

Manejo de la Resistencia

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
LA MAYORÍA DE LOS MÉTODOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS SON AFECTADOS POR LA RESISTENCIA.....	5
LA RESISTENCIA SE PUEDE MANEJAR DE MANERA PROACTIVA.....	5
LA INDUSTRIA DE LA CIENCIA DE LOS CULTIVOS ESTÁ COMPROMETIDA CON EL MANEJO DE LA RESISTENCIA.....	6
PREGUNTAS.....	8
FUNGICIDAS.....	10
HERBICIDAS.....	12
INSECTICIDAS.....	15
RODENTICIDAS.....	19
GLOSARIO	22
NOTAS – BIBLIOGRAFIA	24

RESUMEN EJECUTIVO

CropLife International promueve el conocimiento sobre el manejo de la resistencia entre agricultores, la cadena de valor de los alimentos y las autoridades.

- Es esencial que los agricultores conozcan cómo y cuándo utilizar métodos que controlan las plagas, reduciendo al mismo tiempo la posibilidad de que estas plagas se vuelvan resistentes a las técnicas empleadas, particularmente el uso de fungicidas, herbicidas, insecticidas y rodenticidas. Es nuestra misión dentro de la industria de la ciencia de cultivos trabajar de la mano con los agricultores para crear herramientas y técnicas que ayuden a controlar las plagas de los cultivos, evitando la resistencia y reduciendo los riesgos para el ambiente y la salud.
- La resistencia es una respuesta biológica natural que se ve facilitada por el uso excesivo de los mismos métodos de manejo de plagas en lugar de variar las prácticas agronómicas. Dado que las plagas evolucionan naturalmente, todos los agricultores a lo largo de la historia, independientemente de su sistema de producción (orgánico, convencional, biotecnológico), se han enfrentado al desafío de la resistencia a las plagas.
- CropLife International, junto con los Comités de Acción de Resistencia a Fungicidas, Herbicidas, Insecticidas y Rodenticidas (RAC), avanza en la comprensión y práctica del manejo responsable de la resistencia (RM) entre los agricultores y profesionales de manejo de plagas, la cadena de valor de alimentos y reguladores para apoyar la agricultura sostenible.
- A través de capacitación continua, recomendaciones y recursos, la industria de la ciencia de los cultivos trabaja con los agricultores para mantener la longevidad y eficacia de las tecnologías de las ciencias vegetales, fomentar el control sostenible de plagas y mejorar la seguridad alimentaria como parte de sus prácticas de RM.
- CropLife International y los RAC recomiendan un enfoque holístico y flexible -llamado Integrated Pest Management (o IPM) - que se enfoca en manejar la resistencia en plagas mediante una combinación de medidas de control físico, cultural, biológico y químico que son rentables, ambientalmente racionales y socialmente aceptable. IPM permite el uso de todas las tecnologías disponibles, tanto de protección de cultivos como de biotecnología vegetal, para manejar las plagas de manera segura y efectiva a través de una estrategia de prevención, monitoreo e intervención.
- La industria de la ciencia de los cultivos realiza investigaciones continuas para comprender mejor los riesgos de resistencia (incluso durante el desarrollo del producto), implementa programas de monitoreo intensivos y desarrolla estrategias proactivas para evitar la resistencia, incluso antes de que surjan problemas de experiencia de los agricultores. Este compromiso con la administración proactiva ayuda a garantizar que las estrategias actuales de RM sean efectivas y sienta las bases para que las tecnologías se desarrollen para gestionar la resistencia.

- Todos los productos fitosanitarios (fungicidas, herbicidas, insecticidas, rodenticidas) aprobados para su uso en la actualidad han sido evaluados minuciosamente por instituciones académicas y organismos reguladores de todo el mundo en materia de seguridad ambiental y humana, y no presentan riesgos irrazonables si se utilizan según las instrucciones de la etiqueta. Son herramientas valiosas utilizadas por los agricultores para controlar las plagas que reducen el rendimiento y la calidad de un cultivo, lo que contribuye a la producción eficiente de alimentos, a la reducción de las prácticas de labranza y al aumento de la calidad nutricional del suelo. Los productos de protección de cultivos también son importantes para proteger la salud de los agricultores y el medio ambiente, prevenir la propagación de enfermedades humanas y animales y reducir la destrucción que las plagas pueden tener en la propiedad de los agricultores.
- Las semillas o cultivos biotecnológicos incluyen genes que ayudan a proteger las plantas de diversas plagas (como una semilla que es resistente a los insectos, a las malezas o ambas) y trabajan en conjunto con productos de protección de cultivos para controlar plagas y mitigar la resistencia. Debido a la biotecnología vegetal, los agricultores han reducido sus aplicaciones de pesticidas en un 37 por ciento en los últimos 20 años.

LA MAYORÍA DE LOS MÉTODOS PARA EL CONTROL DE PLAGAS SON AFECTADOS POR LA RESISTENCIA

La mayoría de los métodos para el control de plagas, independientemente del sistema de producción agrícola, se ven afectados por la resistencia.

- La resistencia es un mecanismo básico de supervivencia y ocurre a través de la selección natural. Cuando se utiliza un método de control de plagas, una pequeña proporción de la población de plagas puede sobrevivir debido a su composición genética individual. Estos organismos individuales le heredan los genes para la resistencia a las próximas generaciones de modo que la resistencia se acumula con el tiempo en una población dada.
- Todos los agricultores, independientemente de su sistema de producción (orgánico, convencional, biotecnológico), se enfrentan al simple hecho de que cada método de control de plagas tiene una vida útil limitada debido a que las plagas evolucionan naturalmente y se vuelven resistentes.
- Se ha documentado la resistencia a las herramientas de control de plagas en todos los sistemas de protección de cultivos, desde los orgánicos hasta los convencionales y biotecnológicos. Sin embargo, esto puede ser demorado o evitado con enfoques de manejo de la resistencia adecuados.

LA RESISTENCIA SE PUEDE MANEJAR DE MANERA PROACTIVA

La resistencia se puede manejar de manera proactiva por medio de diversas estrategias tal como el Manejo Integrado de Plagas.

- El Manejo Integrado de Plagas, o MIP, es un enfoque holístico de la agricultura sostenible que se enfoca en manejar plagas a través de una combinación de medidas de control físico, [cultural](#), biológico y químico que sean asequibles, ambientalmente racionales y socialmente aceptables. Esto incluye el uso responsable de la protección de cultivos y los productos biotecnológicos de las plantas y variedades de semillas mejoradas.
- El MIP es un enfoque flexible que utiliza todas las tecnologías disponibles para manejar las plagas con seguridad y eficacia. Las principales estrategias MIP incluyen:
 - **Prevención** de la acumulación de plagas (utilizando prácticas culturales como rotación de cultivos, labranza, [opción de variedad](#), etc.)
 - **Monitoreo** de cultivos tanto por plagas como para mecanismos naturales de control (por ejemplo, enemigos naturales de las plagas)
 - **Intervenir** cuando se necesita medidas de control con la intervención más adecuada, asequible y ambientalmente racional. Estos pueden ser físicos, [culturales](#), biológicos o químicos.
- El manejo de la resistencia es una parte integral del MIP. Las técnicas para el manejo de la resistencia para la protección de los cultivos y los productos biotecnológicos incluyen prácticas de administración de los agricultores que garantizan la efectividad de la tecnología a largo plazo mientras se protege el medio ambiente.

- Las estrategias robustas de MIP aprovechan una variedad de métodos de manejo de plagas, incluyendo la rotación de diferentes intervenciones de control, como el uso de químicos, [agentes de control biológico](#) y controles físicos. También incluye la rotación o mezcla de diferentes [modos de acción](#) cuando se utilizan productos químicos.
- Los planes para el manejo de resistencia son esenciales para asegurar que los métodos para eliminar las plagas permanezcan efectivos.

LA INDUSTRIA DE LA CIENCIA DE LOS CULTIVOS ESTÁ COMPROMETIDA CON EL MANEJO DE LA RESISTENCIA

La industria de la ciencia de los cultivos trabaja para promover e implementar los principios de manejo de la resistencia con los agricultores. Este compromiso ayuda a mantener la longevidad y la efectividad de las tecnologías de la ciencia de los cultivos, fomentar el control sostenible de plagas y mejorar la seguridad alimentaria.

- La industria de la ciencia de los cultivos está comprometida a proporcionar el apoyo que los agricultores necesitan para manejar la resistencia usando estrategias de MIP. Esto mantiene la efectividad de las tecnologías de las ciencias de los cultivos y contribuye a obtener cultivos robustos y de alta calidad.
- La industria de la ciencia de los cultivos trabaja directamente con los agricultores, los reguladores y los expertos y profesionales del manejo de plagas, científicos y académicos para proporcionar capacitación, recomendaciones y recursos para ayudarles a desarrollar e implementar estrategias adecuadas para el manejo de la resistencia dentro de los programas de MIP. Algunos ejemplos de este alcance incluyen:
 - [Integrated Pest Management Training Program for the Adoni region of Andhra Pradesh, India](#) (Programa de capacitación de Manejo Integrado de Plagas para la región Adoni de Andhra Pradesh, India)
 - [Spray service provider trainings in Ghana for cocoa](#) (Capacitación de Proveedor de Servicio de Rociado en Ghana para la cocoa)
 - [Plant Biotech Insect Resistance Training Manual](#) (Manual de Capacitación de Resistencia de Insectos en Plantas Biotecnológicas)
 - [Plant Biotech Integrated Weed Management Manual](#) (Manual de Manejo Integrado de Maleza de Plantas Biotecnológicas)
 - [Labelling of products with resistance group codes, publishing lists of products by mode of action, including mobile tools to access this information](#) (Etiquetado de productos con códigos de grupos resistentes, publicando las listas de productos por modo de acción, incluyendo herramientas móviles para acceder esta información)
- La industria de la ciencia de los cultivos sigue desarrollando innovaciones que ayudan a combatir la resistencia y permite a los agricultores adoptar programas de manejo de la resistencia más fácilmente. Algunas de estas innovaciones incluyen:
 - Productos de protección de cultivos con múltiples [modos de acción](#) y nuevos modos de acción.

- La tecnología "Refugio en bolsa", que elimina la necesidad de plantar un [refugio](#) separado de semillas sin tratar junto a un cultivo biotecnológico. El refugio evita que las futuras generaciones de plagas desarrollen inmunidad asegurando que una pequeña proporción de plagas sin rasgos estén siempre presentes.ⁱ
- Cultivos biotecnológicos de [rasgos apilados](#), que demoran o reducen el impacto de la resistencia al proporcionar a las plantas una mejor defensa contra múltiples tipos de plagas.
- Las prácticas de manejo de la resistencia son revisadas y mejoradas en base a nuevos hallazgos para mejorar su efectividad continuamente.
 - Deben vigilarse los cambios en las condiciones de crecimiento, las presiones de las plagas, los patrones de uso de los productos, la nueva información sobre la biología de las plagas e indicaciones tempranas del desarrollo de resistencia para asegurar la continua efectividad y sostenibilidad.
 - El diálogo continuo entre fabricantes, agricultores, reguladores, el mundo académico y las partes interesadas es esencial para avanzar en la comprensión y la práctica del manejo efectivo de la resistencia.

PREGUNTAS

1. ¿La resistencia causa un aumento del uso de productos de protección de cultivos?

No se recomienda aumentar el uso de productos de protección de cultivos como estrategia para el manejo de la resistencia. El desarrollo de resistencia a veces puede conducir a un aumento temporal en el uso de productos de protección de cultivos conforme los agricultores combaten inicialmente el problema. Incluso algunas estrategias proactivas de manejo de la resistencia pueden requerir la aplicación de más productos (por ejemplo, mezclas de [modo de acción](#)). Sin embargo, el uso juicioso de plaguicidas en un programa de MIP normalmente resultará en menos casos de resistencia, en preservación de herramientas de manejo de plagas y menos uso de plaguicidas en comparación a situaciones en las que se permite que la resistencia florezca.

2. ¿La resistencia hace que los agricultores usen plaguicidas más "duros" o más fuertes?

Todos los productos de protección de cultivos aprobados para ser usados en la actualidad han sido evaluados minuciosamente por las instituciones académicas y los organismos reguladores de todo el mundo para la seguridad ambiental y humana y no representan un riesgo irrazonable si se usan de acuerdo con las instrucciones de la etiqueta. Puede ser que cuando los agricultores encuentran resistencia, tengan que usar otros plaguicidas y mejorar su uso de métodos de control no químicos, pero todos los productos utilizados han pasado por una evaluación rigurosa de los riesgos para la salud y el medio ambiente.

3. ¿Qué hace la industria de la ciencia de los cultivos cuando surgen reportes de resistencia?

La industria toma los reportes de potencial resistencia en serio. Los desarrolladores de protección de cultivos trabajan de cerca con los agricultores y los gobiernos de todo el mundo para investigar cada reporte.

- Los agricultores suelen ser los primeros en observar cambios potenciales en el desempeño del producto y en la población y el comportamiento de las plagas. Se les pide que trabajen con su distribuidor de semillas / minorista o fabricante de productos de protección para comprender las causas de cualquier daño inesperado. Puede surgir por muchas razones distintas a la resistencia (por ejemplo, las condiciones climáticas, la especie de plaga, la presión de la población de plagas, la calidad de las semillas, etc.) y es importante descartarlas.
- Las compañías de la Industria de la ciencia de cultivos han establecido procedimientos para investigar todos los informes de rendimiento inesperado del producto. Esto puede incluir entrevistas a productores, investigaciones de campo y cuando sea necesario, la recolección y posterior evaluación de plagas de campos bajo investigación. La industria también trabaja de cerca con sociedades/asociaciones científicas que se enfocan en enfermedades de plantas, malezas, plagas de insectos y roedores.

- La industria de la ciencia de los cultivos está comprometida con medidas proactivas de administración. Realiza investigaciones para comprender mejor el riesgo de resistencia, lleva a cabo estudios de referencia durante el desarrollo de productos, implementa programas de monitoreo intensivos y desarrolla proactivamente estrategias para evitar la resistencia, incluso antes de que un agricultor pueda observar un problema.

4. ¿Quién es responsable de manejar la resistencia?

El manejo de la resistencia requiere de colaboración entre varias partes interesadas, entre ellas: fabricantes, agricultores, servicios de extensión, distribuidores de agronegocios, grupos de educación de productores, gobiernos y científicos del sector público. Es importante que los minoristas de semillas/productos para la protección de cultivos eduquen correctamente a sus clientes sobre la necesidad de programas de manejo de resistencia y les ayuden a implementar esos programas en sus fincas. También es importante que los productores sigan las instrucciones de la etiqueta y las mejores prácticas de manejo que se han desarrollado, y reporten cualquier preocupación acerca de la efectividad de esos programas a sus distribuidores minoristas de semillas/productos de protección de cultivos. La industria de la ciencia de los cultivos se esfuerza por educar a los productores a través de guías de uso de productos, programas de capacitación y otros materiales sobre las mejores prácticas de manejo para prevenir la resistencia y preservar la efectividad de los productos de ciencias de cultivos.

5. ¿Quién es "culpable" cuando se desarrolla la resistencia?

Ningún individuo o grupo tiene "la culpa" por el desarrollo de la resistencia. Es un fenómeno natural. Sin embargo, el desarrollo de la resistencia puede demorarse cuando todos los interesados -científicos, agricultores, legisladores y el sector privado- son conscientes de su responsabilidad colectiva de promover y practicar el manejo integrado de plagas, incluyendo el uso apropiado de protección de cultivos y productos biotecnológicos de plantas.

Además, la resistencia puede desarrollarse incluso bajo las mejores prácticas de manejo de la resistencia -puede tomar más tiempo, pero aun así puede desarrollarse, y es una responsabilidad colectiva el controlar y eliminar la resistencia cuando surge. El verdadero problema surge cuando la dinámica de la población de la plaga cambia y la resistencia se convierte en un rasgo dominante y prevalente.

FUNGICIDAS

Los fungicidas son herramientas importantes para prevenir y manejar las enfermedades de las plantas. A diferencia de los insecticidas y algunos herbicidas, que matan insectos o malezas determinadas, los fungicidas son más comúnmente aplicados de manera proactiva para proteger y mantener las plantas sanas.

- El desarrollo de la resistencia a los fungicidas es un procesoⁱⁱ evolutivo que tiene que ver con la selección, la presión de selección y la aptitud física.
- Los fungicidas son una parte integral de la producciónⁱⁱⁱ eficiente de alimentos. La resistencia a los fungicidas amenaza contra la pérdida de fungicidas eficaces, que son esenciales para mantener cultivos sanos y rendimientos confiables y de alta calidad.
- El mantenimiento de la eficacia de los tratamientos fungicidas a largo plazo es fundamental para la productividad y la rentabilidad agrícola. El uso de fungicidas genera un aumento de casi 13.000 millones de dólares anuales en ingresos agrícolas en los Estados Unidos^{iv}.
- No se recomienda un mayor uso de productos de protección de cultivos como estrategia para el manejo de la resistencia.
- La industria está comprometida con el manejo de la resistencia a los fungicidas. CropLife International trabaja para prolongar la efectividad de los fungicidas más propensos a encontrar problemas de resistencia y limitar las pérdidas de cultivos en caso de que surja resistencia.

Preguntas:

P. ¿Cómo se desarrolla la resistencia a fungicidas?

El desarrollo de la resistencia a los fungicidas es un proceso evolutivo^v que se ocupa de la selección, la presión de selección y la aptitud física. En general, existe una gran variación en las poblaciones de patógenos fúngicos. Por ejemplo, algunos individuos de la población son naturalmente resistentes a ciertos tipos de productos químicos. Cuando se utiliza el producto químico, mata a casi todos los individuos sensibles de la población, pero los supervivientes son unos cuantos individuos que son resistentes a la acción de la sustancia química. Los sobrevivientes dan lugar a la próxima generación y la mayor parte de esa generación es resistente al químico^{vi}. La resistencia aumenta a través de la supervivencia y propagación de mutantes, inicialmente escasos, durante la exposición al tratamiento con fungicida.^{vii}

P. ¿Cuál es el impacto de la resistencia a los fungicidas en la agricultura? ¿Por qué es importante mantener la efectividad de los fungicidas?

Los fungicidas son una parte integral de la producción eficiente de alimentos.^{viii} La resistencia a los fungicidas amenaza la pérdida de fungicidas efectivos, que son esenciales para mantener cultivos sanos y un rendimiento confiable y de alta calidad. Por ejemplo, al controlar las enfermedades fúngicas de las plantas, los agricultores pueden salvar 125 millones de toneladas de alimentos cada año, lo que es suficiente para alimentar a 600 millones de personas.^{ix}

P. ¿La resistencia a los fungicidas causa un aumento en el uso de productos de protección de cultivos?

No. De hecho, no se recomienda un mayor uso de productos de protección de cultivos como estrategia de manejo de resistencia. La resistencia puede ser manejada de manera proactiva a través de la combinación de diversas estrategias, incluyendo: evitar el uso repetitivo de un fungicida o modo de acción; mezclar o alternar con otro fungicida apropiado; limitar el número y adaptar el tiempo de los tratamientos; y la integración con métodos no químicos.^x

P. ¿Las mezclas de fungicidas demoran la resistencia? ¿Cuáles son los requisitos de la pareja de mezcla para demorar el desarrollo de la resistencia?

Sí. Puede diseñarse una mezcla de fungicidas -la combinación de dos o más fungicidas que tienen diferentes modos de acción aplicados como una mezcla única- y utilizarse para retrasar la aparición de la resistencia a cualquier fungicida. Esto resulta en prolongar la vida útil activa de un fungicida.^{xi}

Diversas combinaciones de fungicidas individuales pueden ser mezcladas según las instrucciones de la etiqueta y los requisitos reglamentarios locales. Las mezclas de tanques que forman parte de una estrategia efectiva de manejo de la resistencia combinan fungicidas que tienen diferentes modos de acción (es decir, la forma en que el fungicida mata al hongo).^{xii} Un [sistema de códigos](#) en las etiquetas de productos de plaguicidas desarrollado por el Comité de Acción de Resistencia de Fungicidas (FRAC, por sus siglas en inglés) ayuda a los usuarios de fungicidas a identificar fácilmente qué productos químicos tienen el mismo modo de acción para guiar los esfuerzos para el manejo de la resistencia.

P. ¿Cómo contribuye la industria al manejo de la resistencia a los fungicidas?

La industria está comprometida con el manejo de la resistencia a los fungicidas. El grupo de expertos de CropLife International, el Comité de Acción de Resistencia a los Fungicidas (FRAC), trabaja para prolongar la efectividad de los fungicidas más propensos a encontrar problemas de resistencia y para limitar las pérdidas de cultivos si surge resistencia.

Las actividades del FRAC que contribuyen a la manejo de la resistencia a fungicidas en todo el mundo incluyen: identificar problemas de resistencia existentes y potenciales; recopilar y distribuir información a aquellos involucrados en la investigación, distribución, registro y uso de fungicidas; proporcionar directrices y asesoramiento sobre el uso de fungicidas para reducir el desarrollo de la resistencia; y estimular la relación y colaboración abierta con universidades, agencias gubernamentales, asesores, extensionistas, distribuidores y agricultores.^{xiii}

HERBICIDAS

La maleza es una de las plagas más dañinas a nivel económico que los agricultores necesitan controlar para asegurar la rentabilidad a largo plazo. Los herbicidas y los cultivos biotecnológicos tolerantes a los herbicidas permiten a los agricultores controlar la maleza y preservar el potencial de rendimiento de sus cultivos.

- La resistencia es una respuesta natural y biológica que se acentúa debido al uso excesivo del mismo método de control de malezas en lugar de integrar herramientas químicas, orgánicas y no químicas.
- Los herbicidas son herramientas esenciales utilizadas por los agricultores para controlar la maleza que reduce el rendimiento y la calidad del cultivo. Estos también permiten prácticas de labranza reducidas, ayudando a los agricultores a acumular los nutrientes en sus campos y preservar la capa superior del suelo, protegiendo aún más el medio ambiente.^{xiv}
- El manejo de la resistencia es importante para mantener la efectividad de los herbicidas, que son una parte esencial de la producción eficiente de alimentos.
- La industria está comprometida a ayudar a los agricultores a manejar, y potencialmente evitar, la resistencia a través de la investigación, el alcance de los agricultores y la educación.
- Aproximadamente 250 especies de malezas han evolucionado para resistir 160 herbicidas diferentes en los últimos 60 años.^{xv}
- La industria recomienda un enfoque integrado al manejo de plagas que incluya control químico y cultural de malezas.

Preguntas:

P: ¿Cómo se vuelve resistente la maleza a los herbicidas?

La resistencia a los herbicidas ocurre cuando ciertas malezas cambian o evolucionan genéticamente de una manera que reduce la efectividad de un herbicida u otro método de manejo de plagas. Estas malezas sobreviven y continúan multiplicándose, lo que aumenta la población de maleza resistente a herbicidas, haciendo que el herbicida sea completamente inefectivo con el tiempo.^{xvi}

P: ¿Cuál es el impacto de la resistencia a los herbicidas en la agricultura? ¿Por qué es importante manejar la resistencia?

Los herbicidas son herramientas esenciales utilizadas por los agricultores para controlar la maleza que reduce el rendimiento y la calidad de los cultivos. La maleza que se vuelve resistente a los herbicidas puede amenazar significativamente la productividad, la salud, la calidad, y la rentabilidad de los cultivos. El manejo de la resistencia es importante para mantener la efectividad de los herbicidas, que son una parte esencial de una eficiente y saludable producción de alimentos. Los herbicidas también permiten la reducción de las prácticas de labranza, ayudando a los agricultores a aumentar los nutrientes en sus campos y preservar la capa superficial del suelo, lo que aumenta el rendimiento y protege nuestro medio ambiente.^{xvii}

P. ¿Las malezas resistentes llegarán a “desaparecer” algún día? ¿Qué se puede hacer para controlar la resistencia a los herbicidas?

El desarrollo de resistencia a cualquier método de control de maleza siempre es posible debido a la capacidad natural de las malezas para evolucionar y adaptarse. Sin embargo, la experiencia demuestra que los problemas de resistencia son manejables a través del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Este enfoque combina una amplia gama de prácticas no químicas con tecnologías químicas y biotecnológicas (cultivos TH) para prevenir y manejar la resistencia. Los agricultores suelen utilizar prácticas como la rotación de cultivos, el manejo y cultivo de semillas de malezas, y el uso y rotación de herbicidas con diferentes sitios de acción como parte de sus estrategias de MIP. Las instrucciones de la etiqueta de herbicidas también motivan a los agricultores a explorar los campos en busca de cualquier maleza sobreviviente y controlarla antes de que produzca semillas y a adoptar mejores prácticas en sus fincas para evitar que se produzca resistencia.

P. ¿Existen las "superweeds" ("superhierbas")?

"Superweed" es un término de jerga usado para describir maleza resistente a herbicidas, que tiene características evolucionadas que hacen que sea más difícil de manejar debido al uso repetido de la misma táctica de manejo. Este término a veces se utiliza incorrectamente para inferir que la maleza resistente es creada por la transferencia de rasgos de cultivos biotecnológicos tolerantes a herbicidas a la maleza. La maleza resistente se desarrolla a través de la dependencia excesiva de una sola táctica, en lugar de utilizar enfoques diversos, lo que reduce tales adaptaciones.

P. ¿Hay una mayor incidencia de maleza resistente?

Los agricultores siempre han tratado con el potencial de las malezas para adaptarse a las prácticas agrícolas. Algunas áreas han visto una rápida propagación de maleza resistente, especialmente cuando los agricultores dependen demasiado de un solo MOA y no usan diversas tácticas para el control de malezas. Las áreas con sistemas de cultivo más diversos y programas de control de malezas ven menos problemas de resistencia. Fuentes como la [encuesta internacional de malezas resistentes a herbicidas](#) a herbicidas, asesoradas por el grupo de expertos de CropLife International, el Comité de Acción de Resistencia a Herbicidas (HRAC), pueden proporcionar más información.

P. ¿El uso de glifosato provoca el desarrollo de maleza resistente?

Los herbicidas no causan el cambio genético directamente (es decir, mutación) en la maleza que permite la resistencia. Las malezas resistentes al glifosato se dan debido a la forma en que se utiliza el producto, no debido al herbicida en sí.

P. ¿La resistencia conduce a un aumento en el uso de herbicidas y/o en las tasas de aplicación?

No se recomienda un mayor uso de productos de protección de cultivos como estrategia de manejo de la resistencia. La implementación de mejores prácticas de manejo y programas más diversos de control de malezas es una respuesta más efectiva. Un aumento en la tasa de herbicidas puede ser a veces una respuesta inicial del agricultor que encuentra resistencia, pero esto generalmente es ineficaz.^{xviii} Todas las etiquetas de herbicidas indican las tasas de

aplicación que se utilizarán para lograr la máxima eficacia y garantizar un uso seguro. El uso de dosis sin etiqueta puede, de hecho, estimular el desarrollo de la resistencia. Por lo tanto, no, la resistencia no conduce a más aplicaciones de herbicidas en general, pero puede conducir al uso de herbicidas alternativos para manejar la maleza resistente.

P. ¿Los cultivos biotecnológicos causan resistencia a los herbicidas?

No, la tasa de nuevas especies de maleza resistentes a herbicidas que aparecen ha sido relativamente constante durante los últimos 60 años aproximadamente.^{xix} La resistencia de la maleza a los herbicidas ha existido desde el inicio de la agricultura y afecta a todo tipo de sistemas de producción. Ya sea a través de la agricultura biotecnológica o convencional, la resistencia se produce y debe ser manejada a través de buenas prácticas de MIP.

P. ¿Los cultivos biotecnológicos han llevado a un aumento en el uso general de plaguicidas?

No, de hecho, con los cultivos biotecnológicos, los agricultores han reducido sus aplicaciones de plaguicidas en un 37 por ciento en los últimos 20 años. Esa es una reducción de 500 millones de kilogramos en la aplicación de plaguicidas.^{xx}

P. ¿Los agricultores están en una "chemical treadmill" ("banda sin fin química")?

"Chemical treadmill" es un término que implica que los agricultores utilizan un producto químico hasta que ya no es efectivo en una plaga meta, en lugar de utilizar otro producto químico hasta que no es efectivo, y así sucesivamente. Esta práctica no es ni recomendada ni responsable. La industria recomienda un enfoque integrado del manejo de plagas que incluya control químico y cultural de malezas.

La investigación también muestra que los agricultores utilizan menos productos químicos en la actualidad. Desde 1996, los agricultores que plantan cultivos biotecnológicos han reducido las aplicaciones de plaguicidas en sus campos en un 8,8 por ciento, o poco más de 500 millones de kg.^{xxi}

P. ¿Las nuevas tecnologías resolverán el problema de la resistencia?

La resistencia no puede ser resuelta, pero puede ser manejada. Las nuevas tecnologías (por ejemplo, 2, 4-D, Dicamba e inhibidores de HPPD en maíz, soja y algodón) les da a los agricultores más herramientas para controlar la maleza. Un aumento en el número de herramientas disponibles también ayuda a diversificar la estrategia de control de maleza del agricultor, lo que contribuye a un programa efectivo de manejo de resistencia.

Si bien estas nuevas tecnologías de cultivos resistentes a los herbicidas ofrecen más opciones a los agricultores para tratar la maleza resistente, dependen de los ingredientes activos de los herbicidas existentes con casos conocidos de resistencia a la maleza.^{xxii} Esto recalca la importancia de un programa integrado de manejo de plagas para sostener la eficacia a largo plazo de estos productos.

INSECTICIDAS

Las plagas de insectos pueden reducir significativamente los rendimientos y la calidad de los cultivos. Los insecticidas y los cultivos biotecnológicos resistentes a los insectos, que son mejorados específicamente para hacer que un cultivo sea resistente a una plaga o plagas específicas, pueden ser utilizados en gran medida por agricultores de todo el mundo para proteger sus cultivos de daños.

- Todos los agricultores deben enfrentar el simple hecho de que cada método de control de insectos tiene una vida útil limitada porque las plagas evolucionan y se vuelven resistentes.
- Los insecticidas son valiosas herramientas utilizadas por los agricultores que pueden contribuir a una productividad eficiente de alimentos porque controlan los insectos que reducen el rendimiento y la calidad de los cultivos.
- El manejo de la resistencia a los insecticidas le ahorra tiempo y esfuerzo a los agricultores, ya que existe una menor necesidad de repetir las aplicaciones de insecticidas en el campo. Mejora la seguridad de los productos al reducir los riesgos de residuos, y protege la salud de los agricultores y el medio ambiente.
- Los programas eficaces de manejo integrado de plagas incluyen el uso de insecticidas sintéticos, insecticidas biológicos, artrópodos beneficiosos, prácticas culturales, rotación de cultivos y variedades de cultivos resistentes a plagas.^{xxiii}
- Los insecticidas siguen siendo una de las herramientas más eficientes para mantener las poblaciones de plagas bajo control.^{xxiv}
- Prevenir la resistencia es mucho más económico y más fácil que manejar y detener la resistencia cuando surge. El manejo del desarrollo de la resistencia es vital para un suministro de alimentos abundante y asequible.

Preguntas:

P. ¿Es posible prevenir o retrasar la resistencia a los insecticidas?

Sí, un enfoque integrado puede prevenir o retrasar la resistencia si se dispone y se utiliza una gama de herramientas. Los programas efectivos de manejo integrado de plagas incluyen el uso de insecticidas sintéticos, insecticidas biológicos, artrópodos beneficiosos, prácticas culturales, rotación de cultivos y variedades de cultivos resistentes a plagas.^{xxv}

Cuanto más frecuentemente los agricultores utilicen insecticidas con el mismo modo de acción (es decir, la forma en que controla el insecto), más probable es que se produzca resistencia debido a la biología básica de los insectos. Una vez que los insectos resistentes han sido detectados, frenar la propagación de la resistencia es difícil. La mejor práctica es reducir la posibilidad de que la resistencia se desarrolle en primer lugar a través de un enfoque integrado de manejo de plagas.^{xxvi}

P. ¿Puede desarrollarse resistencia a los productos de control biológico?

Todos los agricultores se enfrentan al simple hecho de que cada método de control de insectos tiene una vida útil limitada porque las plagas evolucionan y se vuelven resistentes. Por ejemplo,

se ha desarrollado resistencia a aerosoles Bt "naturales" y baculovirus (Virus de Granulosis de la Polilla de la manzana).

P. ¿Por qué pareciera que algunos insectos desarrollan resistencia más rápido que otros?

La velocidad a la que una especie desarrolla resistencia a un insecticida depende de muchos factores. Las investigaciones muestran que el potencial de desarrollar y propagar la resistencia incrementa bajo las siguientes condiciones: el insecticida se usa en áreas cerradas como invernaderos, donde hay poca o ninguna inmigración de insectos susceptibles; los insectos tienen varias generaciones por año y muchos descendientes por generación; los insectos son altamente susceptibles al insecticida, resultando en que sólo los insectos resistentes sobreviven al tratamiento y se reproducen, pasando rápidamente la resistencia a sus descendientes; y la población de insectos tiene una alta frecuencia inicial de los genes que confieren resistencia.^{xxvii}

P. ¿Cuáles son los beneficios del manejo de la resistencia a insecticidas (MRI)?

El MRI es importante porque necesitamos mantener la efectividad de los insecticidas. Estas son herramientas valiosas utilizadas por los agricultores para controlar los insectos que reducen el rendimiento y la calidad de los cultivos, contribuyendo a la producción eficiente de alimentos. La resistencia a los insecticidas amenaza la productividad y la rentabilidad de los cultivos. Se estima que la resistencia a los insecticidas en los Estados Unidos equivale a \$40 millones en costos adicionales de tratamiento y controles alternos,^{xxviii} y lleva a alimentos más caros para los consumidores.

El MRI también ahorra tiempo y esfuerzo a los agricultores, ya que hay una necesidad reducida de repetir aplicaciones en el campo. Mejora la seguridad de los productos al reducir los riesgos de residuos, y también protege la salud de los agricultores y el medio ambiente.

P. ¿Las empresas de agroquímicos y de semillas no pueden desarrollar nuevos insecticidas para reemplazar los productos a los que los insectos desarrollan resistencia?

No es tan simple. El desarrollo de nuevos insecticidas es cada vez más difícil y costoso. Los costos de descubrimiento y registro para un producto nuevo oscilan entre \$200-350 millones y los cronogramas de desarrollo que van desde ocho a 15 años, por lo que es importante mantener los productos actuales disponibles para los agricultores.^{xxix}

Además, los agricultores con problemas de resistencia no tienen tiempo para esperar nuevos productos de protección de cultivos. Es importante que los agricultores ayuden a conservar la efectividad de los insecticidas mediante la adopción de prácticas de manejo de la resistencia a insecticidas.^{xxx}

P. ¿Cómo pueden los agricultores entender el modo de acción de los diferentes insecticidas?

Para lograr un manejo eficaz de la resistencia, es fundamental que los agricultores comprendan el modo de acción de un insecticida: la forma en que el insecticida controla el insecto. Alternar insecticidas de diferentes grupos de MOA da a los agricultores y profesionales de control de plagas opciones de MRI sostenibles y efectivos.

Hay más de 200 diferentes insecticidas que conforman los ingredientes activos en unos 40.000 productos químicos comerciales actualmente.^{xxxii} Para facilitar el reconocimiento de los diferentes [modos de acción](#), el grupo de expertos de CropLife International, el Comité de Acción de Resistencia a Insecticidas (IRAC), ha creado un esquema de clasificación que distingue los modos de acción por número de grupo.^{xxxiii} Actualmente, hay 27 grupos de MOA diferentes. Es importante motivar a todos los fabricantes a incluir la clasificación del MOA en las etiquetas de los productos.

P. ¿Le cuesta más al agricultor mantener una estrategia de manejo de la resistencia?

Prevenir la resistencia es mucho más económico y más fácil que manejar y detener la resistencia cuando surge. Con el tiempo, el MRI les ahorrará dinero a los agricultores. Las estimaciones muestran que la resistencia a los insecticidas en los Estados Unidos cuesta \$40 millones en costos adicionales de tratamientos y controles alternativos. Los insecticidas siguen siendo una de las herramientas más eficientes para controlar las poblaciones de plagas.^{xxxiii} El manejo del desarrollo de la resistencia es vital para un suministro de alimentos abundante y asequible.

P. ¿Por qué un agricultor debe plantar un refugio? ¿Esto no permite que más plagas sobrevivan?

Los refugios juegan un papel importante en los programas de MRI para los agricultores que plantan cultivos biotecnológicos resistentes a los insectos. Un refugio implica plantar una determinada proporción de un cultivo sin el rasgo biotecnológico para evitar que futuras generaciones de plagas desarrollen inmunidad, ya que una pequeña población controlada de insectos sin resistencia siempre está presente. Los agricultores deben considerar varios factores, incluyendo las características agronómicas del cultivo y la compatibilidad con las estrategias de MIP al elegir el refugio que mejor se adapte a sus cultivos.^{xxxiv}

RODENTICIDAS

Los rodenticidas son productos sumamente valiosos en la prevención de enfermedades humanas y animales y en la protección de la propiedad, la agricultura y el ambiente.^{xxxv} Cincuenta años de investigación demuestran que el uso de rodenticidas anticoagulantes, que previenen la coagulación de la sangre, es el método más eficaz para controlar las poblaciones de roedores comensales.^{xxxvi}

- Los roedores pueden atacar los cultivos en el campo, pero también después de la cosecha. Las pérdidas debidas a los roedores pueden tener efectos devastadores en los países en desarrollo y tropicales, donde los recursos limitados y las condiciones climáticas pueden favorecer su crecimiento exponencialmente.
- El control de los roedores también se requiere y se hace cumplir por las regulaciones locales para proteger la salud humana y el ganado, ya que los roedores pueden distribuir patógenos peligrosos que causan enfermedades como la enteritis, listeriótica, salmonelosis, leptospirosis y fiebre aftosa.
- Es importante lograr la erradicación completa de roedores en sitios de resistencia. Esto se hace mejor usando una estrategia integrada que emplee una combinación de intervenciones efectivas, incluyendo el uso de rodenticidas no anticoagulantes, cuando estén disponibles, así como anticoagulantes efectivos.^{xxxvii}
- El manejo de plagas de roedores siempre debe incluir un enfoque integrado que incluya: un estudio de la infestación; uso de técnicas de control físico; el uso de técnicas de control químico; manejo ambiental; mantener registros; y monitoreo.^{xxxviii}
- CropLife International lleva a cabo estudios para combatir la resistencia a los anticoagulantes en diferentes áreas y desarrolla materiales, como una lista de control de cuándo usar rodenticidas, lo cual ayuda a los usuarios que enfrentan problemas.

Preguntas:

P: ¿Cuál es el impacto de los roedores en la agricultura?

Los roedores pueden atacar los cultivos en el campo, pero también después de la cosecha. Las pérdidas debidas a los roedores pueden tener efectos devastadores en los países en desarrollo y tropicales, donde los recursos limitados y las condiciones climáticas pueden favorecer su crecimiento exponencialmente.

Ejemplos de las pérdidas significativas debido a roedores incluyen:

- Pérdida de 25-30 por ciento en granos después de la cosecha en la India;^{xxxix}
- Pérdida de 5-10 por ciento debido a roedores en el campo en Malasia, las Filipinas, Tailandia y Vietnam^{xl}
- Pérdida del 7 por ciento del ingreso anual de cultivos de California.^{xli}

P: ¿Cómo funcionan los rodenticidas?

Todos los rodenticidas anticoagulantes tienen el mismo modo de acción - interfieren con la síntesis de los factores de coagulación, lo que resulta en hemorragia interna y la muerte.

P: ¿Cómo se puede identificar la resistencia de manera rápida y eficiente?

La probabilidad de resistencia al anticoagulante es alta si los individuos dentro de una población de roedores continúan alimentándose con cebo anticoagulante durante muchas semanas sin ser controlados, y se eliminan las causas alternativas (por ejemplo, cebo insuficiente).

Para confirmar la resistencia, se lleva a cabo la secuenciación del ADN en muestras de tejido recolectadas de la infestación resistente. Esto permite a los especialistas en resistencia entender la naturaleza de la resistencia presente y desarrollar y promover estrategias efectivas para eliminar las infestaciones resistentes.^{xliii}

P. ¿Qué tan rápido se puede propagar la resistencia a través de una población de ratas? ¿Cuál es el riesgo de roedores resistentes en cuanto a la población total de estas plagas?

Algunos roedores tienen una mutación genética natural que los protege de los rodenticidas. Sin un control efectivo, una población mixta de roedores susceptibles y genéticamente resistentes y tratados con rodenticida se convertirá en una población resistente a lo largo del tiempo conforme el gen de resistencia se transmite a las crías.^{xliiii}

Es importante que la erradicación completa de los roedores se logra en los sitios de resistencia. Esto se hace mejor usando una estrategia integrada que emplee una combinación de intervenciones efectivas, incluyendo el uso de rodenticidas no anticoagulantes, cuando estén disponibles, así como anticoagulantes efectivos.^{xliiv}

P. ¿Cómo se relaciona la resistencia con ciertas condiciones ambientales previas, tal como la alimentación y las estructuras ambientales?

La resistencia es más probable que ocurra en ciertas condiciones ambientales, como la presencia de alimentos para el ganado con alto contenido de vitamina K e infraestructura industrial. Esto se debe a que algunas cepas resistentes de ratas muestran un aumento en la necesidad de vitamina K nutricional, en comparación con las ratas susceptibles, para mantener su capacidad de coagulación de sangre, independientemente de la ingestión de un rodenticida anticoagulante. Este fenómeno se llama "costos de la aptitud fisiológica".

Algunos ambientes, incluyendo las granjas, pueden tener fuentes de alimentos o artículos que podrían proporcionar albergue a los roedores. Se motiva a los agricultores a emplear las mejores prácticas, tales como la contención de alimentos y la eliminación de objetos que podrían actuar como albergue, para disminuir las posibilidades de desarrollar una infestación de roedores. A su vez, esto reduce la necesidad de usar anticoagulantes para eliminar roedores, reduciendo así la probabilidad de que se desarrolle la resistencia.^{xliv}

P. ¿Cómo se puede prevenir el desarrollo de la resistencia?

La resistencia a los anticoagulantes se puede prevenir analizando primero el estado de la infestación de roedores y luego, determinando el mejor método de control - químico o físico - para su manejo. Algunas de las opciones involucradas en una estrategia de manejo integrado de plagas (MIP) incluyen: el uso de técnicas de control físico tales como trampas; interrumpiendo el acceso de los roedores a alimentos, agua o albergue modificando estructuras ambientales y el almacenaje de alimentos; y el uso de rodenticidas anticoagulantes y no anticoagulantes según las instrucciones de la etiqueta. Se insta a los agricultores y a los

administradores de control de plagas a mantener registros de las infestaciones y monitorear regularmente para prevenir y manejar la resistencia. Además, los expertos de la industria realizan estudios para combatir la resistencia a los anticoagulantes en diferentes áreas geográficas y han desarrollado varios recursos, como una lista control sobre cuándo usar rodenticidas, lo que ayuda a los agricultores a evitar que se produzca resistencia en sus fincas.
xlvi

Además, el grupo de expertos de CropLife International, el Comité de Acción de Resistencia a los Rodenticidas (RRAC), realiza estudios para combatir la resistencia a los anticoagulantes en diferentes áreas geográficas y desarrolla materiales, como una lista control sobre cuándo usar rodenticidas que ayuda a los usuarios que presentan problemas.

P. ¿Qué medidas se requieren para minimizar los riesgos para el ambiente cuando se usan los rodenticidas anticoagulantes más potentes?

Independientemente de la potencia, cada etiqueta de rodenticida identifica exactamente cómo el fabricante del rodenticida y las autoridades de registro esperan que se use el rodenticida para lograr la máxima eficacia y asegurar un uso seguro.^{xlvii}

GLOSARIO

AGENTES DE CONTROL BIOLÓGICO:

Los agentes de control biológico, también conocidos como enemigos naturales de las plagas de insectos, incluyen: depredadores, parasitoides y patógenos. El control biológico de la maleza incluye insectos y patógenos. Los agentes de control biológico de las enfermedades de las plantas a menudo son referidos como antagonistas.

ROEDORES COMENSALES:

La rata noruega, la rata del techo y el ratón doméstico son considerados roedores comensales debido a su íntima relación con los seres humanos.

MÉTODOS/PRÁCTICAS CULTURALES/AGRONÓMICAS:

Los métodos culturales (también conocidos como "métodos agronómicos") son prácticas utilizadas para mejorar la salud de los cultivos y prevenir problemas de malezas, plagas o enfermedades sin el uso de controles biológicos o químicos (por ejemplo, rotación de cultivos, labranza, tiempo y densidad de la plantación, irrigación, programas de mejoramiento genético en plantas y selección de variedades de semillas).

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS (MIP):

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) significa la consideración cuidadosa de todas las técnicas de control de plagas disponibles y la posterior integración de medidas apropiadas que eviten el desarrollo de poblaciones de plagas y mantengan los plaguicidas y otras intervenciones a niveles económicamente justificados y reduzcan o minimicen los riesgos para la salud humana y el ambiente. MIP enfatiza en el crecimiento de un cultivo sano con la menor perturbación posible a los agroecosistemas y fomenta mecanismos naturales de control de plagas.^{xlviii}

MODO DE ACCIÓN:

Modo de acción es la forma en que el ingrediente activo trabaja para eliminar el organismo de la plaga meta.

PARÁSITO:

Plaga es un término general que abarca artrópodos, nemátodos, patógenos de plantas, malezas y roedores.

REFUGIO:

Los agricultores que plantan cultivos biotecnológicos tolerantes a los insectos suelen plantar una zona de refugio -un bloque o una franja de cultivo sin el rasgo biotecnológico. El refugio evita que las futuras generaciones de plagas desarrollen inmunidad asegurando que una pequeña proporción de insectos sin resistencia estén siempre presentes. Si sobrevive un insecto resistente, éste o sus crías eventualmente se aparean con un insecto no resistente, retrasando así la aparición de la resistencia.

SITIO DE ACCIÓN:

El sitio de acción se refiere a la ubicación biológica (es decir, la proteína meta) en la planta donde el ingrediente activo interfiere para interrumpir un proceso fisiológico esencial.

RASGOS APILADOS:

Los rasgos apilados se refieren a semillas y cultivos biotecnológicos que se han producido con genes que se defienden contra más de una plaga, como una planta que es resistente tanto a los insectos como a la maleza. Las semillas y cultivos con rasgos apilados se desarrollan a través de la cría convencional o mediante un proceso molecular.^{xlix}

VARIEDAD DE SELECCIÓN/OPCIÓN:

Variedad de cultivos beneficiosos, como los que tienen resistencia a enfermedades y plagas, se derivan de cruces tradicionales o biotecnología moderna. Ejemplos como la resistencia a plagas y variedades tolerantes a herbicidas pueden reducir la necesidad de otras medidas de protección de cultivos.

NOTAS – BIBLIOGRAFIA

- ⁱ https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/CL_Biotech101_A4_Book_WEB_Single.compressed-min.pdf
- ⁱⁱ <http://www.frac.info/resistance-overview>
- ⁱⁱⁱ <http://www.frac.info/>
- ^{iv} <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/Fungicides.aspx>
- ^v <http://www.frac.info/resistance-overview>
- ^{vi} <http://extension.psu.edu/pests/plant-diseases/all-fact-sheets/fungicide-resistance>
- ^{vii} <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-1.pdf?sfvrsn=8>
- ^{viii} <http://www.frac.info/>
- ^{ix} <http://www.imperial.ac.uk/>
- ^x <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/monographs/monograph-1.pdf?sfvrsn=8>
- ^{xi} <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures---january-2010.pdf?sfvrsn=4>
- ^{xii} <http://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures/frac-recommendations-for-fungicide-mixtures---january-2010.pdf?sfvrsn=4>
- ^{xiii} <http://www.frac.info/about-frac?v=43463>
- ^{xiv} https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/FactSheet_1Page_NoTill_Final_LoRes.pdf
- ^{xv} weeds-science.org
- ^{xvi} <http://www.extension.umn.edu/agriculture/crops/weed-management/herbicide-resistant-weeds/>
- ^{xvii} https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/FactSheet_1Page_NoTill_Final_LoRes.pdf
- ^{xviii} Dow rep on HRAC
- ^{xix} <http://www.extension.umn.edu/agriculture/crops/weed-management/herbicide-resistant-weeds/>
- ^{xx} <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/51/executivesummary/>
- ^{xxi} <https://isaaa.org/resources/publications/pocketk/5/default.asp>
- ^{xxii} <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/weed-mgmt-and-glyphosate-resis/>
- ^{xxiii} <http://www.sripmc.org/IRACMOA/IRMFactSheet.pdf>
- ^{xxiv} <http://www.irac-online.org/content/uploads/Resistance-The-Facts.pdf>
- ^{xxv} <http://www.sripmc.org/IRACMOA/IRMFactSheet.pdf>
- ^{xxvi} <http://pesticidestewardship.org/resistance/Insecticide/Pages/Take-Steps-to-Avoid-PInsecticide-Resistance.aspx>
- ^{xxvii} <http://pesticidestewardship.org/resistance/Insecticide/Pages/Raised-Resistance-Risks.aspx>
- ^{xxviii} <http://www.irac-online.org/content/uploads/Resistance-The-Facts.pdf>
- ^{xxix} Understanding Insecticide Mode of Action in Crop Protection Strategies. PowerPoint presentation given by Dr. Caydee Savinelli, IRAC. North Carolina Crop Protection School. 2015.
- ^{xxx} <http://www.sripmc.org/IRACMOA/IRMFactSheet.pdf>
- ^{xxxi} https://croplife.org/wp-content/uploads/pdf_files/IRAC-Resistant-Management-for-Sustainable-Agriculture-and-Improved-Public-Health.pdf
- ^{xxxii} <http://pesticidestewardship.org/resistance/Insecticide/Pages/Spraying-by-the-Numbers.aspx>
- ^{xxxiii} <http://www.irac-online.org/content/uploads/Resistance-The-Facts.pdf>
- ^{xxxiv}
- http://c.ymcdn.com/sites/www.excellencethroughstewardship.org/resource/resmgr/Files/Guides/Resistance_Management_Guide_.pdf
- ^{xxxv} <http://www.rrac.info/about-rrac/objective/>
- ^{xxxvi} http://www.rrac.info/content/uploads/ANTICOAGULANT-RESISTANCE-MANAGEMENT_2013.pdf
- ^{xxxvii} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xxxviii} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xxxix} http://books.irri.org/971220183X_content.pdf
- ^{xl} <http://www.victorpest.com/economic-effects-of-rodent-infestation>
- ^{xli} <http://www.victorpest.com/economic-effects-of-rodent-infestation>
- ^{xlii} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xliii} <https://www.hud.ac.uk/news/allstories/scienceversusthesuperrats.php>
- ^{xliv} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xlv} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf

-
- ^{xlvi} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xlvii} http://croplife.org/wp-content/uploads/2015/10/Rodenticide-Resistance-Strategy_Sept2015v3.pdf
- ^{xlviii} <http://www.fao.org/agriculture/crops/core-themes/theme/pests/ipm/en/>
- ^{xlix} <https://isaaa.org/resources/publications/pocketk/42/default.asp>