

¿Qué son los fungicidas?

McGrath, M.T. 2004. ¿Qué son los fungicidas? Trans. Luisa Santamaria, José Carlos Ureta R., 2014.

Las enfermedades son una de las principales fuentes de daño de plantas y cultivos, causadas por un número diverso de organismos fitopatógenos (organismos que causan enfermedad). A nivel mundial, los hongos son la principal causa de pérdidas en cultivos. Los virus, nemátodos y bacterias también causan enfermedades en plantas. Algunos síntomas que parecen ser causados por patógenos pueden ser causados por factores abióticos (causas inertes) como deficiencias nutricionales y contaminación ambiental como también por insectos.

Los fungicidas, herbicidas e insecticidas son plaguicidas utilizados en la protección de cultivos. Un fungicida es un tipo particular de plaguicida que controla enfermedades fúngicas, inhibiendo o eliminando al hongo que causa la enfermedad. No todas las enfermedades causadas por hongos pueden controlarse adecuadamente con fungicidas. Por ejemplo, las enfermedades vasculares (marchitamientos) causadas por los géneros *Fusarium* spp y *Verticillium* spp. Las enfermedades causadas por otro tipo de organismos, desórdenes causados por factores abióticos y daños de insectos, no son controlados por fungicidas. Por esto es esencial, determinar la causa de los síntomas antes de la aplicación de un fungicida.

¿Por qué son necesarios los fungicidas?

Las enfermedades son comunes en las plantas y a menudo producen un impacto económico significativo en el rendimiento y calidad, lo que nos indica que el manejo de enfermedades es un componente esencial en la producción de la mayoría de los cultivos. En un sentido general, existen tres razones principales por las cuales se utilizan los fungicidas: (a) Para controlar a la enfermedad durante el establecimiento y desarrollo de un cultivo; (b) Para incrementar la productividad de un cultivo y reducir sus daños. Los cultivos alimenticios enfermos pueden producir menos si sus hojas, necesarias para la fotosíntesis, son afectadas por una enfermedad. Los daños pueden afectar las partes comestibles del cultivo o, en el caso de cultivos ornamentales, pueden perder su vistosidad, en ambos casos se puede afectar el valor comercial del cultivo; (c) Para mejorar el período de almacenamiento y la calidad de las plantas y los productos cosechados. En este caso, las pérdidas por enfermedades ocurren después de la cosecha, durante el almacenamiento. Los hongos a menudo echan a perder (hacen inutilizable) frutas, hortalizas, tubérculos y semillas almacenadas. Algunos hongos que infectan granos

producen toxinas (micotoxinas) que causan trastornos severos e incluso la muerte de los seres humanos y animales que las consumen. Los funguicidas han sido utilizados para reducir la contaminación por micotoxinas en trigo afectado por la fusariosis de la espiga, pero la mayoría de los funguicidas desarrollados hasta el momento, no han sido suficientemente eficientes para ser utilizados en el manejo de micotoxinas asociadas con otras enfermedades.

Papel de los funguicidas en el Manejo de Enfermedades.

Las enfermedades de las plantas son manejadas más adecuadamente, integrando una serie de prácticas de control que incluyen: la rotación de cultivos, selección de cultivares tolerantes o resistentes (cultivares genéticamente menos susceptibles que otros cultivares), época de siembra, nivel de fertilización, modificación del micro-clima, sanidad y aplicación de funguicidas. Los funguicidas son un componente vital del manejo de una enfermedad ya que (a) controlan satisfactoriamente muchas enfermedades, (b) las prácticas culturales a menudo no proporcionan un control adecuado de la enfermedad, (c) los cultivares resistentes no están disponibles o no son aceptados en el mercado y (d) algunos cultivos de un gran valor, presentan una muy baja tolerancia a la presencia de síntomas de enfermedades.

En contraste de cómo los medicamentos son usados en seres humanos, la mayoría de los funguicidas, para que sean efectivos, requieren ser aplicados antes de que la enfermedad ocurra o a la primera señal de síntomas. A diferencia de muchas enfermedades de humanos y animales, las afecciones causadas por enfermedades en plantas no desaparecen aún cuando se elimina al patógeno. Esto se debe a que las plantas crecen y se desarrollan de manera diferente a los animales. Los funguicidas sólo pueden proteger de las enfermedades al tejido nuevo no infectado. Además, pocos funguicidas son eficaces contra patógenos después que han infectado a la planta.

Los funguicidas que tienen propiedades “curativas”, que significa que son activos contra patógenos que ya han infectado a la planta, tienden a presentar un mayor riesgo a que los patógenos desarrollen resistencia a ellos. Un patógeno resistente es menos sensible a la acción del funguicida, haciendo que éste sea menos efectivo o más aún, inefectivo. Estos funguicidas curativos son capaces de penetrar la planta y eliminar selectivamente los hongos invasores, ellos están diseñados para identificar proteínas o enzimas específicas producidas por estos hongos. Ya que el modo de acción de estos funguicidas es tan específico, cualquier pequeño cambio en la genética de los hongos, pueden superar la eficacia de estos funguicidas y las poblaciones del

patógeno pueden tornarse resistentes en aplicaciones futuras. Las estrategias de manejo de enfermedades que se basen primordialmente en aplicaciones curativas de funguicidas, conducirán a más problemas de resistencia debido a que: (a) el tamaño de la población de la cual individuos resistentes son seleccionados es más grande y (b) es difícil erradicar a todos los hongos dentro de una planta y frecuentemente algunos patógenos escapan a la acción del funguicida. La resistencia a funguicidas será tratada con más detalle en otra sección.

Los productores a menudo utilizan sistemas de pronóstico de enfermedades o umbrales de acción, cuando estos son disponibles, para asegurarse de que los funguicidas se utilicen cuando se requieran, de esta manera evitar gastos y un posible impacto ambiental si se efectúan aplicaciones innecesarias. Los sistemas de pronóstico han sido desarrollados para muchas enfermedades, basados en el entendimiento de las condiciones ambientales favorables para su desarrollo. Dichos sistemas típicamente se basan en factores como la temperatura y humedad relativa o humedad sobre las hojas, en las áreas donde crece el cultivo. Los programas de aplicaciones de funguicidas basados en umbrales de acción requieren de un monitoreo constante de síntomas en los cultivos, aplicándose los funguicidas cuando la cantidad de síntomas alcanza un nivel crítico, más allá del cual la enfermedad no podría ser controlada adecuadamente. Un ejemplo de un nivel crítico es una mancha por cada cinco hojas examinadas. El conocimiento del ciclo de la enfermedad de un patógeno es importante cuando se están desarrollando y utilizando sistemas de pronóstico y umbrales de acción. Entre los aspectos importantes del ciclo de la enfermedad se debe tomar en cuenta si la enfermedad es monocíclica (una generación por año) o policíclica (múltiples generaciones) y período de latencia (tiempo entre la infección y expresión de síntomas).

El aspecto económico frecuentemente influye en la selección y época de aplicación de un funguicida. En cultivos valiosos se utilizan funguicidas costosos y numerosas aplicaciones, ya que en la ausencia de estos tratamientos podrían producirse pérdidas económicas sustanciales, tal es el caso de frutales o campos de golf. En el caso de algunas enfermedades donde el rendimiento de los cultivos no se ve impactado porque la severidad es baja, se utiliza un umbral económico para determinar cuando es necesario un tratamiento con funguicidas. El nivel de tolerancia del cultivo o umbral de daño, puede variar dependiendo de en que estado de desarrollo fue afectado el cultivo, las prácticas agronómicas, la localización y las condiciones climáticas.

Métodos de Aplicación

Los funguicidas son aplicados como polvos, gránulos, gas y más comúnmente en forma líquida. Ellos se aplican a:

1. Semillas, bulbos, raíces de plántulas, y otros órganos de propagación. Estos tratamientos usualmente son realizados por la compañía de semillas. Algunos tratamientos requieren ser efectuados por el cultivador en el lugar y al momento de la siembra. El objetivo es eliminar los patógenos que se encuentran en el material de siembra o proteger a la plántula de los patógenos existentes en el suelo.
2. Suelo, ya sea en el surco de siembra al momento de plantar, después de plantar humedeciendo el suelo con la solución funguicida (incluido en el riego por goteo) o por aspersión directa alrededor de la base de la planta.
3. Follaje y otras partes aéreas de la planta mediante un aspersor.
4. Interior de los árboles mediante una inyección en el tronco.
5. Espacio aéreo de lugares cerrados como invernaderos y suelo cubierto. Los funguicidas son también llamados fumigantes cuando su principio activo actúa en forma gaseosa. Algunos fumigantes son también efectivos contra nematodos, insectos y semillas de malezas.
6. Productos cosechados, en inmersión o aspersión en las empacadoras.

Los funguicidas son utilizados como un producto formulado que consiste de un ingrediente activo más ingredientes inertes que mejoran la acción del producto. Los funguicidas típicamente son mezclados con agua, luego son aplicados por aspersión. El equipo de aplicación va desde aspersoras de mano y de mochila hasta grandes unidades de aspersión acopladas a tractores o aeronaves. Algunos funguicidas son aplicados en forma de polvo. Los funguicidas también pueden ser aplicados en invernaderos en la forma de humo, vapor, nebulizado o en aerosol. La cobertura de todas las partes de la planta susceptibles a una enfermedad es crítica ya que muy pocos funguicidas pueden movilizarse adecuadamente a través de la planta. Continuamente se producen avances en el tipo de boquillas y aspersoras para mejorar la cobertura.

Para muchas enfermedades un control efectivo requiere de múltiples aplicaciones, algunas veces tan frecuente como cada cinco días. Las aplicaciones en forma repetida son necesarias para proteger los crecimientos nuevos y reemplazar la pérdida del funguicida sobre la planta debido a descomposición química, degradación por luz ultravioleta y remoción por el viento y el agua.

Tipos de Fungicidas y Definiciones

Los fungicidas se categorizan de varias formas basadas en diferentes características. Las características utilizadas más comúnmente y sus categorías se describen a continuación (Ver anexo, Tabla fungicidas) es una lista seleccionada de fungicidas actualmente registrados en Estados Unidos de América, que representan los principales grupos de fungicidas y características químicas de estos grupos.

1. **Movilidad en la planta:** De contacto o sistémicos. Los fungicidas de contacto (también llamados protectores) permanecen en la superficie de la planta. Muchos fungicidas de contacto son potencialmente fitotóxicos (tóxicos a la planta) y pueden dañar la planta si se absorben. Los sistémicos (también llamados penetrantes) son absorbidos, penetran en la planta. Algunos sistémicos se movilizan a cortas distancias desde el sitio de su aplicación, por ejemplo a través de la lámina foliar de una superficie a la otra (sistémico local o translaminar). Algunos fungicidas son sistémicos débiles y se movilizan, desde los sitios de aplicación, un poco más que los sistémicos locales. La mayoría de los sistémicos se movilizan más efectivamente debido a su translocación por el tejido xilemático. Cuando son aplicados a la zona radicular, éstos son absorbidos por las raíces y se movilizan hacia arriba por la corriente transpiratoria de la planta (sistémicos de movimiento xilemático). Los sistémicos de movimiento xilemático aplicados al follaje se movilizan a lo largo de la hoja en donde se depositan, pero no pueden redistribuirse fuera de ésta, sin embargo, cualquier material depositado en los tallos puede moverse hacia las hojas. Los sistémicos de movimiento floemático (también conocidos como los “verdaderos” sistémicos o sistémicos anfimóviles) presentan una movilidad bidireccional, algunos materiales se mueven en el floema, del lugar donde fueron aplicados en la hoja, hacia otras hojas o hacia las raíces. Los sistémicos no se movilizan de nuevo luego de su translocación.
2. **Función de protección:** Preventiva o curativa. Los fungicidas de contacto son productos adecuados para uso preventivo (profiláctico), ya que funcionan por contacto en la superficie de la planta en donde han sido aplicados. Se requieren repetidas aplicaciones para proteger el nuevo crecimiento de la planta y reemplazar el material que ha sido lavado por la lluvia o la irrigación o degradado por factores ambientales como la luz solar. Algunos fungicidas de contacto se los identifica como productos “residuales” ya que el fungicida aplicado permanece en la superficie de la planta, ocasionalmente como

un residuo visible, por varios días. Debido a la capacidad de penetrar los tejidos de la planta, algunos funguicidas sistémicos presentan tanto una actividad preventiva como curativa (erradicante), de esta manera puede afectar al patógeno después de la infección.

3. **Rango de actividad:** Un punto o múltiple puntos de acción. Los funguicidas que actúan de manera única son activos sólo en un punto de una ruta metabólica en el patógeno o afectan una enzima o proteína esencial para el hongo. Debido a la especificidad de dichos funguicidas, estos tienen muy poco efecto en la mayoría de los organismos. Como resultado de esta actividad específica, los hongos son más propensos a ser resistentes al funguicida, debido a que una simple mutación en el patógeno usualmente le permite superar el efecto del funguicida, como por ejemplo previniendo que se enlace al sitio de actividad en el hongo.

Los antiguos funguicidas de contacto presentan múltiples sitios de acción, por lo que usualmente afectan a muchos hongos de diferentes clases. A través del desarrollo de investigaciones “in vivo” y debido al incremento en la rigurosidad y número de pruebas regulatorias requeridas para registrar un nuevo ingrediente activo, recientemente los fabricantes de funguicidas han encontrado más fácil desarrollar funguicidas sistémicos de un solo sitio de acción. Como resultado de este enfoque, la resistencia a funguicidas se ha convertido en un tema de gran importancia en el manejo de enfermedades.

4. **Modo de acción.** Los funguicidas “matan” a los hongos dañando su membrana celular, inactivando enzimas o proteínas esenciales o interfiriendo con procesos claves tales como la producción de energía o la respiración. Otros impactan rutas metabólicas específicas como son la producción de esteroides o quitina. Por ejemplo, funguicidas a base de fenilamida, se enlazan con e inhiben la función de la polimerasa del ARN en oomicetes, mientras que los benzimidazoles inhiben la formación de polímeros de beta tubulina usados por las células fungosas durante su división nuclear.

Algunos productos de desarrollo reciente son únicos ya que no afectan directamente al patógeno. Muchos de ellos obtienen una respuesta de la planta huésped conocida como “resistencia sistémica adquirida” (SAR, en inglés). Estos inductores de resistencia sistémica adquirida (SAR) básicamente imitan señales químicas en las plantas que activan los mecanismos de defensa de la planta como lo son la producción de paredes celulares más gruesas y proteínas anti fungosas. La utilidad de los inductores SAR, sin embargo, ha sido limitada hasta ahora debido a que muchos patógenos son capaces de vencer dichas defensas.

El conocimiento de cómo un fungicida afecta exactamente a un hongo es útil en el momento de seleccionar un producto. Primero, el modo de acción del fungicida determina cuales hongos serán afectados y por consiguiente cuales enfermedades pueden ser controladas mediante su uso. Segundo, los fungicidas con modos de acción diferentes son necesarios en un programa de manejo de enfermedades para retardar el desarrollo de resistencia a fungicidas.

El modo de acción bioquímico es la base primaria utilizada para clasificar a los fungicidas en grupos químicos. El Comité de Acción de Resistencia a Fungicidas (FRAC, en inglés) mantiene una lista actualizada de fungicidas organizada por grupo químico (<http://www.frac.info/frac/index.htm>) al igual que en el documento Apéndice II de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, en inglés) (www.epa.gov/opppmsd1/PR_Notices/pr2001-5.pdf). Los fungicidas del anexo se listan de acuerdo al esquema de clasificación FRAC/EPA, además de un listado adicional que incluye a los biofungicidas. En la base de datos de pesticidas PAN existe información química básica para fungicidas (www.pesticideinfo.org). Todos los fungicidas dentro de un grupo químico comparten un modo de acción y mecanismo de resistencia, aunque su estructura química pueda ser diferente. Dos excepciones en el esquema de clasificación FRAC/EPA lo son la clase de fungicidas con sitios de actividad múltiple y la clase de fungicidas “desconocidos” a los cuales no se les conoce su modo de acción.

5. **Grupo químico:** Inorgánico u Orgánico. Los fungicidas también pueden clasificarse de acuerdo a su composición química. Químicamente, las moléculas orgánicas son aquellas que contienen átomos de carbono en sus estructuras, mientras que las moléculas inorgánicas no los presentan. Muchos de los primeros fungicidas desarrollados fueron compuestos inorgánicos a base de azufre o iones metálicos como el cobre, estaño, cadmio y mercurio que son tóxicos a los hongos. Los cúpricos y los sulfurados aún se utilizan ampliamente. La mayoría de los fungicidas usados en la actualidad son compuestos orgánicos y por consiguiente contienen carbono. El término “orgánico” es utilizado aquí basado en la terminología química y difiere del término “orgánico” empleado para describir un sistema agrícola que procura ser holístico y aumenta la salud del agroecosistema.

Términos adicionales.

- **Biofungicida:** es un producto natural microbiano o bioquímico. Existen tres tipos de bioplaguicidas. (a) Bioplaguicidas microbianos, presentan un ingrediente activo que es un agente de control biológico (organismo capaz de atacar o competir con un patógeno

o plaga). (b) Bioplaguicidas vegetales o Protectores incorporados en planta, que son definidos por la EPA como "sustancias plaguicidas producidas por la planta, a partir de material genético que ha sido incorporado a la planta". (c) Bioplaguicidas bioquímicos, contienen sustancias que ocurren en forma natural. Algunos productos bioquímicos pueden ser el resultado de una fermentación. Los bioquímicos pueden afectar directamente a los organismos que causan enfermedades o pueden estimular SAR. Los bioplaguicidas generalmente presentan un espectro reducido, tienen baja toxicidad, se descomponen con facilidad y por ello se considera que tienen un potencial bajo para producir un impacto negativo en el medio ambiente (www.epa.gov/pesticides/biopesticides/). Muchos productos biofunguicidas han sido aprobados para la producción de cultivos orgánicos (www.omri.org). Mientras que muchos poseen una toxicidad baja, los bioplaguicidas no necesariamente son más seguros que los plaguicidas que contienen ingredientes sintéticos.

- **Clase o Grupo químico:** es el nombre dado a un grupo químico que comparte un modo de acción bioquímico común y que puede tener o no una estructura química similar.
- **Formulación:** es el producto plaguicida. Es una mezcla compuesta por el ingrediente activo e ingredientes que mejoran el rendimiento del plaguicida, tales como, transportadores, solventes, humectantes, dispersantes y adherentes. Los tipos de formulaciones incluyen a polvos mojables, polvos suspendidos en una fase líquida (flowables), concentrados emulsionables y gránulos.
- **Ingrediente activo:** (i.a.) es el componente activo del plaguicida y es la fracción patentada, sintetizada y registrada por el fabricante.
- **Nombre Comercial/Marca registrada:** es el nombre patentado bajo el cual el producto es vendido al usuario.
- **Nombre común:** es el nombre propuesto por el fabricante básico para el ingrediente activo. Este nombre es ratificado por un comité, ya sea la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, en inglés) o la Sociedad Química Americana (American Chemical Society, en inglés).
- **Nombre químico:** es indicado por un sistema de nomenclatura diseñado por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, en inglés); este grupo de reglas es usado para nombrar a compuestos (basados en carbono) orgánicos.

- **Riesgo reducido:** es una clasificación especial aprobada por EPA para usos específicos de pesticidas que poseen un riesgo bajo para la salud humana, baja toxicidad a organismos a los que no está dirigido, potencial bajo en la contaminación de aguas u otros recursos ambientales, y/o que aumenten la adopción y efectividad de estrategias de manejo integrado de plagas. El registro es expedido para usos señalados como de riesgo reducido.

Resistencia a Fungicidas

La resistencia a fungicidas es un carácter heredable y estable que da como resultado una reducción en la sensibilidad al fungicida por parte de un hongo en particular. Esta capacidad se obtiene a través de un proceso evolutivo. Los fungicidas con un solo sitio de acción presentan un alto riesgo para el desarrollo de resistencia si se los compara con los fungicidas de múltiples sitios de acción. La mayoría de los fungicidas que se desarrollan hoy en día tienen un solo modo de acción porque este tipo de acción se asocia con un potencial bajo de impacto negativo al ambiente, incluido aquellos organismos para los cuales no está dirigido la acción del fungicida.

Cuando la resistencia al fungicida es el resultado de la modificación de un gen dominante, las sub-poblaciones del patógeno son muy sensibles o altamente resistentes al pesticida. La resistencia, en este caso, se entiende como una pérdida completa del control de la enfermedad que no puede ser superada, aún si se utilizan dosis más altas o aplicaciones de fungicidas más frecuentes. Este tipo de resistencia es referida comúnmente como “resistencia cualitativa”. Cuando la resistencia al fungicida es el resultado de la modificación de varios genes que interactúan, los aislamientos del patógeno muestran un rango de sensibilidad al fungicida, que depende de la cantidad de cambios que ocurren en los genes. La variación en la sensibilidad dentro de la población es continua. La resistencia en este caso se interpreta como el deterioro del control de la enfermedad que puede ser superada utilizando dosis más altas y aplicaciones de fungicidas más frecuentes. La selección a largo plazo por resistencia en el patógeno mediante la aplicación repetida del fungicida, puede eventualmente dar como resultado la utilización de las dosis más altas indicadas en las etiquetas y/o la reducción de los intervalos de aplicación, los cuales no controlarán adecuadamente la enfermedad. Este tipo de resistencia al fungicida se le denomina comúnmente como “resistencia cuantitativa”. En el anexo se incluyen comentarios acerca del riesgo de resistencia de los fungicidas y en la tabla de fungicidas en el sitio de red de FRAC (www.frac.info/publications.html).

Los aislamientos de hongos que son resistentes a un fungicida, a menudo son también resistentes a otros fungicidas relacionados, aún cuando no han sido expuestos a estos fungicidas, ya que todos ellos poseen el mismo modo de acción. A esto se le llama resistencia cruzada. Los fungicidas con el mismo Código de Grupo son más probables que manifiesten resistencia cruzada. Ocasionalmente ocurre una resistencia cruzada negativa entre fungicidas no relacionados debido a que el cambio genético que le confiere resistencia a un fungicida hace que el aislamiento resistente sea más sensible a otro fungicida.

El manejo de la resistencia a fungicidas es de importancia crítica para ampliar el período de tiempo en que un fungicida en riesgo sea efectivo. La meta primordial del manejo de resistencia es la de retrasar su desarrollo; y no manejar/evitar manejar cepas fungosas resistentes después que han sido seleccionadas. Por lo tanto, los programas de manejo de resistencia necesitan ser implementados desde el inicio en que los fungicidas en riesgo son disponibles comercialmente. El objetivo del manejo de resistencia a fungicidas es minimizar el uso de los fungicidas en riesgo sin tener que sacrificar el control de la enfermedad. Lo anterior se alcanza usando los fungicidas en riesgo con otros fungicidas y con medidas de control que no involucren químicos, tal como el uso de cultivares resistentes, en un programa de manejo integrado de enfermedades.

Es crítico usar un programa de manejo de enfermedades efectivo para retardar el incremento de cepas resistentes. Los fungicidas en riesgo deben ser utilizados a las dosis (dosis completa) e intervalo de aplicación recomendado por el fabricante. Se espera que al utilizar la dosis completa recomendada se minimice la selección de cepas con sensibilidad intermedia al fungicida cuando la resistencia involucra a varios genes (resistencia cuantitativa). Los fungicidas en riesgo deben ser alternados con otros fungicidas de riesgo con diferentes modos de acción o diferentes grupos químicos, y en ambos casos deben ser combinados o alternados con fungicidas que presenten riesgo de resistencia bajo.

Cuando un cultivo sirve como fuente de inóculo para el cultivo siguiente, el esquema de alternar fungicidas en riesgo se debe continuar en los cultivos subsiguientes, de tal manera que el primer fungicida en riesgo aplicado a un cultivo pertenezca a un grupo de resistencia cruzada diferente, que el último fungicida en riesgo aplicado al cultivo previo. Algunos fungicidas en riesgo son formulados como una premezcla de productos con otros fungicidas para manejar la resistencia. Los fungicidas en riesgo deben ser utilizados solamente cuando sea necesario. El período más crítico para su uso en el manejo de resistencia, es al inicio de un epidemia, cuando la

población del patógeno es baja. Los funguicidas de contacto con múltiples modos de acción deben ser aplicados solos, al final del período de crecimiento del cultivo, donde han probado ser eficientes en el control de enfermedades y proteger la producción. Otro componente importante del manejo de resistencia es evaluando el control de enfermedades, y reportando cualquiera pérdida potencial de eficacia debido a resistencia.

Para promover el manejo de resistencia, las compañías que registran funguicidas están voluntariamente colocando en las etiquetas guías desarrolladas recientemente por EPA, a través de un esfuerzo conjunto con la Agencia Canadiense Reguladora del Manejo de Plagas (PMRA, en inglés) bajo el tratado de libre comercio (NAFTA, en inglés). En estas guías están descritas las Noticias de Registro de Pesticidas (PR, en inglés) N°2001-5 (www.epa.gov/oppmsd1/PR_Notices/pr2001-5.pdf). Los códigos de grupos para los grupos químicos establecidos fueron desarrollados como parte de dicha guías (Ver Tabla 1 (Adobe Acrobat PDF)).

Lecturas Seleccionadas y Referencias

1. Farm Chemicals Handbook. [um guia global de proteção de cultivos produzido anualmente com informações de todos os pesticidas, fertilizantes, fontes e informações de regulamentação. Disponível em www.meisterpro.com.]
2. Fry, W. E. 1982. Principles of Plant Disease Management. Academic Press. New York, NY.
3. Green, M. B. and D.A. Spilker. 1986. Fungicide Chemistry: Advances and Practical Applications (ACS Symposium Series, 304). American Chemical Society. Oxford University Press.
4. Hewitt, H. G. 1998. Fungicides in Crop Protection. CABI Publishing, CAB International. Oxon, United Kingdom.
5. Hutson, D. and Miyamoto, J. 1999. Fungicidal Activity: Chemical and Biological Approaches to Plant Protection. John Wiley & Sons. New York, NY.
6. Koller, W. 1992. Target Sites of Fungicide Action. CRC Press. Boca Raton, FL.
7. Lyr, H., Russell, P.E., and Sisler, H.D. 1996. Modern Fungicides and Antifungal Compounds. Intercept Limited. Andover, United Kingdom.
8. Nene, Y. L. and Thapliyal, P. N. 1993. Fungicides in Plant Disease Control. Science Publishers, Inc. India.

9. Page, B. G. and Thomson, W.T. 2003. The 2003 Newly Revised Insecticide, Herbicide, Fungicide Quick Guide. Kovak Books. Bakersfield, CA.
10. Smith, I.M. 1986. Fungicides for Crop Protection: 100 Years of Progress. International Specialized Book Services. Portland, OR.
11. Daughtrey, G. Geitz, J. Hartman, S. A. Johnston, D. Rosenberger, P. Shoemaker, y P. Vincelli por facilitarme sus fotografías.