado, dejando periodos de reposo entre los tratamientos.**
- 7. Utilizar procedimientos de manejo no químicos para reducir la frecuencia de aplicaciones de insecticidas.**
- 8. Usar los insecticidas solo localmente y evitar las campañas de tratamiento de áreas grandes.**
- 9. Usar sinérgicos para aumentar la efectividad de una dosis dada de insecticida.**
- 10. Hacer aplicaciones en banda y otros procedimientos selectivos, en vez de aplicaciones de cobertura completa .**
- 11. Rotación de productos químicamente no relacionados**

12. Revisar constantemente la eficacia de los productos que están siendo usados en el campo.
13. Establecer una secuencia de alternativas adecuadas de insecticidas antes de que se presente la necesidad de reemplazar productos convencionales.

USO SELECTIVO DE INSECTICIDAS

La selectividad puede basarse en: 1) la naturaleza química del ingrediente activo ó 2) la manera en la que se usa el ingrediente activo.

1. **SELECTIVIDAD FISIOLÓGICA:** Basada en la naturaleza química del tóxico que se está utilizando.
Ej. *Bacillus thuringiensis*.

2. **SELECTIVIDAD BASADA EN LA MANERA DE USAR EL INGREDIENTE**
 - a. Selectividad basada en la formulación y método de aplicación
 - b. Dosis empleadas afectarán la selectividad de la aplicación
 - c. La cobertura puede ser importante en el impacto relativo de una aplicación sobre las especies benéficas y dañinas . Ej. control de la mosca de la fruta
 - d. La época de aplicación puede ser importante en la efectividad y selectividad del uso de insecticidas.

Ing. Gustavo Macías C. ¹

FUNGICIDAS Y ANTIBIOTICOS

Clasificación, mecanismos y modo de acción, degradación, residualidad y resistencia.

FUNGICIDAS

Introducción

El uso de compuestos químicos tóxicos a los patógenos es el medio mas comunmente conocido para controlar las enfermedades de las plantas.

Dependiendo del tipo de patógeno que ellos afectan estos pueden ser fungicidas, bactericidas, nematocidas, etc.; sin embargo, se hablará sobre los dos primeros grupos, tema de esta charia. Algunos son tóxicos a toda o a la mayoría de los patógenos, mientras que otros afectan solo a una clase de estos o actúan solamente contra un patógeno.

Cerca del 60% de todos los fungicidas son aplicados a frutales y el 25% sobre hortalizas. Los fungicidas son usados para controlar enfermedades del follaje y otras partes aéreas de las plantas. Otros son usados para desinfectar y proteger las semillas, tubérculos y bulbos. Como desinfectantes del suelo, en el tratamiento de heridas en frutos y granos almacenados.

Tipos de fungicidas

Un fungicida puede ser definido como un compuesto que mata o inhibe el desarrollo de los hongos, aquellos que inhiben, detienen o paralizan al hongo sin matarlo se llaman fungistáticos.

¹ Ing. Agr. Msc. Fitopatólogo. Dpto. Nacional de Protección Vegetal. EET-Pichilingue. INIAP

Mientras que micetostático es una sustancia antibiótica que, sin ser fungicida, detiene el desarrollo de los hongos.

Existen dos clases de control de infecciones:

Prevención o profilaxis

Que se usa para prevenir la infección por inhibición del patógeno antes de que este halla penetrado en el hospedante y se haya establecido en el tejido, los compuestos con este tipo de acción se llaman fungicidas protectores o protectantes.

Curación o terapia

Que se usa para eliminar al patógeno después que éste se ha establecido en el hospedante, estos compuestos se los llama quimioterapéuticos o fungicidas curativos.

Los fungicidas protectores no son capaces de penetrar los tejidos fundamentales en cantidades efectivas y no pueden curar infecciones establecidas o ser llevados dentro de la planta a lugares no tratados. Unos pocos fungicidas pueden penetrar los tejidos de las plantas y estar en cantidades efectivas para matar al hongo, estos tienen un rango más amplio de acción.

Su presencia usualmente no permite que las esporas germinen o son destruidas en su germinación. La mayoría de esos químicos tienen acción local es decir son efectivos solo en el órgano de la planta donde han sido aplicados y no son absorbidos o translocados por la planta.

Por otra parte, otros tienen acción terapéutica (erradicante) y son absorbidos y translocados sistémicamente por la planta (fungicidas sistémicos y antibióticos).

Los fungicidas sistémicos tienen un efecto directo sobre los patógenos que ya han invadido las hojas, frutos y tallos actuando como erradicantes, matando al hongo dentro del hospedante o pueden suprimir la esporulación del hongo sin destruirlo.

Muchos de los fungicidas usados para el control de enfermedades en las plantas tienen un rango de actividad biológica. Algunos compuestos tales como los antibióticos usados para el control de bacterias no tienen efecto sobre hongos. Otros compuestos son muchos menos discriminantes por ejemplo Benomyl que inhibe muchos tipos diferentes de hongos incluyendo hongos fitopatógenos, micorrízicos y saprófitos del suelo que son antagonistas naturales de fitopatógenos.

Los fungicidas Benomyl, Bravo, Difolatan y Fungisperse son usados para controlar mancha Cercospora en maní, pero aparentemente estos compuestos destruyen al hongo Cercospora y a ciertos hongos parásitos que regulan las poblaciones de hormigas, por lo que es posible observar

el aumento de poblaciones de hormigas donde se aplican estos fungicidas, estos son considerados fungicidas de amplio espectro.

Clasificación de los fungicidas

Compuestos a base de Cobre

Preparaciones de sulfato de cobre

Los fungicidas protectores a base de Cobre fueron casi los primeros químicos usados en la protección de cultivos y la mezcla bordelesa (precipitado coloidal resultante de cal + sulfato de cobre) es todavía una de las más eficientes. Otras sales de cobre son usadas como preservantes de madera. En general, los fungicidas cúpricos están disponibles como polvos mojables y son aplicados en 0.1 - 0.5% de ingrediente activo en agua.

Preparaciones de hidróxido de cobre

El oxiclорuro de cobre se forma rápidamente al actuar el aire sobre una solución de cloruro de cobre. Hay varios fungicidas con cobre que tienen menor solubilidad, son menos fitotóxicos y son formulados como polvos mojables (4-12% cobre metálico) y para espolvoreo (50% cobre metálico). Entre los productos comerciales tenemos Blimix 4%, Blitox 50, Cuproman, etc.

Preparaciones con óxido cuproso

Se ha reportado que el valor fungicida y protector del óxido cuproso varía inversamente al tamaño de la partícula. Entre los nombres comerciales están Perenox, Cobre Nordox 50, etc.

Compuestos a base azufre

Los fungicidas a base de Azufre se dividen en dos grupos: inorgánicos y orgánicos, varios de los cuales han sido excelentes fungicidas y son usados para el control de diversas enfermedades.

Compuestos inorgánico-azufrados

El azufre como un polvo mojable, pasta o líquido es usado principalmente para el control de mildius polvorientos sobre muchas plantas, pero también es efectivo contra ciertas royas, tizones foliares y pudriciones del fruto. El azufre en sus diferentes formas esta disponible bajo una variedad de nombres comerciales. La mayor parte de las formulaciones son aplicadas en la tasa de 1 a 6 libras por 100 galones de agua.

Se pueden producir efectos fitotóxicos cuando es aplicado en clima seco y con temperaturas superiores a 30°C, particularmente cuando se aplica sobre plantas sensibles como tomate, melones y uvas.

Compuestos orgánico-azufrados

Este grupo incluye compuestos derivados del ácido ditiocarbámico, usados ampliamente como el thiram, maneb y zineb. Los ditiocarbamatos cumplen su función tóxica a los hongos al ser metabolizados a radical isothiocianato ($-N=C=S$), el cual inactiva los grupos oxidrilos en aminoácidos y enzimas dentro de las células del patógeno e inhibe la producción y función de éstos compuestos.

Los compuestos ditiocarbamatos introducidos en los años 1930 fueron los fungicidas orgánicos modernos. Thiram, uno de los primeros ditiocarbamatos es todavía usado como un fungicida para la semilla y el suelo. Zineb, maneb, mancozeb, metiran y propineb son usados contra un rango amplio de enfermedades usualmente en aspersiones de 0.1 - 0.2% l.a. ó 1 - 3 Kg l.a/ha. Se ha reportado cierta actividad terapéutica para ferbam, nabam, zineb y thiram.

Quinonas

Ocurren en forma natural en muchas plantas y son producidas por acción de los compuestos fenólicos de las plantas, muestran actividad antimicrobiana y se considera que están asociados con la resistencia innata de las plantas a la enfermedad. Solo hay dos compuestos a base de quinonas: dichlone y chloranil.

Compuestos aromáticos

Son compuestos que tienen un anillo aromático, son tóxicos a microorganismos y varios han sido desarrollados como fungicidas comerciales. La mayoría parece inhibir la producción de compuestos que tienen grupos $-NH_2$ y $-SH$, es decir aminoácidos y enzimas.

En este grupo se encuentran el hexacloro benceno (HCB) usado para el tratamiento de semillas; el pentacloronitrobenceno (PCNB o Terraclor) usado para controlar enfermedades del suelo, dicloran (Botran o DCNA), dinocap (Karathane) y diazoben (Dexon).

El clorotalonil es otro miembro de este grupo disponible en el mercado como Bravo 500, Daconil 500, es un fungicidas de amplio espectro contra muchas manchas foliares, tizones, mildius, royas, etc.

Compuestos heterocíclicos

Son un grupo heterogéneo pero incluye fungicidas de alta eficacia como captan, folpet y relacionados como iprodione (Rovral) y vinclozolin (Ronilan). La mayoría de ellos inhiben la producción de compuestos esenciales como aminoácidos y enzimas.

El captan es un excelente fungicida para el control de manchas foliares, tizones y pudriciones del fruto. Es también usado como protectante de semillas. Folpet es similar al captan en espectro y efectividad, además controla mildiús polvorientos.

Fungicidas sistémicos

Los fungicidas sistémicos abarcan a muchos grupos diferentes de compuestos.

Acylalaninas

El fungicida más importante de este grupo es el metalaxyl (Ridomil). Es efectivo contra Pythium, Phytophthora y varios mildiús vellosos. El metalaxyl es soluble en agua y fácilmente translocado desde las raíces a la parte aérea de la mayoría de las plantas.

Benzimidazoles

Incluye algunos fungicidas sistémicos importantes como benomyl, carbendazin, thiabendazole y thiofanate. La mayor parte de los benzimidazoles son convertidos en la superficie de la planta en metil benzimidazole, carbamato (MBC, carbendazin) y este compuesto interfiere con la división nuclear de hongos sensitivos.

El benomyl (Benlate o Benomilo) es un fungicida de amplio espectro, controla un gran rango de enfermedades foliares que causan manchas, tizones, etc. Entre las desventajas es que actúa como mutagénico y provoca resistencia en los patógenos.

El metil tiofanato conocido como Fungo y Topsin M es un fungicida de amplio espectro preventivo y curativo en el control de mildiús.

Oxathiinas

En este grupo se encuentran el carboxin (Vitavax) y oxcarboxin (Plantvax), efectivos contra carbones y royas. Estos compuestos son selectivamente concentrados en las células del patógeno e inhiben la hidrogenasa succínica, una enzima importante en la respiración mitocondrial.

Morfolinas

Incluye fungicidas como dodemorph (Meltatox) y tridemorph (Calixin), que son preventivos y erradicantes foliares, efectivos contra mildius polvorientos y manchas foliares.

Fosfatos orgánicos

El fosetyl (Allette) es un miembro de este grupo, actúa contra enfermedades foliares, raíces y del tallo causadas por Oomycetes tales como Pythium y Phytophthora.

Se ha reportado que fosetyl-AL estimula las reacciones de defensa y la síntesis de fitoalexinas contra los Oomycetes.

Pirimidinas

Este grupo incluye al diamethirimol (Milcurb), bupirimato (Nimrod) y otros efectivos contra mildius polvorientos.

Triazoles

Son compuestos que contienen un anillo con dos átomos de carbono y tres de nitrógeno. En este grupo se encuentran excelentes fungicidas sistémicos como el triadimefon (Bayleton), triadimenol (Baytan), bitertanol (Baycor), propiconazol (Tilt), los que muestran una actividad protectora y curativa contra un amplio espectro de enfermedades foliares, de raíces y plántulas causadas por muchos ascomicetos, basidiomicetos y hongos imperfectos.

Sistémicos misceláneos

Comprende fungicidas de diferente composición y afiliación química, entre ellos: cloroneb (Demosan), ethazol (Truban, Terrazole), imazalil (Fungaflor), entre otros.

Mecanismo y modo de acción de los fungicidas

La mayor parte de los fungicidas protectores actúan inhibiendo los procesos involucrados en la producción de energía, esto es aplicado a los dialkyldithio-carbamatos, bisdithiocarbamatos, captan, dinocap, triphenyltin acetato, clorotalonil y phenylmercurio acetato.

En tanto que un compuesto sistémico puede modificarse y ser modificado por los tejidos de las plantas con los que entra en contacto. Los mecanismos de acción son muy variables y es posible que un fungicida tenga más de un modo de acción.

Actividad directa de los fungicidas

Se manifiesta cuando un químico fungitóxico se acumula en un nivel efectivo dentro del sitio de infección. Un compuesto aplicado podría ser convertido a un compuesto activo por el metabolismo dentro de la planta. Muchos compuestos que son altamente fungitóxicos in vitro fallan y no muestran actividad sistémica en el campo. Los requerimientos para tal actividad son muy exigentes, el compuesto necesita ser antifúngico dentro de los tejidos de las plantas y en ambientes muy diferentes de aquel donde se hacen las pruebas de fitotoxicidad, es decir, necesita ser selectivo, dañando el patógeno mientras que es inócua a la planta hospedante.

Alcanzar el grado de selectividad en la acción tóxica entre el hospedante y el patógeno ha sido la mayor dificultad en el desarrollo de fungicidas sistémicos, presumiblemente por la similitud básica en la bioquímica de los hongos y las plantas superiores.

Actividad indirecta de los fungicidas

Un compuesto sistémico puede reducir la enfermedad indirectamente por otros mecanismos, además de la acción tóxica contra el patógeno. Los mecanismos difieren ampliamente incluyendo inactivación de toxinas de los hongos y enzimas hidrolíticas, alteraciones a las pectinas, niveles de carbohidratos, morfología de los fenoles de la planta hospedante. Pero la mayoría de los fungicidas sistémicos actúan directamente sobre el patógeno y entonces aquellos que actúan indirectamente no matan al patógeno invasor sino que tienden a suprimir los síntomas y retrasar el desarrollo de la enfermedad antes que un efecto curativo.

Efectos de los fungicidas sobre los hongos patógenos

Una serie de estudios tienen que hacerse con un fungicida para medir como actúa, el nivel de actividad biológica el espectro antifúngico, la influencia del pH y la composición del medio sobre la actividad. Se debe determinar si la respiración es inhibida, y su acción sobre factores como aminoácidos, lípidos. Determinar si actúa en la germinación de esporas o cuando empieza el desarrollo de hifas. Se puede tener los siguientes efectos:

- a) **Inhibición de la producción de la energía o de ATP.**- Los procesos de producción de energía están localizados una parte en el citoplasma y otra parte en la mitocondria. Una fuerte inhibición de tales procesos tiene un efecto fungicida.
- b) **Interferencia con la biosíntesis.**- La biosíntesis de compuestos de bajo peso molecular como los aminoácidos, purinas, pirimidinas y vitaminas tiene lugar en el citoplasma, así como la síntesis de las proteínas se produce principalmente en los ribosomas y la síntesis del DNA y parte de RNA en el núcleo. La inhibición de la biosíntesis algunas veces tienen efecto fungistático, al impedir que se cumplan procesos que dirigen la producción de nuevo material celular requerido para el desarrollo y mantenimiento del organismo.

- c) **Interferencia con la estructura celular.** Al afectar la permeabilidad de la estructura celular provocando un derrame del contenido celular, esto tendría un efecto fungicida.

El carboxin y oxycarboxin (oxatíinas) tienen una marcada selectividad en su espectro antifúngico. Se ha demostrado que el carboxin así como su sulfona, oxycarboxin, son particularmente activos sobre basidiomicetos. El carboxin análogo tiene un espectro más amplio que las otras oxatíinas y es altamente activo sobre otros grupos de hongos. Es conocido que la mayoría de los fungicidas sistémicos afectan los procesos biosintéticos y que las oxatíinas pueden afectar a los hongos inhibiendo su respiración.

Como una posible explicación para el bajo número de inhibidores de la producción de energía entre los fungicidas sistémicos, puede ser que los inhibidores por ejemplo de la respiración o de agentes no acoplados, si son sistémicos, tienden a ser igualmente tóxicos para los tejidos de las plantas como para los hongos. En cambio los inhibidores de la biosíntesis que actúan primeramente en las condiciones de desarrollo, pueden usualmente ser más efectivos sobre el rápido desarrollo de los hongos parásitos que sobre el lento proceso de biosíntesis que ocurren con la mayoría de las células de las plantas.

Obviamente, las oxatíinas son excepcionales porque son sistémicos que inhiben la respiración, pero debe recordarse que también sobre los hongos sensitivos ellos no actúan siempre impidiendo la producción de energía sino también haciendo perder productos intermedios requeridos para los procesos sintéticos.

El estudio de modo bioquímico de acción es necesario para entender la selectividad de acción y el mecanismo de resistencia que se ha observado en ciertos fungicidas.

Efecto de fungicidas sistémicos sobre el hospedante

Algunos fungicidas sistémicos pueden cambiar al hospedante o ser cambiados dentro del mismo. Los fungicidas benzimidazoles alteran la susceptibilidad a ozono de las plantas. Algunos tienen propiedades como citoquininas, que son antisenescentes, una propiedad que reduce los daños de ozono y está acompañado por cambios bioquímicos. No se conoce como actúan como antisenescentes sin entrar en el simplasto, tal vez ellos están modificando la estructura de la membrana celular. Algunos fungicidas al ser aplicados sobre las plantas pueden ser cambiados y permanecer por algún tiempo sin sufrir modificaciones.

Ventajas y desventajas de los fungicidas

Cuando se aplica un protector a una planta, las áreas a las que no llega la aplicación inicial quedan desprotegidas. El producto depositado en la superficie queda expuesto al clima por lo que son necesarias aplicaciones repetidas, para asegurar la continua protección contra la enfermedad. Además, hay dificultad para proteger órganos de difícil acceso como las raíces. Los fungicidas sistémicos no tienen esas desventajas, con ellos es posible demorar la aplicación hasta que los síntomas sean evidentes eliminando la necesidad de aplicaciones de rutina. Con un sistémico sin embargo, no se puede esperar una protección a toda la planta por que la translocación puede ser limitada a ciertos tejidos y el compuesto estará sujeto a dilución y posiblemente a un rompimiento del metabolismo a medida que la planta crece. Las principales desventajas de los sistémicos son su angosto espectro de actividad y la rapidéz con que los hongos desarrollan resistencia a ellos.

Los fungicidas protectores forman una barrera protectora sobre la superficie del hospedante para prevenir una infección.

Los fungicidas terapéuticos o erradicantes usualmente son adsorbidos y distribuidos sistémicamente dentro de la planta. Destruyen el patógeno que esta creciendo dentro de la planta y por lo tanto tienen efecto curativo. No todos los erradicantes son sistémicos y no todos los fungicidas sistémicos son erradicantes efectivos.

Resistencia a fungicidas

La resistencia es una inevitable consecuencia de la intensa selección de patógenos con productos químicos. La respuesta normal es incrementar la dosis para alcanzar el control de unas pocas generaciones más, pero es una solución limitante por los factores económicos y toxicológicos. Además las razas de un patógeno con resistencia a un fungicida son frecuentemente resistentes a algunos o a todos los químicos de la misma clase química o modo de acción.

Por muchos años cuando solo se usaban fungicidas protectores como thiram, maneb o captan no se observaron razas resistentes, probablemente debido a que esos fungicidas afectan varios procesos vitales de patógenos. Resistencia a los fungicidas que contienen un anillo bencénico empezó a mostrarse por los años 1960 cuando aparecieron razas de *Penicillium* resistentes a diphenyl, razas de *Tilletia* resistentes a hexaclorobenzeno y razas de *Rhizoctonia* con resistencia a PCNB.

Niveles de tolerancia han sido desarrollados para muchos fungicidas sistémicos por parte de los hongos patógenos especialmente cuando han sido expuestos a altos niveles de presión de selección. Los patógenos han desarrollado mas resistencia principalmente a los compuestos MBC.

Las medidas para evitar el desarrollo de resistencia a un fungicida específico incluye limitar su uso a ocasiones cuando sus propiedades particulares son especialmente favorables alternando o mezclando con fungicidas de amplio espectro con toxicidad multisitio y adoptando métodos culturales para prevenir el paso de razas resistentes de patógenos entre cultivos o estaciones.

Residualidad y degradación de los fungicidas

Los residuos son sedimentos finos que permanecen después de la aplicación, conservando sus propiedades tóxicas en la superficie aplicada. El incremento en el uso de plaguicidas a través de los años, ha dado como resultado una amplia contaminación del ambiente debido a sus residuos. Por lo que algunos pesticidas han sido restringidos por su toxicidad crónica o su persistencia intolerable.

Los compuestos químicos empleados para el control de enfermedades son capaces de provocar efectos adversos a los cultivos, es decir se pueden volver fitotóxicos. Los efectos en el suelo se han podido observar en una baja tasa de degradación de sus componentes, incremento de la persistencia de los fungicidas o la formación de complejos de residuos que hacen mas lenta la degradación.

Los fungicidas se consideran relativamente inócuos; sin embargo, trabajos realizados indican que los parásitos y predadores de insectos son seriamente afectados por el azufre. La avispa Trichogramma sp. muere lentamente con Captan, rápidamente con Dinocab y en forma intermedia con el Methiram, por otro lado el faisán y la perdiz necesitan entre 28 y 51 mg de Ceresan por kg de ave para ser letal. La existencia de residuos se ha comprobado en suelos arenosos, al analizar el C14 del carbofuran en un microlisímetro, recuperándose del 24.36% del producto a 28 cm después de 30 días de aplicación.

El derrame de fungicidas envenena muchos ecosistemas entre ellos el suelo; sin embargo, y a pesar de todo, algunos de estos desechos son transformados por microorganismos principalmente bacterias, micorrizas y hongos entre otros.

ANTIBIOTICOS

Los antibióticos son sustancias producidas por un microorganismo y son tóxicas a otros microorganismos. La mayor parte de los antibióticos conocidos hasta la fecha son producidos por actinomicetos y algunos hongos como Penicillium. Son tóxicos a la mayoría de las bacterias incluyendo bacterias fastidiosas, micoplasmas y algunos hongos. Las fórmulas químicas en la mayoría de los antibióticos son complejas.

Los antibióticos usados para el control de enfermedades de las plantas son absorbidos y translocados sistémicamente por la planta. Pueden controlar la enfermedad por acción directa contra el patógeno y el hospedante o debido a una transformación dentro del hospedante.

En algunos casos, la aplicación de antibióticos ha conducido a la aparición de razas de bacterias resistentes. Entre los antibióticos más importantes y usados para el control de enfermedades en plantas están: Streptomycina, tetraciclinas y cicloheximida.

Streptomycina

Fue el primer antibiótico disponible comercialmente y es producido por el actinomiceto Streptomyces griseus. Actúa sobre los ribosomas bacterianos e inhibe la síntesis de proteínas. Comercialmente se lo encuentra como sulfato de streptomycina bajo los nombres de Agrimycina y Phytomicina, muestra actividad sobre un rango amplio de bacterias fitopatógenas que causan manchas, tizones, marchitamientos y pudriciones. La streptomycina ha mostrado actividad sistémica contra ciertos hongos como Pseudoperonospora humuli.

Tetraciclinas

Son antibióticos producidos por varias especies de Streptomyces y son efectivos contra bacterias, micoplasmas y algunas bacterias fastidiosas. Las tetraciclinas también bloquean la actividad de los ribosomas bacterianos e impiden el enlazamiento de aminoacil tRNA's a los aminoácidos, dando como resultado la inhibición de la síntesis de proteínas. Se lo encuentra como Terramicina (oxytetraciclina), Aureomicina (clortetraciclina) y Acromicina (tetraciclina).

La oxitetraciclina es usada junto a la streptomycina para controlar el tizón de fuego. Cuando la tetraciclina es inyectada en los árboles infectados con micoplasmas, se detiene el desarrollo de la enfermedad y se induce la remisión de síntomas.

Cicloheximidas

Fue descubierto en 1946 y es obtenido a partir de Streptomyces griseus como un subproducto en la producción de streptomycina. Se lo encuentra como Actidione y es efectivo contra muchos hongos patógenos como mildius polvorientos, pero su alta fitotoxicidad limita su uso. Funciona como erradicante de patógenos de semillas.

Existen otros antibióticos con actividad bacteriano-micótica como la kasugamicina, polloxina, griseofulvina y plomicina.

Mecanismo de acción de los antibióticos

Los mecanismos de acción de la streptomicina y tetraciclinas incluyendo oxytetraciclina en los procariotes es, probablemente, similar a aquellos descritos para otras bacterias e involucra la inhibición de la síntesis de proteínas bacteriana.

La acción de la streptomicina depende de su habilidad para enlazar una o varias proteínas a las subunidades ribosomales. Esto probablemente causa un cambio en la conformación de proteínas. Los procesos por los cuales existe una rápida muerte de las bacterias cuando están expuestas a streptomicina no son bien definidos. Las tetraciclinas inhiben también las síntesis de las proteínas y la elongación de las cadenas de polipéptidos.

Resistencia a antibióticos

La resistencia en los organismos es el resultado de la pérdida en la efectividad de control. Se ha reportado resistencia de la mancha bacteriana del pimiento a la streptomicina y de otras enfermedades bacterianas.

La resistencia genética a los antibióticos puede presentarse en dos vías: Primero, mutaciones cromosomales que impiden la capacidad de unión de las proteínas ribosomales para el antibiótico. Un segundo tipo de resistencia es la debida a la formación de plásmidos. Estos plásmidos pueden moverse conjugadamente desde una bacteria a otra. Este tipo de resistencia es mediada por enzimas periplásmicas.

No se ha observado diferencia significativa en el tiempo de generación, virulencia y susceptibilidad a otros antibióticos entre razas resistentes y sensitivas. Pero razas altamente resistentes persisten en los huertos después de que el uso de streptomicina se discontinuó.

Los mecanismos de resistencia a las tetraciclinas son probablemente alteración de la permeabilidad de la membrana para prevenir una acumulación intracelular del antibiótico.

Residualidad de los antibióticos

En forma similar que para los fungicidas, los antibióticos también pueden encontrarse en concentraciones que provoquen fitotoxicidad o permanencia de residuos. Se ha comprobado que el uso de infusiones en árboles de pera con pipetas ha sido seguro y provee la concentración del antibiótico más adecuada. Los tratamientos con inyecciones se hacen en el otoño para evitar residuos del antibiótico en los frutos. Las inyecciones colocadas en o después de la caída de los frutos al final del otoño son fitotóxicas al follaje en la siguiente primavera, por lo que se concluye que el antibiótico fue almacenado en altos niveles en los árboles.

Hay varias alternativas para resolver parcialmente el problema de resistencia y residualidad. La más fácil es hacer un mejor uso de los fungicidas y antibióticos actuales. Usar un programa de manejo de enfermedades con una adecuada supervisión por técnicos entrenados adecuadamente y la introducción de mejores químicos y otros métodos para manipular las poblaciones de patógenos y esto requiere un mejor entendimiento de la química de los fungicidas y toxicología incluyendo el modo de acción.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AGRIOS, G. N. 1988. Plant Pathology. 3rd. edition. Academic Press. 803 pp.
- DIMOND, A.E. and RICH, S. 1977. Effects on physiology of the host and on host/pathogen interaction. In Systemic Fungicides. Marsh, R. ed. Second edition. Longman p. 115-130.
- JOHNSTON, A. and BOOTH, C. 1983. Plant Pathology Pocketbook. Second edition. Commonwealth Mycological Institute. England. p. 161-175.
- JONES, A.L. 1982. Chemical control of Phytopathogenic Prokaryotes. In Phytopathogenic Prokaryotes. Mount, M.S. and Lacy, G.H. Vol. 2. Academic Press. p. 399-411.
- NENE, Y.L. 1971. Fungicides in plant disease control USA. Oxford Publishing. 382 pp.
- TAYLOR, G.S. 1953. Control of tobacco blue mould by root application of zineb and ferbam. Phytopathology 43: 486-490.
- THAYER, P.L. and STALL, R.E. 1961. Effect of variation in the bacterial spot pathogen of pepper and tomato on control with streptomycin. Phytopathology 51:568-571.
- ROSENBERGER, D.A. and JONES, A.L. 1977. Symptom remission in X- diseased peach trees as affected by date, method and rate of application of tetracycline-HCl. Phytopathology 67: 277-282.
- SIJPESTEIJN, A.K. 1977. Effects on fungal pathogen. In Systemic Fungicides. Marsh, R. ed. Second edition. Longman p. 131-159.
- WAIN, R.L. and CARTER, G.A. 1977. Nomenclature and definitions. In Systemic Fungicides. Marsh, R. ed. Second edition. Longman p. 6-31.

GUIA PARA CALIBRACION DE ASPERSORAS

Ing. Raúl Quijije P.*

Hoy en día, el mercado mundial dispone de una gama de equipos de aspersión, que juntos a los plaguicidas (agroquímicos) sirven como medio para solucionar en parte, la mayoría de los problemas fitosanitarios que se presentan en la agricultura. Sin embargo, su efectividad depende del cuidado y la atención de ellos, sobre todo, si consideramos los factores más importantes como son: los plaguicidas y dosis a utilizarse, selección del equipo, uso adecuado, calibración y mantenimiento del mismo.

En nuestro país, unas de las fallas en la efectividad de los plaguicidas, se debe al MANEJO Y CALIBRACION deficiente de sus aspersoras. Esto ocurre generalmente, por el desconocimiento que muchos agricultores tienen en calcular los volúmenes de agua y las dosis a utilizarse por unidad de superficie o planta.

Para evitar estas fallas y obtener el máximo beneficio de los plaguicidas a usarse, en esta guía se ofrece la información más sencilla y posible sobre los procedimientos a seguirse para la CALIBRACION DE ASPERSORAS, asegurándonos al mismo tiempo su completa exactitud.

PROCEDIMIENTOS A SEGUIRSE:

1. **ANTES DE CALIBRAR** cualquier aspersora, debemos considerar los elementos más importantes, como son:

- * Velocidad de la aspersora
- * Presión en la descarga
- * Tipos de boquillas y tamaño de orificio
- * Altura de boquilla o aguilón
- * Ancho de rociada

La velocidad de la aspersora debe ser constante para que la aplicación sea uniforme. Para aspersoras accionadas con tractor, se aconseja una velocidad de 4 a 6 Km/h., y para aspersoras de mochila de 2 a 2,5 Km/h (40 metros por minutos).

* Técnico del Departamento Nacional de Protección Vegetal, Sección Entomología. EET-Pichilingue, INIAP.

La presión de descarga debe ser constante durante la aplicación del plaguicida. Para las aplicaciones pre-emergentes se recomienda presiones que fluctuen entre 20 y 40 libras/pulg² (psi. en inglés) o 1,4 a 2,8 Kg/cm². En aplicaciones de post-emergencia con herbicidas de contacto y en tratamiento al follaje con insecticidas y fungicidas, se debe usar una presión igual o mayor a 40 psi. Recordemos que presiones mayores o menores a estos límites, pueden afectar la atomización.

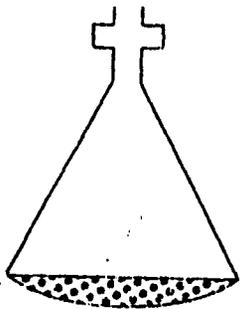
Existen diversos tipos de boquillas, siendo las más comunes: Boquillas de cono sólido, cono hueco, abanico plano no uniforme y abanico plano uniforme (ver figuras).



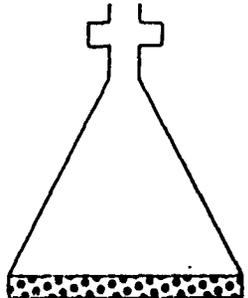
CONO SÓLIDO



CONO HUECO



ABANICO NO UNIFORME



ABANICO UNIFORME

Las boquillas de cono son mejores que las de abanico plano la aplicación de insecticidas y fungicidas, éstas mojan bien el haz y envés de las hojas. Para la aplicación de herbicidas, las boquillas de abanico plano proporcionan cobertura más uniforme y fuerza en la descarga, éstas mojan bien el haz de las hojas.

En el mercado hay disponibilidad de boquillas, con diferentes capacidades y ángulos de aspersion. Así por ejemplo, tenemos algunos casos:

- 8001 80 grados, 0,1 gal/minuto, bronce
- 65006SS 65 grados, 0,06 gal/minuto, acero inoxidable
- 11004HSS 110 grados, 0,4 gal/minuto, acero inoxidable endure.
- 80015VS 80 grados, 0,15 gal/minuto, VisiFlo, acero inoxidable.
- 8002VK 80 grados, 0,2 gal/minuto, VisiFlo, cerámica.

El tamaño del orificio es importante en la selección de boquillas, debido a que éste determina el volumen de descarga.

Por ejemplo, para la aplicación de herbicidas se recomienda boquillas que descarguen un volumen de agua entre 200 y 400 litros/hectárea, con una presión entre 20 y 40 libras/pulg.²

Antes de iniciar la calibración, es importante comprobar que las boquillas descarguen aproximadamente la misma cantidad de solución. Si las boquillas descargan menos o más del 15% del promedio normal, deben cambiarse.

La altura del aguilón y el ancho de la rociada de un plaguicida, se debe mantener constante para asegurar la uniformidad de la aplicación.

2. FORMA DE CALIBRAR

2.1. Aspersoras de espalda o mochila (manual)

A) Para aplicación total

Para calibrar correctamente la aspersora de mochila en superficie total, se debe seguir los siguientes pasos:

- * Asegurarse que la aspersora se encuentre limpia
- * Ajustar la boquilla correctamente en el porta-boquilla
- * Colocar en la aspersora un volumen de agua determinado, ejemplo 5 litros
- * Accionar la palanca hasta obtener la presión adecuada
- * Aplicar el agua en una superficie medida. Ejemplo 50 x 2 m (100 m²), manteniendo constante el agua gastada en los 100 metros cuadrados.
- * Repetir esta operación tres veces consecutivas para obtener un promedio confiable de volumen de agua gastado en los 100 metros cuadrados.
- * El volumen de agua gastado en el área de prueba se multiplica por 100. Este resultado se expresa en litros/hectárea.

Ejemplo: Si se gastan 4 litros de agua en 100 m² de prueba, el cálculo es el siguiente:

$$4 \times 100 = 400 \text{ litros/ha}$$

También se podría usar la fórmula:

$$\frac{\text{Cantidad de agua utilizada en litros} \times 10.000 \text{ m}^2}{\text{área aplicada}} = \text{litros/ha}$$

Para determinar la cantidad correcta del plaguicida a utilizarse en 20 litros de agua/bomba, use la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Dosis prod. comerc. en cc} \times 20 \text{ litros}}{\text{Cantidad de agua utilizada /ha}} = \text{Plaguicida cc/bomba}$$

B) Para superficie en banda

Para calcular el volumen de agua usado en aplicaciones por bandas, se debe seguir en parte el procedimiento anterior, con la excepción de que cuando se considere el área a medirse, se debe tener en cuenta el ancho de la banda, la distancia a recorrer y el número de bandas/hectárea.

Ejemplo: En bandas de 33 cm de ancho por 100 m de largo (33 m²), se gasta 0,8 litros de agua. Con distancia de 2,0 m entre surcos, cuántos litros de agua se necesita en una hectárea?

a) $33 \text{ cm} = 0,33 \text{ m} \times 100 \text{ m} = 33 \text{ m}^2$

b) $\frac{100 \text{ m}}{2,0 \text{ m}} = 50 \text{ hileras}$

c) $33 \text{ m}^2 \times 50 \text{ hileras} = 1650 \text{ m}^2/\text{ha}$ (superficie total)

$$d) \text{ Cantidad de agua/ha} = \frac{1650 \text{ m}^2 \times 0,8 \text{ l}}{33 \text{ m}^2}$$

$$= 40 \text{ litros/ha}$$

También se puede usar la fórmula es la siguiente:

$$\frac{\text{Cantidad de agua utilizada}^1 \times 100 \text{ m}}{\text{distancia entre surco}} = \text{litros/ha}$$

1/ En una superficie de: 100 m de largo x el ancho de banda

Para determinar la cantidad correcta del producto químico a utilizarse en 40 litros de agua/ha, use la siguiente fórmula:

Producto químico necesario/ha para aplicación en banda =

$$\frac{100 \text{ m} \times \text{ancho de banda} \times \text{N}^{\circ} \text{ surcos} \times \text{Dosis Prod. comerc./ha}}{10.000 \text{ m}^2}$$

C) Para arboles (usando bomba de motor)

Se debe seguir los siguientes pasos:

- * Llenar el tanque de la bomba con agua (la manguera y el aguilón también deben quedar llenas)
- * Use una presión adecuada. Por ejemplo, 30 libras
- * Aplique la cantidad de agua apropiada en unos 10 arboles
- * Vuelva a llenar el tanque con agua hasta el nivel inicial y determine la cantidad de agua usada

- * Calcule la cantidad de agua/ha, usando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Cantidad de agua utilizada} \times \text{N}^\circ \text{ arboles/superficie}}{10 \text{ arboles}} = \text{litros/ha}$$

Por ejemplo: Una aspersora aplicó 3 litros de agua en 10 arboles. Si el número de arboles/ha es 400, la cantidad de agua a utilizarse sería:

$$\frac{3 \text{ litros} \times 400}{10} = 120 \text{ litros/ha}$$

Para determinar la cantidad correcta del plaguicida a utilizarse en una bomba de motor de 10 litros de capacidad, use la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Dosis Produc. comerc./ha} \times 10 \text{ litros}}{120 \text{ litros}} = \text{Produc. comerc. necesario/ha}$$

2.2. Aspersoras accionadas por tractor

Existen aspersoras acopladas al tractor y aspersoras haladas por tractor, siendo más comunes las primeras.

Para calibrar correctamente estas aspersoras se recomienda seguir los siguientes pasos:

- * Llenar con agua tanque, mangueras y aguilón.
- * Fijar la presión de descarga entre 20 y 40 psi. y observar la aguja del manómetro. En caso de que la aspersora no disponga de manómetro, iniciar la aspersión con una presión baja y aumentarla gradualmente hasta que los abanicos de aspersión se entrecrucen.
- * En el mismo terreno donde se efectuará la aplicación del plaguicida, se medirá el tiempo que emplea el tractor en recorrer 100 m, ajustando la velocidad entre 4 y 6 Km/h y fijando una marcha en el acelerador.

- * Repetir esta operación por tres veces para determinar el tiempo promedio empleado.
- * Colocar el aguilón a la altura recomendada para la boquilla que va a emplearse.
- * Con el tractor estacionado, descargar el líquido y medir el ancho de cobertura del aguilón.
- * Multiplicar el ancho de cobertura del aguilón por 100 metros, para determinar el área que cubre la aspersora en recorrer el área prueba.
- * Con el tractor estacionado (motor encendido) se descarga el líquido en un recipiente o funda, para luego medir esta descarga, tomando en cuenta el tiempo que el tractor empleó en recorrer los 100 metros.
- * Una vez medida la descarga de una boquilla, se multiplica ese valor por el número de boquillas que contiene el aguilón y se obtiene el volumen total de agua descargada por la aspersora en el área de prueba.
- * Con el volumen de agua gastado en el área de prueba, se determina la cantidad de agua que se necesita en una hectárea, efectuando la siguiente operación:

$$\frac{\text{Cantidad de agua gastada en área de prueba} \times 10.000 \text{ m}^2}{\text{Área en prueba en m}^2} = \text{litros/ha}$$

Ejemplo, durante la calibración de una aspersora se han tomado los siguientes datos:

* Número de boquillas del aguilón	14
* Ancho de cobertura del aguilón	7 m
* Área cubierta por la aspersora al recorrer 100 m	700 m ²
* Tiempo empleado por el tractor en recorrer los 100 m en prueba	40 seg.
* Descarga de una boquilla en 40"	1 litro
* Descarga de las 14 boquillas en 40"	14 litros

Con estos datos obtener el volumen de agua que descarga la aspersora en una hectárea mediante la fórmula indicada:

$$\frac{14 \text{ litros} \times 10.000 \text{ m}^2}{700 \text{ m}^2} = 200 \text{ litros/ha}$$

2.3. CALIBRACION DE AVIONETAS Y HELICOPTEROS

Para calcular la cantidad de agua asperjada por estos vehículos, se procede de la siguiente manera:

- * Se determina una longitud de vuelo (Ejemplo: 1 Km) y se mide el ancho de la aspersion (Ejemplo: 14 m)
- * Se determina la cantidad de agua requerida en dicha área de prueba.

Ejemplo, 1 Km = 1000 m
 $1000 \text{ m} \times 14 \text{ m} = 14.000 \text{ m}^2 = 1,4 \text{ ha}$

Si descarga 112 litros, la descarga/ha es de:

$$\frac{112 \text{ litros}}{1,4 \text{ ha}} = 80 \text{ litros/ha}$$

- * Si la capacidad del tanque es de 189 galones (718 litros), la avioneta puede cubrir

$$\frac{718 \text{ litros}}{80 \text{ litros}} = \text{aprox. } 9 \text{ hectáreas}$$

- * Una vez determinado el volumen de agua que se descarga/ha, se puede determinar la cantidad de plaguicidas que se necesita agregar en el tanque del avión.

Por ejemplo, si se recomienda aplicar un plaguicida a razón de 0,6 kilogramos de producto comercial/ha, se deberá multiplicar

$$0,6 \text{ Kg} \times 9 \text{ ha} = 5,4 \text{ Kg de producto}$$