Una pequeña dosis de plaguicidas
O
Una introducción a los efectos de los plaguicidas en la salud

Dosier

Insecticidas

Nombre: Insecticidas
Uso: matar insectos
Fuentes: químico sintético, plantas
Dosis diaria recomendada: ninguna (no esencial)
Absorción: intestino, sistema respiratorio (pulmones), piel
Personas sensibles: fetos, niños, y ancianos
Toxicidad/síntomas: sistema nervioso, diferentes efectos a la salud dependiendo del químico
Datos regulatorios: RfDs existen para muchos insecticidas. Regulado por la EPA.
Datos generales: Miles de millones de libras utilizadas cada año en la agricultura, campos de golf, alrededor de las casas, y por inmuebles comerciales.
Ambiental: Los insecticidas se utilizan en todo el mundo; Algunos son muy persistentes en el medio ambiente
Recomendaciones: Minimizar el uso, evitar la exposición de los niños y considerar alternativas incluyendo las prácticas de Manejo Integrado de Plagas.

Herbicidas

Nombre: Herbicidas
Uso: matar o dañar plantas
Fuentes: químicos sintéticos, manufacturados por la industria.
Dosis diaria recomendada: ninguna (no esencial)
Absorción: intestino, sistema respiratorio (pulmones), piel
Personas sensibles: fetos, niños, y ancianos
Toxicidad/síntomas: varios
Datos regulatorios: RfDs existen para algunos herbicidas. Regulado por la EPA.
Datos generales: Larga historia de uso; a menudo utilizados en combinación con plantas modificadas genéticamente
Ambiental: Uso mundial y contaminación generalizada
Recomendaciones: Minimizar el uso, evitar la exposición de los niños y considerar alternativas incluyendo las prácticas de Manejo Integrado de Plagas.

Estudio de casos

Gatos, perros y pulgas

Las pulgas son plagas chupadoras de sangres muy pequeñas y molestas, capaces de propagar enfermedades humanas graves. Nos ponemos en contacto con las pulgas, principalmente a través de nuestros gatos y perros. Las pulgas tienen un ciclo de vida complejo y se reproducen rápidamente, por lo que el control de las pulgas es un problema difícil en cualquier hogar con mascotas, sobre todo si las mascotas pasan tiempo fuera. Un insecticida común usado para matar pulgas en los gatos es el imidacloprid. Este insecticida también se usa para controlar insectos succionadores tales como áfidos, moscas blancas, termitas y una variedad de otros insectos del suelo y algunos escarabajos. También es muy tóxico para las abejas melíferas. El imidacloprid es tóxico para el sistema nervioso, causando una sobreestimulación de los receptores nicotínicos de acetilcolina, dando como resultado la parálisis del insecto y la muerte. Cuando se usa para controlar las pulgas, se aplica típicamente a la parte posterior del cuello del animal. El imidacloprid se absorbe a través de la piel y circula en la sangre. Las pulgas se exponen al morder y consumir la sangre contaminada con el insecticida. La pulga promedio pesa entre 0,5 mg y 1 mg, aunque pueden duplicar su peso corporal al alimentarse. Sólo se necesita una cantidad muy pequeña del plaguicida en la sangre del gato o el perro para matar la pulga. La pulga, debido a su tamaño muy pequeño, recibe una gran cantidad en relación con su peso corporal. La mascota parece no verse afectada por la exposición a este plaguicida principalmente porque recibe una cantidad muy pequeña del producto químico en relación con su mayor peso corporal. Sin embargo, si está más expuesto, el efecto para un animal pequeño como un gato podría incluir debilidad muscular, fatiga y espasmos.

Efectos en los trabajadores agrícolas por los plaguicidas

El uso total de plaguicidas en los Estados Unidos es de alrededor de 6 billones de libras al año, de los que 1.2 billones de libras se utilizan en la agricultura. El uso mundial de plaguicidas es un adicional de 5.000 millones de libras de ingrediente activo cada año. El plaguicida químico activo es a menudo menos del 1% del material aplicado, por lo que estas estimaciones no incluyen otros productos químicos utilizados para disolver o aplicar el producto químico activo del plaguicida. Estos químicos adicionales, a veces llamados ingredientes inertes, pueden tener sus propios peligros. Determinar la cantidad exacta de plaguicidas utilizados por la agroindustria es difícil porque no existe un requerimiento nacional para que los usuarios informen la cantidad de plaguicida aplicado. La agricultura comercial utiliza aproximadamente el 60% de los plaguicidas y el resto es utilizado por los propietarios de viviendas, los administradores de inmuebles comerciales, el gobierno y la industria en césped, jardines, campos de golf y edificios.

El uso de plaguicidas a gran escala en la agricultura requiere de capacitación y conocimientos especiales para asegurar que la exposición de los trabajadores agrícolas y recolectores sea minimizada. Por ejemplo, el carbofuran (n-metil carbamato) es un insecticida de amplio espectro utilizado en arroz, alfalfa, uvas de mesa y vino, algodón, patatas y soja. El insecticida carbofuran inhibe la colinesterasa, causando un aumento en el neurotransmisor acetilcolina. Los niveles elevados de acetilcolina causan temblores, parálisis y muerte del insecto, y pueden tener efectos similares en especies de vida silvestre como las aves y en los humanos. Los trabajadores agrícolas entran en contacto con los plaguicidas durante la aplicación o cuando entran en los campos demasiado pronto después de ser aplicados. Debido a su toxicidad para los seres humanos y los mamíferos, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) gestionó la prohibición de todos los usos del carbofuran en el 2008.

Aquí hay un ejemplo de algunos de los problemas con el carbofuran. El carbofuran se usa en algodón; sin embargo, hay un período de espera de 48 horas requerido por la EPA después de la aplicación antes de que los trabajadores agrícolas puedan entrar en el campo. Esto es para permitir que el plaguicida se disipe y se degrade, reduciendo la exposición del trabajador al ingrediente activo. En 1998, hubo una aplicación aérea de carbofuran en un campo de algodón de California. A las pocas horas de la fumigación, 34 trabajadores entraron en el campo de algodón para eliminar las malezas del algodón. Varias horas más tarde, los trabajadores reportaron síntomas como náuseas, dolor de cabeza, irritación ocular, debilidad muscular, salivación y disminución de la frecuencia cardíaca. Estos síntomas son consistentes con la intoxicación con un inhibidor de la colinesterasa, como el carbofuran. La mayoría de los trabajadores fueron descontaminados y hospitalizados. Lamentablemente, varios trabajadores se fueron a su casa sin ser descontaminados, exponiendo potencialmente a sus familias al plaguicida que todavía llevaban en la ropa de trabajo y en los zapatos. Los bebés o niños pequeños son más susceptibles a los plaguicidas que los adultos y son muy vulnerables a este tipo de exposiciones en el hogar. Para obtener más información sobre este incidente, consulte el informe de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de los Estados Unidos (MMWR, 1999).

Introducción e Historia

> “Clordano: el insecticida líder en céspedes y jardines de América. Utilizado extensivamente por los operadores de control de plagas para el control de termitas, debido a su eficacia a largo plazo".
> Velsicol Chemical Corporation - Publicidad – 1959
>
> La EPA lista al clordano como un producto químico tóxico bioacumulativo persistente. En 1978, la EPA canceló el uso de clordano en los cultivos de alimentos y en 1988 todos los usos fueron prohibidos.

La función de un plaguicida es generalmente destruir alguna forma de vida. Muchas plantas y animales han evolucionado para desarrollar su propia y sofisticada resistencia natural a las plagas como protección contra otras plantas, insectos o animales empeñados en hacerles daño. Por ejemplo, tanto la cafeína como la nicotina son productos químicos producidos naturalmente por las plantas para desalentar las plagas. Los seres humanos han aprendido a usar estos plaguicidas naturales, como la nicotina, para proteger sus cultivos. En el siglo XX, nuevos descubrimientos en la síntesis química llevan a una notable variedad de plaguicidas sintéticos mortales diseñados para matar bacterias, hongos, plantas, animales e incluso otros seres humanos. El desarrollo y uso de plaguicidas es un tema grande y complejo que incluye química, biología, destino ambiental y regulaciones gubernamentales. Este capítulo proporcionará una breve descripción de este complicado grupo de compuestos.

Las dos clases más grandes de plaguicidas sintéticos son los insecticidas, que están diseñados para matar insectos, y los herbicidas, que están diseñados para matar plantas. Otros grupos importantes de compuestos plaguicidas incluyen fungicidas, rodenticidas y antimicrobianos. Una palabra acerca de los antimicrobianos, a pesar de que muchos medicamentos y productos antimicrobianos actúan al matar organismos como gusanos parásitos, bacterias o virus, los productos farmacéuticos no se definen como plaguicidas y se regulan a través de mecanismos diferentes. Por ejemplo, los antibióticos son plaguicidas dirigidos a las bacterias. Son generalmente seguros para que los seres humanos y los animales los consuman en las dosis prescritas por los médicos o los veterinarios. Pero al igual que con muchos plaguicidas, los antibióticos pueden causar problemas. Por lo general, no son específicos para un solo tipo de bacterias y por lo tanto pueden matar bacterias útiles. Aún más grave, las bacterias se adaptan al antibiótico y se vuelven resistentes a sus efectos. En este capítulo nos centraremos en los plaguicidas más tradicionales.

Uno de los primeros plaguicidas fue el azufre, que fue utilizado inicialmente por los chinos en el año 1000 a.C para controlar las bacterias y el moho (hongos). El azufre sigue siendo ampliamente utilizado hoy en día. Por ejemplo, en la industria del vino se utiliza azufre para controlar el crecimiento bacteriano no deseado en los barriles de vino vacíos y se añade comúnmente al vino para matar las levaduras indeseadas. Los chinos también fueron pioneros en el uso de compuestos que contienen arsénico para controlar los insectos. El arsénico tiene una larga historia de uso como insecticida y herbicida, y luego como medicina (véase el capítulo sobre el arsénico). El trióxido de arsénico se usó como herbicida a finales de 1800 y el arseniato de plomo se usó como un insecticida particularmente en huertos antes del desarrollo de plaguicidas sintéticos después de la Segunda Guerra Mundial. Algunas de las primeras preocupaciones sobre la seguridad de los plaguicidas se plantearon sobre los residuos de arseniato de plomo en las frutas y en los huertos. Hasta el día de hoy, algunos suelos de huertos permanecen contaminados con plomo y arsénico. El arsénico en forma de arseniato de cobre cromado se utiliza actualmente para evitar que la madera que está en contacto con el suelo se pudra.

Las plantas han proporcionado varios otros plaguicidas "naturales" importantes. A finales de la década de 1600 la nicotina, un extracto de las hojas de tabaco se reconoció como un insecticida potente y continúa siendo utilizado como plaguicida de forma limitada. Otro grupo de insecticidas "naturales" son las piretrinas, que se producen y refinan de la flor de crisantemo. El árbol de estricnina, *Nux vomica*, contiene estricnina, que se utiliza para matar a los roedores. La rotenona, otro importante insecticida y tóxico para los peces fue extraído de la raíz de *Derris eliptica*, una planta trepadora del sudeste asiático. Los extractos de plantas son formas útiles para controlar las plagas, pero a menudo son difíciles de purificar y producir en grandes cantidades. En consecuencia, no fue hasta que se logró avances en química sintética y una mejor comprensión de la biología de las plagas, que se produjo un aumento significativo en el uso de plaguicidas.

> ¡Listo Para Entrega Inmediata! D.D.T., La Maravilla Química en My-T-Kil Spray—49¢ quart – Bloomingdale's Housewares, 6th Floor
>
> El ingrediente principal de My-T-Kil spray es el químico milagroso llamado D.D.T. el cual es una noticia de primera plana. El ejército ya ha demostrado su éxito para matar mosquitos, chinches, cucarachas, etc., y viendo que permanecen muertos! Ahora usted puede utilizar este aspersor de maravilla que contiene D.D.T. Para combatir bichos e insectos. Advertencia: siga las instrucciones cuidadosamente.
>
> De un anuncio de 1945 en el New York Herald Tribune.

La química sintética avanzó rápidamente en los años treinta y, a principios de los años 40, se había desarrollado una serie de nuevos plaguicidas, entre ellos los organoclorados como el DDT. En 1937 los primeros compuestos organofosforados fueron sintetizados por un grupo de químicos alemanes. Estos compuestos muy potentes se mantuvieron en secreto durante la Segunda Guerra Mundial y se desarrollaron originalmente como posibles agentes para la guerra química. Después de la guerra, esta clase de compuestos fue re-propuesto después de una investigación adicional y se desarrollaron los insecticidas que conocemos actualmente.

Junto con el desarrollo de insecticidas se hizo un esfuerzo para desarrollar nuevos herbicidas para así aumentar la producción de alimentos y también para utilizarlos como posibles agentes de guerra. En 1946, se comercializaron los primeros herbicidas a base de cloro para matar plantas de hojas anchas. Esta clase de compuestos incluye las auxinas sintéticas 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenoxiacético) y 2,4,5-T (2,4,5-triclorofenoxiacético) que alteran el crecimiento de la planta. Estos herbicidas han sido ampliamente utilizados en la agricultura, para despejar los caminos y los derechos de paso. Estos herbicidas, especialmente el 2,4,5-T, se utilizaron ampliamente durante la guerra para limpiar los escondites enemigos, como las selvas de Vietnam. Durante el proceso de fabricación, el 2,4,5-T se contaminó frecuentemente con TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina),

una dioxina persistente y muy tóxica. Las dioxinas, al igual que otros compuestos clorados como el DDT, se bioacumulan en la grasa y persisten durante mucho tiempo. Las dioxinas se clasifican como carcinógenas y se sabe que también afectan los sistemas reproductivo e inmunológico. La contaminación por dioxinas condujo en última instancia a la cancelación del 2,4,5-T por la EPA., pero el 2,4-D sigue siendo uno de los herbicidas más utilizados.

Hemos aprendido a través de la amarga experiencia que necesitamos regular la fabricación y el uso de plaguicidas. En los Estados Unidos, la reglamentación se centró inicialmente en proteger al consumidor de los residuos de plaguicidas en los alimentos, pero también es evidente que era necesario proteger a los trabajadores que aplican o laboran cerca los plaguicidas. El Congreso aprobó la primera ley federal específicamente relacionada con los plaguicidas en 1947. Esta ley, la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA), fue el primer intento de exigir que los plaguicidas fueran seguros y efectivos. Desafortunadamente, esta ley no proporciona una protección suficiente para los consumidores o los trabajadores. *La Primavera Silenciosa* de Rachel Carson, publicada en 1962, exploró el continuo uso problemático de los plaguicidas y marcó un punto de inflexión en nuestra apreciación de los efectos de los químicos sobre la salud humana y ambiental. En 1972 se creó la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y se le dio autoridad para registrar los plaguicidas basándose en la evaluación y ponderación de los riesgos y beneficios estimados. En 1996, la Ley de Protección de la Calidad de los Alimentos aprobada por el Congreso exigía que se prestara especial atención a la exposición de los niños y su especial sensibilidad a los plaguicidas y otros productos químicos. Estos actos requieren un factor de seguridad adicional al calcular el riesgo para los niños.

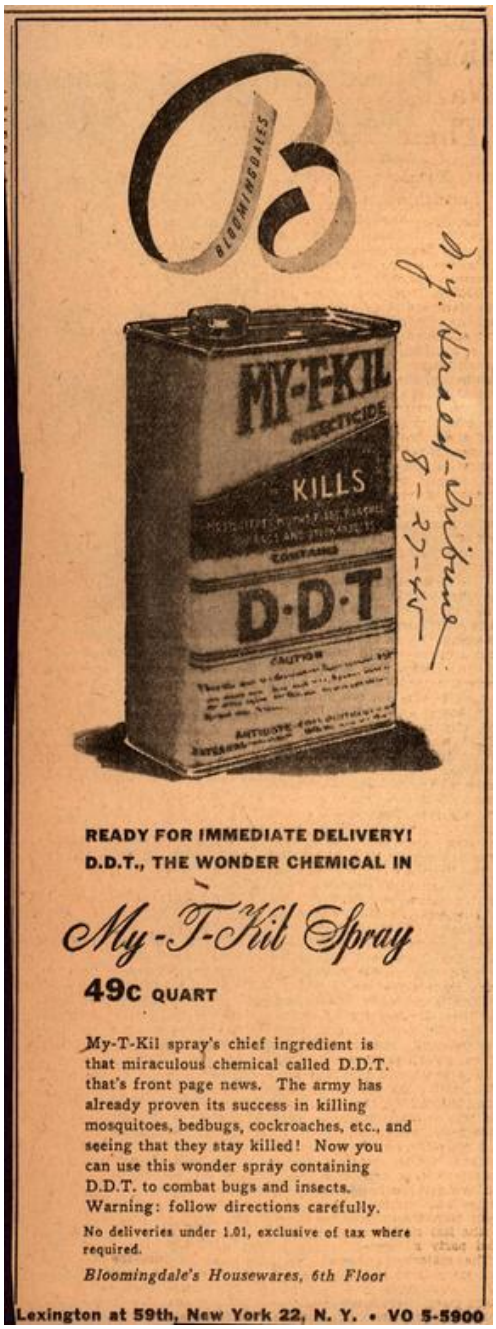


Figura 7.1 Publicidad sobre el DDT

Tanto el volumen de uso como la cantidad de dinero utilizado en plaguicidas demuestran nuestra dependencia de estos productos químicos. La EPA informó que 4,9 millones de libras de plaguicidas se utilizaron en los Estados Unidos en 2001, lo que

equivale a 4,5 libras por persona. Aproximadamente 888 millones de libras de ingrediente activo en 600 compuestos diferentes se incluyen en estos plaguicidas. En 2001, la industria agrícola utilizó alrededor de 675 millones de libras de ingrediente activo de plaguicidas y otros 102 millones de libras fueron utilizados por propietarios de viviendas, por el gobierno y la industria en general en los céspedes y jardines. Este uso por sí solo ascendió a un gasto de $ 11.09 billones, de los cuales $ 7.4 billones fueron gastados por la industria agrícola. Se utilizaron otros 0,80 billones de libras para conservantes de madera y se utilizaron 2,6 billones de libras en desinfectantes (Tabla 7.1). En todo el mundo alrededor de 5.05 billones de libras de ingrediente activo se utilizaron como plaguicidas agrícolas en 2001 en un costo de $ 31.8 billones.

Tabla 7.1 Uso de plaguicidas en los Estados Unidos (estimaciones del 2001)

Tipo	Billones de libras	Porcentaje
Plaguicidas convencionales (agricultura)	0.89	17.7
Otros químicos plaguicidas (azufre & aceite de petróleo)	0.32	6.4
Preservantes de madera	0.80	16.1
Biocidas especiales	0.35	7.2
Cloro/hipocloritos	2.61	52.5
Total	4.97	100

(El cloro e hipoclorito son usados en la purificación de agua)
Fuente: EPA Pesticides Industry Sales and Usage 2000 and 2001 Market Estimates (2004)

La historia, el desarrollo, la toxicología, el uso y la regulación de los plaguicidas hacen un relato fascinante en muchos niveles diferentes. Desde el punto de vista toxicológico, el principio de la respuesta a la dosis y la sensibilidad individual se demuestra por la sensibilidad única de los pequeños insectos y los niños. La sensibilidad única de los niños y los sutiles efectos de la exposición a los plaguicidas impulsan la demanda de un uso más estrictamente regulado y motivan los esfuerzos para reducir las exposiciones no deseadas. Algunas comunidades se están movilizando para prohibir el uso de plaguicidas en césped y áreas verdes y para prohibir el rociado de herbicidas en los bordes de las carreteras para controlar el crecimiento de plantas no deseadas. Las personas de todo el mundo están reconociendo el impacto residual de los plaguicidas sobre el medio ambiente. Si bien pueden ser necesarios los plaguicidas para ayudar a proteger los cultivos y permitirnos alimentar a la creciente población mundial; el reto es utilizar estos agentes con prudencia y con conocimiento de su daño potencial. Tenemos que seguir

reduciendo el uso innecesario de plaguicidas, encontrar herramientas de manejo de plagas más seguras y más selectivas y proteger a las poblaciones sensibles de la exposición.

Propiedades biológicas

Introducción

La exposición a plaguicidas puede ocurrir a través de los alimentos, el agua potable, el uso doméstico de plaguicidas, el control de insectos en interiores, o por exposición ocupacional. Los plaguicidas sacan provecho de dos principios básicos de la toxicología: el principio dosis / respuesta y la sensibilidad individual. Están diseñados para matar - y para los insecticidas esto suele significar toxicidad para el sistema nervioso - pero el tamaño es importante. Una pequeña cantidad de plaguicida puede ser fatal para un insecto, principalmente por el tamaño pequeño del insecto y su alta tasa de metabolismo. Para un insecto una pequeña exposición representa una dosis muy grande en base al peso corporal. La misma pequeña cantidad es relativamente menos dañina para un animal de un tamaño mucho mayor porque es una dosis pequeña en base a su peso corporal. Es este mismo principio el que hace que los niños sean más vulnerables que los adultos a los plaguicidas, así como su sistema nervioso en desarrollo. La tabla 6.2 ilustra cuánto de un producto químico es necesario para lograr la misma dosis para un adulto, un niño y un insecto. Mientras que una sola exposición puede ser mortal, las exposiciones repetitivas incluso a pequeñas cantidades de plaguicidas pueden causar efectos adversos a la salud.

Tabla 7.2 Comparación de peso corporal y dosis

	Peso corporal	Cantidad de químico necesario para una dosis de 10 mg/kg
Adulto	70 kg (150 lbs)	700 mg
Niño	10 kg (22 lbs)	100 mg
Insecto	1 mg	0.00001 mg (1/100,000 mg)

mg = miligramo, kg = kilogramo

No hay un plaguicida perfecto desde el punto de vista del organismo objetivo y de las víctimas no deseadas. Los plaguicidas actúan interfiriendo con alguna función biológica básica que es esencial para la vida, y como todos los organismos vivos comparten muchos mecanismos biológicos comunes, los plaguicidas nunca son específicos de una sola especie. Al matar una plaga verdadera, los plaguicidas también matan a otros organismos que son deseables o al menos no indeseables, y tenemos una comprensión lejos de ser perfecta de lo que es indeseable. El plaguicida ideal sería muy específico sólo para el organismo objetivo, actuaría rápidamente y se degradaría rápidamente a materiales no tóxicos en el medio ambiente.

Insecticidas

La mayoría de los insecticidas químicos actúan por envenenamiento del sistema nervioso. El sistema nervioso central y periférico de los insectos es fundamentalmente similar al de los mamíferos. Esto significa que, dada una exposición suficiente, los insecticidas afectarán negativamente a la salud humana. Los insecticidas son letales para los insectos debido a las dosis altas (exposición relativa al tamaño corporal). Las similitudes en la estructura del sistema nervioso hacen que sea casi imposible diseñar insecticidas que sean altamente específicos para este modo de acción; en consecuencia, siempre hay una serie de organismos no objetivo que pueden verse afectados por la exposición a éstos. Los nuevos insecticidas están diseñados para ser más específicos y tener la menor persistencia en el medio ambiente. Discutiremos más detalladamente las clases más prominentes de insecticidas: organoclorados, piretroides, organofosforados y carbamatos.

Los organoclorados, que incluyen al DDT, ilustran muchos de los retos de los insecticidas. Si bien tienen la ventaja de ser baratos de fabricar y eficaces contra las especies objetivo, tienen algunas consecuencias graves no deseadas. La estructura química de los organoclorados es diversa, pero todos contienen cloro, lo que los coloca en una clase más grande de compuestos llamados hidrocarburos clorados. Desde la perspectiva del sistema nervioso, los organoclorados alteran el movimiento de iones tales como calcio, cloruro, sodio y potasio dentro y fuera de las células nerviosas. Dependiendo de la estructura de la sustancia química, también puede tener otros efectos sobre el sistema nervioso. En un tiempo se pensó que los organoclorados eran ideales porque eran muy estables, persistentes y lentos para degradarse en el medio ambiente, liposolubles (por lo tanto fácilmente absorbidos por los insectos) y aparentemente inofensivos para los mamíferos. Desafortunadamente, se hizo evidente que los atributos de persistencia y solubilidad en grasa eran realmente muy indeseables para el medio ambiente y para los mamíferos. Su persistencia y solubilidad les hizo pasar por la cadena alimenticia donde se bioacumula en la grasa de animales grandes y humanos y se transmiten a los jóvenes lactantes. El transporte y uso de estos productos químicos trajo como consecuencia la contaminación de la vida silvestre en todo el mundo, incluso en las regiones árticas y antárticas, donde estos insecticidas rara vez se utilizan. Una disminución en el número de aves que se alimentan de animales que entraron en contacto con estos productos químicos fue uno de los primeros signos de las consecuencias no deseadas del DDT. Inesperadamente, el DDT causó un adelgazamiento de las cáscaras de los huevos de las aves y resultó en la muerte de sus polluelos en desarrollo. Los organoclorados como el DDT están prohibidos en América del Norte y Europa, pero todavía se fabrican y se utilizan en los países en desarrollo. Los insecticidas organoclorados proporcionan muchas lecciones importantes sobre las propiedades deseables e indeseables de los plaguicidas.

Los organofosforados y los carbamatos tienen estructuras químicas muy diferentes, pero comparten un mecanismo de acción similar y serán examinados aquí como una sola clase de insecticidas. Los organofosforados se desarrollaron inicialmente en la década de 1940 como agentes de guerra altamente tóxicos (gases nerviosos). Los derivados modernos, incluyendo sarin, soman y VX, fueron almacenados por varios países y ahora se presentan algunos difíciles problemas para su eliminación. Los investigadores crearon muchos organofosforados diferentes en su búsqueda de aquellos que se dirigirían a especies seleccionadas y serían menos tóxicos para los mamíferos. Cuando el organofosforado paratión fue utilizado por primera vez como reemplazo del DDT se creyó que era una mejora, ya que es más específico. Lamentablemente hubo muerte de personas porque los trabajadores no pudieron apreciar la mayor toxicidad del paratión después de trabajar con el DDT mucho menos tóxico.

El problema con los organofosforados y los carbamatos es que afectan a un importante neurotransmisor común tanto a los insectos como a los mamíferos. Este neurotransmisor, la acetilcolina, es esencial por la manera en que las células nerviosas se comunican entre sí. La acetilcolina que es liberada por una célula nerviosa inicia la comunicación con otra célula nerviosa, pero esta estimulación debe ser finalmente detenida. Para detener la comunicación, la acetilcolina debe eliminarse del área alrededor de las células nerviosas. Esta clase de insecticidas bloquea una enzima específicamente diseñada para eliminar (descomponer) la acetilcolina cuando ya no es necesaria. La enzima que descompone la acetilcolina se llama acetilcolinesterasa y esta clase de insecticidas se conoce comúnmente como inhibidores de la acetilcolinesterasa para indicar que bloquean esta enzima. Las diferencias estructurales entre los diversos organofosforados y carbamatos afectan la eficiencia y el grado en el que la acetilcolinesterasa es bloqueada. Por ejemplo, los gases nerviosos son altamente eficientes y bloquean permanentemente la acetilcolinesterasa, mientras que los plaguicidas de uso común bloquean la acetilcolinesterasa sólo temporalmente. La toxicidad humana de estos plaguicidas presenta riesgos significativos para la salud, y los investigadores continúan trabajando para desarrollar nuevos insecticidas que tienen menos consecuencias indeseables.

Una de las clases más nuevas de insecticidas, los piretroides, se basan ligeramente en el piretro de origen natural que se encuentra en las flores de crisantemo. Los piretroides sintéticos se desarrollaron por primera vez en la década de 1980, pero el piretro de origen natural se utilizó comercialmente por primera vez en la década de 1800. Su uso ha aumentado significativamente en los últimos 20 años. La estructura química de los piretroides es muy diferente de los organoclorados y organofosforados, pero el principal sitio de acción es también el sistema nervioso. Los piretroides afectan el movimiento de los iones de sodio (Na^+) dentro y fuera de las células nerviosas, haciendo que las células nerviosas se vuelvan hipersensibles a los neurotransmisores.

Las diferencias estructurales entre los diferentes piretroides pueden cambiar sus efectos tóxicos en insectos específicos e incluso mamíferos. Los piretroides sintéticos son más

persistentes en el ambiente que el piretro natural, que es inestable en la luz y se descompone muy rápidamente en la luz del sol.

Herbicidas

Los herbicidas se utilizan para matar o dañar una planta y son el tipo de plaguicidas que crece con más rapidez. Antes de la década de 1930, los herbicidas no eran específicos y a menudo eran muy tóxicos para los seres humanos, así como para otros animales. En la década de 1930, cuando se estaban desarrollando nuevos insecticidas, los investigadores descubrieron varios productos químicos que mataron plantas selectivamente.

Estos productos químicos se utilizan ahora ampliamente para aumentar la producción de alimentos al destruir las malas hierbas que ahogan o compiten con los cultivos alimentarios y que se han utilizado en la guerra como defoliantes. Los herbicidas tienen una variedad de estructuras químicas y mecanismos de acción, por lo que serán discutidos sólo en términos generales aquí. Los lectores interesados son referidos a los muchos sitios web y la extensa literatura de investigación sobre herbicidas (ver abajo y la presentación).

Los herbicidas más famosos (o infames) son los compuestos clorofenoxi que incluyen 2,4-D y 2,4,5-T y su contaminante TCDD. Esta mezcla de herbicidas, a veces llamada agente naranja en la década de 1960, fue ampliamente utilizado para destruir plantas de hoja ancha en los campos de agricultura, a lo largo de los caminos, y los derechos de paso de las líneas eléctricas.

También fue utilizado extensivamente como agente químico de guerra para matar la vegetación indeseada, por ejemplo en las selvas. El mecanismo de acción de esta clase de productos químicos es poco conocido, pero parecen interactuar con las hormonas de crecimiento de las plantas. Las mejoras en la fabricación de los compuestos clorofenoxi y la cancelación del registro de 2,4,5-T ha reducido la cantidad de sus contaminantes relacionados, tales como la dioxina, en el medio ambiente.

El paraquat y el químico relacionado diquat son herbicidas no selectivos que también son tóxicos para los mamíferos. La exposición ocupacional o accidental al paraquat puede ocurrir con la ingestión, la exposición a través de la piel, o la inhalación, que pueden causar enfermedad seria o muerte. Aunque rara vez se usa en Estados Unidos en este momento, el paraquat sigue siendo ampliamente utilizado en los países en vías de desarrollo. En algún momento se utilizó en programas de erradicación de plantas de marihuana, pero este uso se interrumpió cuando se observó una serie de muertes en fumadores de marihuana contaminada con paraquat.

Existen muchos otros herbicidas de uso generalizado, como el alaclor, el glifosato y la atrazina, que tienen una gama de acciones en plantas y animales. Los herbicidas se han convertido en una parte esencial del negocio agrícola y algunos piensan que son necesarios para lograr los rendimientos necesarios en los cultivos para alimentar a la creciente población mundial. Sin embargo, una limitación seria de muchos herbicidas es su falta de especificidad; en otras palabras, los herbicidas pueden dañar los cultivos de interés. Los fabricantes de herbicidas están trabajando para resolver este problema y están recurriendo cada vez más a la biotecnología para modificar genéticamente los cultivos que son resistentes a los herbicidas. Por ejemplo, la empresa Monsanto produce el herbicida basado en glifosato llamado RoundUp. La empresa también fabrica una soja modificada genéticamente que es resistente a RoundUp. Esto permite a los agricultores utilizar el herbicida RoundUp con las plantas de soya RoundUp Ready y no tienen que preocuparse de que las plantas de soja sean destruidas. La soja modificada genéticamente Roundup Ready es ahora ampliamente cultivada, aunque la práctica ha generado una considerable controversia a nivel internacional.

Fungicidas, rodenticidas, moluscicidas

Los fungicidas fueron desarrollados para controlar los hongos y el moho que en varias formas están alrededor y sobre nosotros. Los primeros fungicidas fueron el azufre, el sulfato de cobre y los compuestos basados en mercurio. Los fungicidas químicos están ahora disponibles tanto para el tratamiento médico de enfermedades fúngicas humanas como para su uso en aplicaciones agrícolas. El control de los hongos de las plantas es importante no sólo porque pueden dañar la planta, sino también porque algunos hongos producen sustancias químicas tóxicas (micotoxinas) que son igualmente o más dañinas. Uno de los hongos más interesantes, el *Aspergillus flavus*, a menudo contamina las nueces (por ejemplo, los cacahuetes) y granos (por ejemplo el maíz). Este hongo produce aflatoxina, que puede causar una enfermedad hepática y en algunas situaciones el cáncer de hígado. Otro hongo natural de los granos produce un alcaloide del ergot, que puede causar alucinaciones.

El fungicida químico hexaclorobenceno fue ampliamente utilizado en los años 1940s y 1950s para proteger la semilla de los granos de la putrefacción por hongos. Los compuestos mercuriales también se aplicaron a las semillas de los granos para protegerlos de los hongos del suelo. Ambos productos químicos causaron un trágico sufrimiento humano cuando la gente hambrienta se comía los granos tratados en lugar de plantarlos para los cultivos. El uso de fungicidas potencialmente peligrosos como éstos puede evitarse a través de procedimientos de recolección y almacenamiento de semillas que limiten la contaminación o modifiquen las condiciones ambientales, como el control de la humedad y la temperatura.

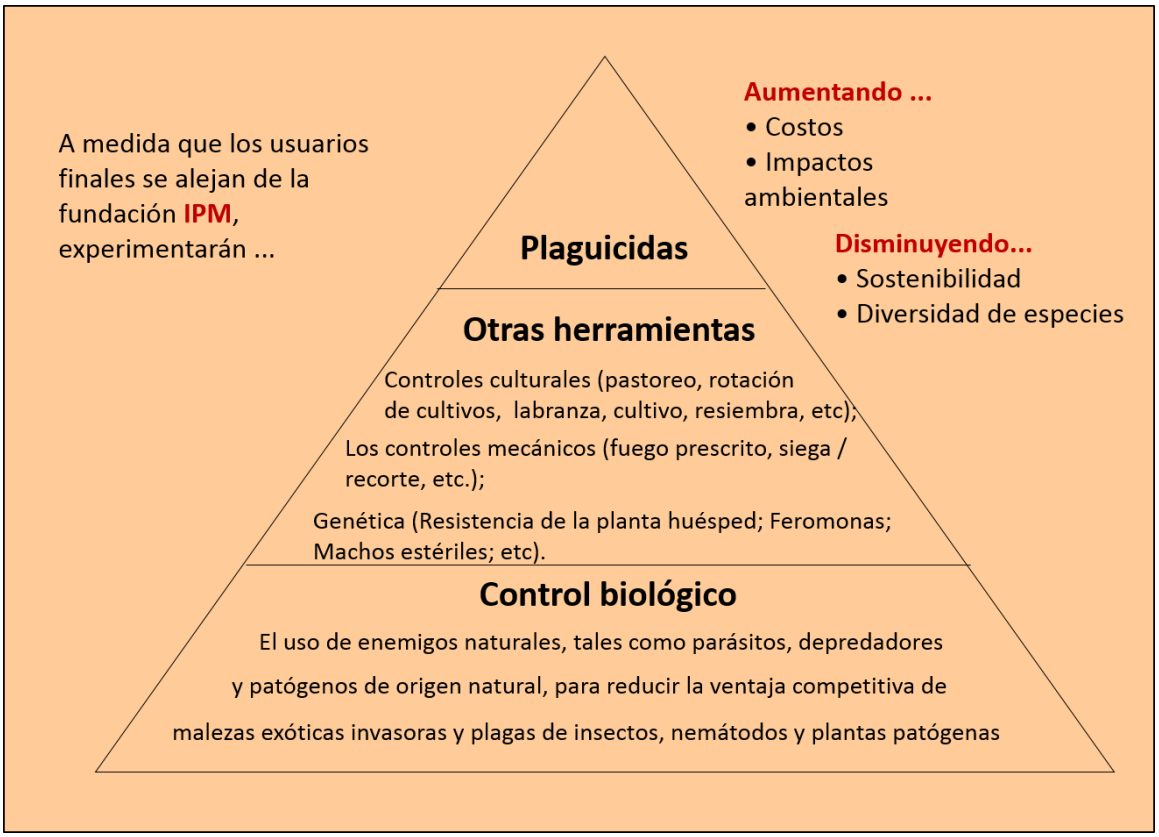
Los rodenticidas son una amplia clase de productos químicos diseñados para matar a pequeños mamíferos como ratas y ratones. Algunos rodenticidas son anticoagulantes y

actúan inhibiendo la coagulación sanguínea; estos se utilizan a menudo para controlar las poblaciones de ratas. Uno de los primeros rodenticidas anticoagulantes fue la warfarina, que está relacionada con el coumadin un derivado de plantas (del trébol dulce putrefacto). En la década de 1950 las ratas desarrollaron resistencia a la warfarina, esto promovió que los científicos desarrollaran anticoagulantes más potentes. Otros rodenticidas incluyen ácido fluoroacético y fosfuro de cinc (muy tóxico), y compuestos a base de tiourea. La principal alternativa al uso de rodenticidas químicos es la captura.

Los molusquicidas se utilizan para controlar las babosas y los caracoles. Los moluscos están estrechamente relacionados con los mariscos. El ingrediente activo más utilizado en los molusquicidas es el metaldehído, que altera los órganos gástricos de los moluscos causando la muerte. Este producto se fabrica a menudo en forma de pellets de colores brillantes, que tiene la desafortunada consecuencia no deseada de ser atractivo (y tóxico) para los niños. Los pellets son también atractivos para otros animales, como perros, gatos y aves. Algunos fabricantes han añadido un agente amargo para hacer los productos desagradables para los niños u otros animales. Alternativas al uso de molusquicidas químicos incluyen la captura, las barreras, o mediante el diseño de jardines que es menos atractivo para las babosas. También está disponible el cebo de babosas que se basa en el fosfato de hierro como ingrediente activo y parece ser algo menos tóxico.

Manejo integrado de plagas (MIP)

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es una alternativa y una estrategia sensible al medio ambiente para el control de plagas. El MIP utiliza los mecanismos naturales de defensa de las plantas para combatir las plagas y si es necesario, utiliza plaguicidas de una manera altamente selectiva. El MIP también aprovecha el ciclo de vida de las plagas y depende de la plantación cuidadosa de los cultivos que son apropiados para el entorno específico donde se plantan. Uno de los objetivos del MIP es minimizar el uso de plaguicidas y cuando el uso de pesticidas es necesario usar el plaguicida menos tóxico. Los plaguicidas pueden matar insectos beneficiosos. El MIP trabaja para proteger a la comunidad ecológica en general, reduce la exposición humana a los plaguicidas, mientras mantiene la productividad de los cultivos y la belleza de la planta.



De: TEAM Proyecto Leafy Spurge, USDA, http://www.team.ars.usda.gov/index.html

Efectos a la salud

Introducción

Tres de los problemas de salud más importantes relacionados con el uso de plaguicidas son: 1) la seguridad de los trabajadores, 2) el efectos en los niños y 3) los efectos no deseados sobre otras especies y el medio ambiente. También es importante recordar algunos de los principios básicos de la toxicología: las diferencias entre exposiciones agudas de dosis altas y exposición crónica a niveles más bajos y el impacto potencial a la salud relacionado con las diferentes vías de exposición (revisar el Capítulo 1).

Todas las especies tienen ciertas similitudes biológicas fundamentales y por mucho que lo intentemos, los plaguicidas no pueden diseñarse para atacar solo una especie. Los plaguicidas están diseñados para matar y porque no son específicos, a menudo matan o dañan a los organismos no objetivo, incluidos los humanos. La

Organización Mundial de la Salud estima que hay 3 millones de casos de intoxicación por plaguicidas cada año con hasta 220.000 muertes, en gran parte en países en desarrollo. A menudo la aplicación de plaguicidas no es muy precisa y se producen exposiciones no intencionadas a otros organismos en el área general de la aplicación. Los niños, y de hecho cualquier organismo joven y en desarrollo, son particularmente vulnerables a los efectos nocivos de los plaguicidas. Las consecuencias de incluso niveles bajos de exposición durante el desarrollo no se conocen bien, pero pueden tener efectos adversos para la salud.

La exposición a plaguicidas puede resultar en una serie de efectos neurológicos como pérdida de la memoria, pérdida de la coordinación, reducción de la velocidad de respuesta a los estímulos, disminución de la capacidad visual, estado de ánimo y comportamiento general alterado o incontrolable y reducción de las habilidades motoras. Estos síntomas suelen ser muy sutiles y pueden no ser reconocidos por la comunidad médica como un efecto clínico. La exposición a plaguicidas también puede producir asma, alergias e hipersensibilidad. La exposición crónica a los plaguicidas es otro problema. Puede resultar en efectos neurológicos, así como en la posibilidad de un mayor riesgo de cáncer. Además, los ingredientes distintos de los ingredientes activos específicos (a veces denominados ingredientes inertes) en muchas formulaciones de plaguicidas incluyen disolventes que son tóxicos si se inhalan o pueden ser absorbidos por la piel. Estos ingredientes "inertes" pueden no ser probados tan completamente como el ingrediente activo del plaguicida y rara vez son revelados en las etiquetas del producto. Por lo tanto, los trabajadores que aplican plaguicidas y aquellos que pueden estar expuestos no conocen todos los productos químicos con los que están en contacto.

El reporte del Consejo de Defensa de los Recursos Naturales (NRDC por sus siglas en inglés), "Riesgo Intolerable: Plaguicidas en los Alimentos de Nuestros Niños" se enfocó en los posibles efectos adversos de los plaguicidas en los niños. El informe señala que el menor tamaño corporal de los niños en relación con el de los adultos y las diferentes prácticas de consumo de alimentos puede resultar en un mayor riesgo para los niños. En relación con su tamaño, los niños comen, beben y respiran más que los adultos. Sus cuerpos y órganos están creciendo rápidamente lo que también los hace más susceptibles. El uso y la regulación de los plaguicidas ilustra la complejidad del análisis de riesgo y la gestión de riesgos y las dificultades para determinar un nivel aceptable de exposición con riesgos aceptables, en particular para el amplio rango de poblaciones que entran en contacto con estos productos.

Efectos de los insecticidas en la salud humana

Todos los principales insecticidas afectan el sistema nervioso así que los efectos de la exposición en la salud humana pueden parecer similares. La ingestión aguda de insecticidas organoclorados puede resultar en una pérdida de sensibilidad alrededor de la boca; hipersensibilidad a la luz, el sonido y el tacto; mareo; temblor; náusea; vómito;

aprehensión; y confusión. La exposición crónica a los insecticidas puede causar pérdida de peso, debilidad muscular, dolor de cabeza, ansiedad y una serie de otras molestias neurológicas.

El DDT es un ejemplo de un insecticida que se pensaba que era relativamente seguro para los seres humanos porque era mal absorbido a través de la piel. No es raro ver imágenes de la década de 1950 de personas que fueron espolvoreadas con DDT para matar insectos y demostrar su seguridad. La intoxicación aguda por ingestión oral de DDT puede ocurrir a un nivel de aproximadamente 10 mg / kg, que es una cantidad relativamente grande. Pero fue la persistencia en el medio ambiente, la acumulación del insecticida en tejidos humanos y animales, y el efecto en las aves los que causaron la prohibición del DDT, junto con la mayoría de los organoclorados.

Otro insecticida organoclorado digno de mención individual es la Kepona o clordecona. En 1975, más de 70 trabajadores que fabricaban Kepona en Hopewell, Virginia, desarrollaron una variedad de síntomas neurológicos, los más destacados de los cuales se conocieron como "Kepone shakes". Sus síntomas comenzaron alrededor de 30 días después de la primera exposición a Kepona. Pruebas posteriores también revelaron una disminución en el recuento y la motilidad de los espermatozoides. Más tarde se descubrió que Kepona era demasiado tóxico para el medio ambiente y se suspendió su uso a favor de los organofosforados.

Los organofosforados, aunque ambientalmente menos peligrosos que los organoclorados, presentan sus propios desafíos. En primer lugar, son tóxicos para los mamíferos. A diferencia del DDT, los organofosforados son absorbidos a través de la piel, lo que puede conducir a problemas para proteger a los trabajadores de la exposición. La exposición aguda a organofosforados causa signos y síntomas por exceso de acetilcolina, como aumento de la salivación y transpiración, estrechamiento de las pupilas, náuseas, diarrea, disminución de la presión arterial, debilidad muscular y fatiga. Por lo general (si la exposición no es demasiado grande) los síntomas por exposición aguda disminuyen dentro de los días posteriores al cese del contacto a medida que los niveles de acetilcolina vuelven a la normalidad. Algunos organofosforados también tienen una reacción neurológica retardada caracterizada por debilidad muscular en las piernas y los brazos. Un ejemplo de los efectos de los organofosforados sobre la salud humana ocurrió durante la Prohibición cuando las personas consumieron una bebida alcohólica casera hecha con jengibre jamaiquino que estaba contaminada con el organofosforado triortocresil fosfato (TOCP). Más de 20.000 personas fueron afectadas por la condición llamada "parálisis de Ginger Jake. Investigaciones posteriores encontraron que estos efectos podían ser reproducidos en animales y el gobierno de los Estados Unidos requiere pruebas de efectos retardados como parte del registro de organofosforados. La toxicidad humana de los organofosforados resultó en una disminución constante en su uso a medida que se desarrollaron nuevas alternativas.

Entre las alternativas más prometedoras se encontraban los piretroides sintéticos. Sin embargo, los piretroides causan hiperexcitación, agresividad, falta de coordinación, temblores en todo el cuerpo y convulsiones. La exposición aguda en humanos, generalmente por contacto con la piel debido a procedimientos de manipulación deficientes, suele resolverse en 24 horas. Aunque no son particularmente tóxicos para los mamíferos, pueden causar una respuesta alérgica en la piel en los seres humanos. Algunos piretroides pueden causar cáncer, efectos reproductivos o del desarrollo, o efectos del sistema endocrino.

Efectos a la salud humana de los herbicidas

Los herbicidas están diseñados para matar plantas, no animales, y en general son menos tóxicos para los mamíferos que los insecticidas. La mayoría de los herbicidas interfieren con las hormonas vegetales o enzimas que no tienen ninguna contraparte directa en los animales. Las preocupaciones más graves para la salud humana se han relacionado con los contaminantes en el ingrediente químico activo. Existe una enorme cantidad de datos sobre toxicidad humana y animal del 2,4-D y 2,4,5-T, pero ahora parece que gran parte de esta toxicidad fue causada por la dioxina contaminante (o TCDD). El personal militar y otras personas expuestas al agente naranja, que a menudo estaba contaminado con TCDD, informaron defectos de nacimiento, cánceres, enfermedad hepática y otras enfermedades. Estas preocupaciones guiaron a una mejora en el proceso de fabricación para reducir la contaminación por TCDD y, en última instancia, condujeron a una reducción en el uso del herbicida 2,4-D.

También hay preocupación de que algunos herbicidas pueden afectar a la vida silvestre. Por ejemplo, la atrazina, un herbicida persistente, puede afectar negativamente a las ranas. La preocupación por el efecto de la atrazina en los anfibios resultó en su prohibición en la Unión Europea, pero la atrazina sigue siendo uno de los herbicidas más utilizados en los Estados Unidos con más de 70 millones de libras al año. La persistencia de los herbicidas también puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Existe una necesidad continua de más alternativas al uso de herbicidas.

Efectos en la salud humana de otros plaguicidas

Los fungicidas han causado una serie de desastres en la salud humana. A finales de los años cincuenta, alrededor de 4.000 personas en Turquía fueron envenenadas por el hexaclorobenceno que se había aplicado a las semillas de granos para protegerlas contra los hongos del suelo. Los adultos y particularmente los niños que inadvertidamente comieron los granos tratados desarrollaron enfermedades de la piel y de los huesos. En Irak, un incidente similar ocurrió cuando la gente consumió granos revestidos con un fungicida a base de mercurio.

Los rodenticidas están claramente diseñados para matar mamíferos y por lo tanto (con la excepción de los compuestos de tiourea) son tóxicos para los seres humanos. El contacto

con estos compuestos debe evitarse tanto como sea posible. Las preocupaciones ambientales ocurren cuando otros animales consumen un roedor envenenado y son a su vez envenenados. Águilas, lobos y otros animales que comen roedores y están en los niveles superiores en la cadena alimenticia son particularmente vulnerables.

Reducción de la exposición

Con estimaciones de 3 millones de personas siendo afectadas abiertamente por plaguicidas cada año, hay claramente mucho trabajo por hacer para reducir las exposiciones. Muchos países en desarrollo siguen utilizando plaguicidas que han sido prohibidos en los Estados Unidos y Europa.

Individualmente y colectivamente debemos examinar nuestro uso de todas las formas de plaguicidas y considerar alternativas al uso de éstos. El uso doméstico de plaguicidas está muy extendido, y desafortunadamente hay muchos ejemplos de intoxicaciones en el hogar con plaguicidas. Los consumidores que usan plaguicidas a menudo los aplican a tasas mucho más altas por acre que los agricultores y los aplicadores profesionales. Los niños están particularmente expuestos a los plaguicidas que han sido rastreados en el exterior, así como de los plaguicidas que se utilizan dentro de la casa. El almacenamiento y la eliminación adecuada de los plaguicidas también merecen una atención especial. El uso de plaguicidas alrededor del hogar debe ser evitado tanto como sea posible y se deben considerar los métodos no químicos de control de plagas. El manejo integrado de plagas (MIP) es un enfoque que puede reducir significativamente el uso de plaguicidas a través de la prevención, monitoreo y opciones menos tóxicas. Ampliamente utilizado en agricultura, mantenimiento del paisaje y control estructural de plagas, el MIP también puede ser practicado por individuos dentro y alrededor de sus hogares. Un enfoque de MIP enfatiza el manejo apropiado de desechos de alimentos, diseño de paisajes, selección de plantas, controles naturales de plagas y controles físicos como trampas, barreras y remoción mecánica.

Normas reglamentarias

La experiencia ha demostrado claramente la necesidad de regular el uso de plaguicidas. En los Estados Unidos, la Ley Federal de Insecticidas, Fungicidas y Rodenticidas (FIFRA) fue aprobada en 1947 y permitió al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos regular el etiquetado apropiado de los plaguicidas. Posteriormente, la Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos le fue dada la responsabilidad de garantizar que el suministro de alimentos fuera seguro de plaguicidas. En 1972, la administración de FIFRA fue transferida a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Las revisiones posteriores a la FIFRA ampliaron en gran medida los requisitos de pruebas que las empresas deben cumplir antes de que los plaguicidas puedan ser registrados para su uso. Los requisitos actuales incluyen pruebas de toxicidad aguda de las formulaciones completas (incluyendo ingredientes inertes); sin embargo, las pruebas crónicas y sub-crónicas sólo se requieren para los ingredientes

activos. Los resultados de estas pruebas, realizados por los fabricantes y presentados a la EPA, se utilizan para estimar los riesgos potenciales para la salud humana y el medio ambiente. También existe un esfuerzo internacional para armonizar las normas regulatorias entre los Estados Unidos, Europa y Japón.

Recomendaciones y conclusiones

Los plaguicidas son ampliamente utilizados para ayudar a garantizar un suministro de alimentos adecuado, así como para proteger nuestra salud y seguridad de las plagas no deseadas. Pero a pesar de sus atributos, estos productos químicos no están exentos de problemas. Hay varios riesgos conocidos y potenciales con el uso de plaguicidas y más investigaciones deben hacerse para encontrar y probar alternativas así como para desarrollar plaguicidas que hagan un trabajo mejor orientado a la especie a combatir. También hay que trabajar para desarrollar plaguicidas que causen la menor cantidad de daño ambiental. Las empresas, las escuelas, las instituciones y los jardineros domésticos que utilizan plaguicidas deben explorar métodos para el manejo integrado de plagas (MIP) para reducir el uso de plaguicidas. Un problema constante es la falta de datos sobre el uso de plaguicidas en la agricultura, las empresas o el hogar. Los estados y las naciones deberían considerar la posibilidad de adoptar registros de uso de plaguicidas para determinar el volumen real de plaguicidas utilizados y ayudar en el estudio de los efectos sobre la salud relacionados con los plaguicidas y los efectos no deseados sobre el medio ambiente.

Más información y referencias

Presentación de diapositivas

- A Small Dose of Pesticide presentation material and references online: http://www.toxipedia.org or http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Pesticides

El sitio Web contiene material de presentación relacionado con los efectos de los plaguicidas sobre la salud.

Agencias europeas, asiáticas e internacionales

- European Union – Chemical and Pesticide Information. Online: <http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/index.htm> (accessed: 30 September 2008).

El sitio contiene información de políticas y otra información sobre el uso de pesticidas en la agricultura.

- World Health Organization - WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES). Online: < http://www.who.int/whopes/en/ > (accessed: 30 September 2008).

WHOPES es un "programa internacional que promueve y coordina las pruebas y la evaluación de nuevos plaguicidas propuestos para el uso de salud pública".

- International Programme on Chemical Safety (IPCS). Online: <http://www.who.int/pcs/index.htm> (accessed: 30 September 2008).

"Las principales funciones de IPSC son establecer la base científica para el uso seguro de productos químicos y fortalecer las capacidades nacionales para la seguridad química".

Agencias Norteamericanas

- Health Canada – Pesticide Information. Online: < http://www.pmra-arla.gc.ca/english/consum/properuse-e.html > (accessed: 30 September 2008).

Health Canada proporciona una gama de información sobre plaguicidas en inglés o francés.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Office of Pesticides Programs (OPP). Online: <http://www.epa.gov/pesticides/> (accessed: 30 September 2008).

La misión de la OPP es "proteger la salud pública y el medio ambiente de los riesgos que plantean los plaguicidas y promover medios más seguros para el control de plagas".

- U.S. Geological Survey – National Water-Quality Assessment (NAWQA) Program. Online: < http://water.usgs.gov/nawqa/pnsp/ > (accessed: 30 September 2008).

NAWQA proporciona una evaluación del uso del agua en los Estados Unidos y de los plaguicidas en los arroyos, ríos y aguas subterráneas de los Estados Unidos.

- California Department of Pesticide Regulation. Online: <http://www.cdpr.ca.gov/> (accessed: 30 September 2008).

La misión de este Departamento es "proteger la salud humana y el medio ambiente mediante la regulación de la venta y el uso de plaguicidas y fomentando el manejo de plagas de riesgo reducido".

Non-Government Organizations

- Pesticide Action Network North America (PANNA). Online: <http://www.panna.org> (accessed: 30 September 2008).

"PANNA trabaja para reemplazar el uso de plaguicidas con alternativas ecológicamente sólidas y socialmente justas".

- Pesticide Action Network International (PANI). Online: <http://www.pan-international.org/> (accessed: 30 September 2008).

"PANI es una red de más de 600 organizaciones no gubernamentales, instituciones e individuos participantes en más de 60 países que trabajan para reemplazar el uso de plaguicidas peligrosos con alternativas ecológicamente sólidas (inglés, francés y español)".

- Pesticide Database site – by Pesticide Action Network North America (PAN). Online: <http://www.pesticideinfo.org/> (accessed: 30 September 2008).

"La base de datos de plaguicidas PAN reúne una amplia gama de información sobre plaguicidas de muchas fuentes diferentes, proporcionando información sobre toxicidad humana (crónica y aguda), ecotoxicidad e información regulatoria para unos 6.400 ingredientes activos de plaguicidas y sus productos de transformación, así como adyuvantes y disolventes utilizados en productos plaguicidas.

- National Pesticide Telecommunications Network (NPTN). Call 1-800-858-7378. Online: <http://ace.orst.edu/info/nptn/> (accessed: 30 September 2008).
  NPTN is based at Oregon State University and is cooperatively sponsored by the
  NPTN sirve como fuente de información objetiva, basada en la ciencia, sobre una amplia gama de temas relacionados con plaguicidas, tales como el reconocimiento y manejo de intoxicaciones por plaguicidas, información de seguridad, salud y efectos ambientales, referencias para investigación de incidentes de plaguicidas y tratamiento de emergencia tanto para humanos como animales, y procedimientos de limpieza y eliminación.

- Beyond Pesticides. Online: <http://www.beyondpesticides.org/> (accessed: 30 September 2008).

"Beyond Pesticides es una red nacional comprometida con la seguridad de los plaguicidas y la adopción de estrategias alternativas de manejo de plagas que reducen o eliminan una dependencia de los productos químicos tóxicos".

- EXTOXNET InfoBase. Online: <http://ace.orst.edu/info/extoxnet/> (accessed: 30 September 2008).

EXTOXNET proporciona una variedad de información sobre plaguicidas, incluyendo - los Perfiles de Información de Pesticidas (PIPs) para información específica sobre plaguicidas y los Cuadernos de Información de Toxicología (TIBs) contienen una discusión de ciertos conceptos en toxicología y química ambiental.

- Washington Toxics Coalition (WTC). Online: <www.watoxics.org> (accessed: 30 September 2008).
  El WTC proporciona información sobre políticas modelo de plaguicidas, alternativas a los plaguicidas en el hogar y mucho más.
- Monsanto Company. Online: <http://www.monsantoag.com/> (accessed: 30 September 2008).

El sitio contiene información sobre plaguicidas y productos agrícolas de la empresa Monsanto.

Integrated Pest Management (IPM)

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Integrated Pest Management (IPM) Principles. Online: < http://www.epa.gov/opp00001/factsheets/ipm.htm > (accessed: 30 September 2008).

Define los principios del MIP y proporciona recursos adicionales.

- University of California Statewide Integrated Pest Management Program (UC IPM). Online: http://www.ipm.ucdavis.edu/IPMPROJECT/about.html (accessed 30 September 2008).

El MIP de la UC "desarrolla y promueve el uso de programas integrados y ecológicamente racionales de manejo de plagas en California para atender a la agricultura, urbana y comunitaria y los de recursos naturales públicos ".

- US Federal IPM Coordinating Committee. http://www.ipm.gov/. (accessed 30 September 2008).
  Proporciona información al / del Comité Coordinador Federal de MIP Federal de los Estados Unidos.

- IPM Institute of North America, Inc. http://www.ipminstitute.org/. (accessed 30 September 2008).

"Una organización sin fines de lucro independiente formada en 1998 para fomentar el reconocimiento y las recompensas en el mercado de los proveedores de bienes y servicios que practican el Manejo Integrado de Plagas o MIP".

- IPMopedia - IPM Education Project. http://ipmopedia.org. (accessed 30 September 2008).

Proporciona un amplio rango de información en MIP.

Referencias

EPA (2004). Pesticides Industry Sales and Usage 2000 and 2001 Market Estimates. Online: http://www.epa.gov/oppbead1/pestsales/01pestsales/market_estimates2001.pdf (access: 8 September 2008).

EPA (2008). Carbofuran Cancellation Process. US Environmental Protection Agency. Online: < http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/carbofuran/carbofuran_noic.htm> (accessed: 2 September 2008).

Dean, S. R., & Meola, R. W. (2002). Effect of diet composition on weight gain, sperm transfer, and insemination in the cat flea (Siphonaptera: Pulicidae). J Med Entomol, 39(2), 370-375.

Dryden, M. W., & Gaafar, S. M. (1991). Blood consumption by the cat flea, Ctenocephalides felis (Siphonaptera: Pulicidae). J Med Entomol, 28(3), 394-400.

MMWR (1999). Farm worker illness following exposure to carbofuran and other pesticides – Fresno County, California, 1998. February 19, 1999, 48(6), 113-116. Online: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/00056485.htm> (accessed: 2 September 2008).