

**Eine kleine Dosis Pestizide
oder
*Eine Einführung die Pestizide und ihre
Auswirkungen***

Ein Buchkapitel aus
Eine kleine Dosis Toxikologie
von
Steven G. Gilbert, PhD, DABT
Institute of Neurotoxicology & Neurological Disorders (INND)
Seattle, WA 98115

E-mail: sgilbert@innnd.org

Supporting web sites
web: www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"
web: www.toxipedia.org - Connecting Science and People

Dossier

Insektizide

Kategorie: Insektizide

Anwendung: töten von Insekten

Quelle: synthetisch hergestellt, Pflanzen

Empfohlene Aufnahmemenge: keine (nicht essentiell)

Absorption: Darm, Respirationstrakt (Lungen), Haut

Empfindliche Personen: Fetus, Kinder, alte Leute

Toxizität/Symptome: Nervensystem, vielfältige Probleme abhängig von Substanz

Generelles: Milliarden Pfund werden für die Landwirtschaft, Golfplätze, rund um das Eigenheim und für gewerbliche Immobilien ausgegeben

Umwelt: Pestizide werden global eingesetzt und verbleiben lange in der Umwelt

Empfehlungen: Minimierung des Gebrauchs, Vermeidung einer Exposition auf Kinder, Suchen nach alternativen, einschließlich eines integrierten Pflanzenschutzes

Herbizides

Kategorie: Herbizide

Anwendung: Vernichten oder Schädigen von Pflanzen

Quelle: synthetisch hergestellt, Pflanzen

Empfohlene Aufnahmemenge: keine (nicht essentiell)

Absorption: Darm, Respirationstrakt (Lungen), Haut

Empfindliche Personen: Fetus, Kinder, ältere Leute

Toxizität/Symptome: variabel

Generelles: lange angewendet; inzwischen häufig mit genetisch veränderten Pflanzen angewandt

Umwelt: globale Anwendung und Kontamination

Empfehlungen: Minimierung des Gebrauchs, Vermeidung einer Exposition auf Kinder, Suchen nach Alternativen, einschließlich eines integrierten Pflanzenschutzes

Fallstudien

Menschen-, Katzen-, und Hundeflöhe

Flöhe sind kleine und lästige Blut saugende Schädlinge, die ernsthafte Krankheiten auf den Menschen übertragen können. Wir kommen hauptsächlich in Kontakt mit Flöhen über unsere Haustiere, wie Hund und Katze. Flöhe haben einen komplexen Lebenszyklus und vermehren sich rasch. Daher stellt die Flohbekämpfung eine anspruchsvolle Herausforderung in jedem Haushalt mit Haustieren dar, insbesondere, wenn die Tiere die Zeit im Freien verbringen. Eines dieser Insektizide, um Flöhe auf Katzen zu töten, ist die Imidacloprid. Das Insektizid wird auch verwendet, um saugende Insekten, wie Blattläuse, Weiße Fliegen (Aleyrodoide, Mottenschildläuse), Termiten und eine Reihe anderer Bodeninsekten und manche Käfer zu vernichten. Es ist auch sehr giftig für Bienen. Imidacloprid wirkt auf das Nervensystem durch eine Überstimulation der nikotinergen Nervenzellen, was zu einer Lähmung und schließlich zum Tod des Insektes führt. Typischerweise wird Imidacloprid zur Flohbekämpfung auf der Rückseite des Wirtstierhalses aufgetragen. Dort wird es über die Haut aufgenommen und zirkuliert dann im Blut. Beim Stechen wird das Blut enthaltene Insektizid durch die Flöhe aufgenommen. Der durchschnittliche Floh wiegt zwischen 0,5 und 1 mg und kann bei Blutaufnahme auf das Doppelte ansteigen. Daher bedarf es nur einige einer geringen Menge des Schädlingsbekämpfungsmittels im Blut der Katze oder des Hundes, um den Floh zu töten. Der Floh erhält wegen seiner geringen Größe eine große Menge des Giftes relativ zu seinem Körpergewicht. Das Haustier erhält hingegen nur eine sehr kleine Menge im Vergleich zu seinem größeren Körpergewicht. Bei einer Überdosierung können jedoch, insbesondere bei zum Beispiel kleinen Katzen Muskelschwäche, Müdigkeit und Zuckungen auftreten.

Landarbeiter Krankheit von Pestiziden

Der gesamte Einsatz von Pestiziden in den vereinigten Staaten beträgt rund 3 Mio t pro Jahr, der in der Landwirtschaft etwa 500 000 t. Weltweit werden 2,3 Mio t an aktiven Wirkstoff pro Jahr ausgegeben. Der aktive Wirkstoff des Pestizids macht oft weniger als ein Prozent des gesamten Materials aus so dass diese Schätzungen weder Chemikalien zur Verbesserung der Löslichkeit noch für die Verbesserung der Handhabung beinhalten. Diese Zusatzstoffe können ebenfalls Schadwirkungen haben. Die Bestimmung der exakten Pestizidmenge, die in der Landwirtschaft verwendet wird, ist schwierig, da es keine Meldevorschriften bei Benutzung von Pestiziden gibt. Die Nutzung in der kommerziellen Landwirtschaft wird auf 60 % der Pestizide geschätzt. Der Rest wird von Hausbesitzer, Immobilienmanager, Stadtverwaltung und Industrie für Rasen, Gärten, Golfplätze sind und in Gebäudeanlagen verwendet.

Der Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft erfordert eine spezielle Ausbildung und Wissen, um sicherzustellen, dass die Landarbeiter und Erntehelfer nur einer minimalen Exposition ausgesetzt sind. So ist zum Beispiel Carbofuran (n-Methylcarbamat) Insektizid mit einem breiten Spektrum mit Verwendung auf Reis, Luzerne (*Medicago sativa*), Tafel- und Keltertrauben, Baumwolle, Kartoffel und Sojabohnen. Carbofuran hemmt Cholinesterase und dies bewirkt eine Erhöhung des Neurotransmitter Acetylcholin. Erhöhte Acetylcholinspiegel verursachen Zittern, Lähmungen und Tod des Insekts und können ähnliche Effekte auf Tiere wie Vögel und Menschen haben. Die Landarbeiter kommen während des Gebrauchs oder wenn sie zu früh das Feld betreten in Kontakt mit dem Pestizid. Aufgrund seiner Toxizität für den Menschen und Säugetiere verbot die US EPA (US Environmental Protection Agency, Amerikanische Umweltschutzbehörde) jegliche Nutzung von Carbofuran im Jahr 2008.

Beispiele für einige der Probleme bei Anwendung von Carbofuran seien im Folgenden genannt. Carbofuran wird bei Baumwolle verwendet. Es gibt jedoch eine EPA-Bestimmung, die eine 48-Stunden-Sperrfrist nach Anwendung vorsieht, bevor die Landarbeiter das Feld betreten dürfen. Diese Zeit wird benötigt, um das Pestizid zu zerstreuen und abzubauen, wodurch die Wirkstoffkonzentration und die Exposition der Arbeiter reduziert wird. 1998 gab es auf einem kalifornischen Baumwollfeld eine Anwendung von Carbofuran aus der Luft. Innerhalb weniger Stunden nach dem Versprühen begaben sich 34 Landarbeiter auf das Baumwollfeld, um zu jäten. Einige Stunden später zeigten die Arbeiter Symptome wie Übelkeit, Kopfschmerzen, Augenreizungen, Muskelschwäche, Speichelfluss und eine verringerte Herzfrequenz. Diese Symptome stehen in Einklang einer Vergiftung mit einem Cholinesteraseinhibitor, wie Carbofuran. Die Mehrzahl der Arbeiter wurde dekontaminiert und ins Krankenhaus eingeliefert. Leider gingen einige Arbeiter ohne eine Dekontamination nach Hause und setzten ihre Familie diesem Pestizid aus, da es noch auf der Arbeitskleidung und auf den Schuhen haftete.

Säuglinge und Kleinkinder sind gegenüber Pestiziden empfindlicher als Erwachsene und gegenüber, den vom Arbeitsplatz mitgebrachten Giftstoffe sehr anfällig. Weitere Informationen zu diesem Vorfall gibt es unter US Centers For Disease Control Report (MMWR 1999).

Einführung und Geschichte

"Chlordan: Amerikas führendes Rasen- und Garteninsektizid. Häufig von Kammerjäger zur Bekämpfung von Termiten wegen seiner lang anhaltende Wirksamkeit verwendet. "

Velsicol Chemical Corporation – Anzeige von 1959

US EPA listet Chlordan als persistente, bioakkumulierte toxische Chemikalie auf. Im Jahr 1978 hob die EPA die Verwendung von Chlordan für Nahrungspflanzen auf und verbot 1988 jegliche Anwendung.

Die normale Funktion eines Pestizids ist es, irgendeine Form von Leben zu zerstören. Viele Pflanzen und Tiere haben ihre eigene, ausbalancierte, natürliche Schädlingsresistenz entwickelt, um sich vor anderen Pflanzen, Insekten oder Tiere zu schützen oder diese zu schädigen. So wird sowohl Koffein, als auch Nikotin von Pflanzen hergestellt, um Schädlinge abzuwehren. Die Menschen haben jedoch gelernt diese natürlich vorkommenden Pestizide - wie Nikotin- zur Schädlingsbekämpfung zu verwenden. Im 20. Jahrhundert führten neue Entdeckungen in der chemischen Synthese zu einer Reihe von bemerkenswerten Pflanzenschutzmitteln, um Bakterien, Pilze, Pflanzen und Tiere zu töten. Manche dieser Giftstoffe sind auch für den Menschen tödlich. Die Entwicklung und der Einsatz von Pestiziden ist ein großes und komplexes Thema, welches die Chemie, Biologie, Umweltverhalten und die Rechtsprechung beinhaltet. Dieses Kapitel wird eine kurze Übersicht über diese komplizierte Gruppe von Verbindungen geben.

Die größte Klasse der synthetischen Pestizide sind Insektizide (Insektenvernichtungsmittel), sowie Herbizide (Pflanzenvernichtungsmittel). Eine weitere Gruppe Pestizide stellen Fungizide, Rodentizide und antimikrobielle Stoffe dar. Eine Bemerkung zu den antimikrobiellen Stoffen: obwohl viele Medikamente und antimikrobiellen Produkte Organismen wie parasitäre Würmer, Bakterien oder Viren töten, zählen diese Arzneimittel nicht zu den Pestiziden, da für sie andere Vorschriften gelten. Zum Beispiel sind Antibiotika Pestizide, die gegen Bakterien gerichtet sind. Sie sind im Allgemeinen in den von Ärzten und Tiermedizinern verschriebenen Dosen für Menschen und Tieren sicher. Aber wie bei vielen Pestiziden können auch Antibiotika zu Problemen führen. Sie wirken nicht nur für eine spezifische Art von Bakterien, sondern können auch nützliche Bakterien vernichten. Aber es kommt noch schlimmer: Bakterien passen sich dem Antibiotika an und werden resistent dagegen. In diesem Kapitel werden wir uns mehr mit den traditionellen Pflanzenschutzmitteln befassen.

Eines der ersten Pestizide stellt Schwefel da, der zunächst von den Chinesen 1000 v. Chr. verwendet wurde, um Bakterien und Pilze (Schimmelpilze) zu vernichten. Schwefel ist auch heute noch weit verbreitet. In der Weinindustrie zum Beispiel wird Schwefel verwendet, um unerwünschte Bakterienwachstum in leeren Weinfässern zu verhindern. Darüber hinaus wird es den Wein zugesetzt, um Pilze zu töten. Die Chinesen verwendeten auch arsenhaltige Stoffe, um Insekten zu töten. Arsen hat eine lange Geschichte, sowohl bei der Verwendung als Insektizid und Herbizid, als auch in der Medizin (siehe Kapitel über Arsen). Arsentrioxid wurde im späten 18. Jahrhundert als Unkrautvernichtungsmittel verwendet. Bleiarsenat wurde als Insektizid vor allem in Obstplantagen angewandt, bevor synthetische Pestizide nach dem Zweiten Weltkrieg eingesetzt wurden. Sorgen über die Pestizidsicherheit von Bleiarsenat betrafen Rückstände auf Obst und in Obstgarten. Bis zum heutigen Tag sind einige Obstanbauflächen mit Blei und Arsen kontaminiert. Arsen wird heute in Form von chromhaltigen Kupferarsenat verwendet, um Holz, welches in Kontakt mit dem Erdreich steht, vor Fäulnis zu schützen.

Die Pflanzen stellen mehrere wichtige „natürliche“ Pflanzenschutzmittel zur Verfügung. Im späten 16. Jahrhundert wurde Nikotin, ein Extrakt aus Tabakblättern, als mögliches Insektizid erkannt. Weiterhin wurde es in begrenztem Umfang als Pestizid verwendet. Andere „natürliche“ Insektizide sind Pyrethrum, ein aus Chrysanthemen gewonnener Stoff und Strychnin, welches in den Strychninbaum (*Nux vomica*) enthalten ist und zur Tötung von Nagetiere verwendet wird. Parkinson, ein weiteres wichtiges Insektizid und Fischgift wurde aus der Wurzel *Derris eliptica* (eine südostasiatische Kletterpflanze) gewonnen. Pflanzenextrakte sind nützliche Mittel zur Bekämpfung von Schädlingen, aber sie sind oft schwierig zu reinigen und in großen Mengen zu produzieren. Folglich sorgte der Fortschritt in der Synthesechemie und das bessere Verständnis der Biologie der Schädlinge für einen signifikanten Anstieg in der Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.

Zur sofortigen Auslieferung! DDT, Die Wunderchemikalie in My-T-Kil Spray-49 ¢ Quart - Bloomingdale Haushaltswaren

Hauptbestandteil von My-T-Kil Spray ist die wundersame Chemikalie DDT, die in den Nachrichten Schlagzeilen macht. Die Armee hat sie bereits erfolgreich bei der Abtötung von Mücken, Wanzen, Schaben usw. eingesetzt! Jetzt können Sie dieses Wunder-Spray mit DDT zur Bekämpfung von Schädlinge und Insekten verwenden.

Warnung: Folgen Sie sorgfältig den Anweisungen.

Aus einer Anzeige von 1945 in der New York Herald Tribune

Die Entwicklung der Synthesechemie schritt in 1930er Jahren schnell voran und Anfang der 40er Jahre wurde eine Reihe neuer Pestizide entwickelt, einschließlich der Pflanzenschutzmittel wie DDT. 1937 wurden die ersten Organophosphatverbindungen von deutschen Chemikern synthetisiert. Diese sehr potenten Verbindungen wurden während des Zweiten Weltkriegs geheim gehalten und wurden ursprünglich als mögliche Kampfstoffe entwickelt. Nach dem Krieg wurden aus dieser Verbindungsklasse nach zusätzlicher Forschung und Entwicklung die Insektizide, die wir heute kennen.

Zusammen mit der Insektizidentwicklung wurden Herbizide entwickelt, um die Nahrungsmittelproduktion zu steigern, und diese Mittel als mögliche Kampfstoffe zu verwenden. Im Jahr 1946 wurden die ersten kommerziell verfügbaren Herbizide auf Chlorbasis vermarktet, um Laubpflanzen zu töten. Dieser Klasse von Verbindungen gehören 2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure) und 2,4,5-T (2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure) synthetische Auxine an, die das Pflanzenwachstum zu stören.

Diese Herbizide wurden exzessiv in der Landwirtschaft verwendet, um Straßenränder und Wege von Pflanzen zu befreien. Herbizide, insbesondere 2,4,5-T wurde im Zuge der Kriegsführung eingesetzt, um feindliche Lager - wie zum Beispiel den Dschungel von Vietnam - zu entlauben. Während des Herstellungsprozesses wurde 2,4,5-T mit dem sehr giftigen Dioxin TCDD (2,3,7,8-Tetrachlor-p-dioxin) kontaminiert. Dioxine, wie auch andere chlorierte Verbindungen (wie DDT), reichern sich im Fett an und können dort für längere Zeit verbleiben. Dioxin ist als karzinogen eingestuft und es ist auch bekannt, dass es auf das Immunsystem und die Reproduktionsorgane einwirkt. Dioxin-Verseuchungen führten schließlich zum Verbot von 2,4,5-T durch die amerikanische EPA (Environmental Protection Agency, die amerikanische Umweltbehörde), aber 2,4-D ist immer noch eines der am häufigsten verwendeten Herbiziden.

Wir haben aus schlechten Erfahrungen gelernt, dass wir die Herstellung und den Einsatz von Pestiziden gesetzlich regeln müssen. In den USA konzentrierte sich die Gesetzgebung zunächst auf den Schutz der Verbraucher vor Rückständen von Schädlingsbekämpfungsmitteln in Nahrungsmitteln. Es zeigte sich aber bald, dass eine Regelung auch für die Arbeitnehmer bei der Anwendung und bei den Arbeiten in der Nähe von Pestiziden erforderlich war. Der Kongress verabschiedete das erste Bundesgesetz speziell zur Regelung mit Pflanzenschutzmitteln im Jahr 1947. Dieses Gesetz (FIFRA: Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Akt) war der erste Versuch, Pestizide sicher und wirksam zu machen. Leider bot dieses Gesetz keinen ausreichenden Schutz für die Verbraucher oder Arbeitnehmer. Das Buch „Silent Spring“ („Stiller Frühling“) von Rachel Carson, erschien im Jahr 1962 und untersuchte die problematische Verwendung von Pestiziden. Es markiert einen Wendepunkt in unserem Verständnis für die Auswirkungen von Chemikalien auf Mensch und Umwelt. 1972 wurde die amerikanische EPA gegründet. Sie ist zuständig für die Registrierungen von Pestiziden, die aufgrund der geschätzten Risiken und des Nutzens bewertet werden. Im Jahr 1996 wurde das Gesetz zum Schutz der Lebensmittelqualität verabschiedet, welches die Exposition von Pestiziden auf Kinder und somit deren erhöhte Sensitivität berücksichtigt. Dieses Gesetz besagt, dass ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor benötigt wird, wenn das Risiko für Kinder abgeschätzt werden soll.

Sowohl die Mengen als auch die Ausgaben für Pestizide zeigen unsere Abhängigkeit zu diesen Chemikalien. Die EPA berichtet das ungefähr 2,2 Mio Tonnen an Pestizide in den Vereinigten Staaten im Jahre 2001 verbraucht wurden, was 2,4 kg pro Person entspricht. 2001 verbrauchte die Landwirtschaftsindustrie ungefähr 300 000 Tonnen an Pestizidwirkstoffen und weitere 4 600 Tonnen wurden von Hauseigentümern, der Regierung und Industrie für Rasenflächen und Gärten verwendet. Allein diese Menge hat einen Gesamtwert von 11,09 Milliarden \$, von denen 7,4 Milliarden \$ allein von der landwirtschaftlichen Industrie ausgegeben wurden. Weitere 360 000 Tonnen wurden für Holzschutzmittel und 1 180 000 Tonnen für Desinfektionsmittel ausgegeben (Tab. 6.1). Weltweit wurden im Jahr 2001 etwa 2,3 Millionen Tonnen Pestizidwirkstoffe für landwirtschaftlich genutzte Pestizide mit einem Gesamtwert von 130,8 Milliarden \$ eingesetzt.

Tab. 6.1 Geschätzter Pestizideinsatz in den USA (2001)

Typ	x 10 ³ Tonnen	Prozent
Herkömmliche Pestizide (Landwirtschaft)	400	18
Andere Pestizide (Schwefel & Erdöl)	145	6,5
Holzschutzmittel	360	16
Spezielle Biozide	158	7
Chlor/Hypochlorite	1185	52,5
Gesamt	2 248	100

(Chlor und Hypochlorite werden für die Wasseraufbereitung eingesetzt)

Quelle: EPA Pesticides Industry Sales and Usage 2000 and 2001 Market Estimates
(2004)

Die Entwicklung, die Toxikologie und die Nutzung und Regelung von Pestiziden bilden eine faszinierende Geschichte mit unterschiedlichen Facetten. Aus toxikologischer Sicht gibt sich das Prinzip der Dosis-Wirkung-Beziehungen und die individuelle Sensitivität durch die unterschiedliche Sensitivität bei kleinen Insekten und Kindern zu erkennen. Diese Sensitivität von Kindern und die subtilen Effekte der Pestizidexpositionen fördern das Verlangen nach einem schärferen gesetzlich regulierten Pestizidverbrauch und einen begründeten Einsatz, um unbeabsichtigte Expositionen zu verringern. Einige Gemeinden sind inzwischen dabei, den Gebrauch an Pestiziden auf Rasen und in der Landschaft zu verbieten und die Verwendung des Ausprühens von Herbiziden an Straßenrändern zur Pflanzenkontrolle zu untersagen. Menschen in aller Welt sehen inzwischen die Auswirkungen von Pestiziden auf die Umwelt. Pestizide sind erforderlich, um die Kulturpflanzen zu schützen und die weltweit wachsende Bevölkerung zu ernähren; Die Herausforderung besteht darin, diese Mittel umsichtig und mit Rücksicht möglicher

Schäden zu verwenden. Wir müssen weiterhin den nötigen Einsatz von Pestiziden verringern, sicherer und selektivere Pflanzenschutzmittel finden und empfindliche Bevölkerungsgruppen vor Exposition schützen.

Biologische Eigenschaften

Einführung

Pestizidexpositionen können durch Nahrungsmittel, Trinkwasser, bei der Anwendung im Haus, zur Insektenvernichtung oder am Arbeitsplatz auftreten. Die Pestizide beruhen auf zwei wesentlichen Prinzipien der Toxikologie: die Dosis-Wirkung-Beziehung und die individuelle Sensitivität. Pestizide wurden entworfen, um zu töten – bei Insekten beruht die Toxizität gewöhnlich auf das Nervensystem – aber die Größe ist entscheidend. Eine kleine Menge an Pestizid kann für ein Insekt fatal wirken, hauptsächlich weil das Insekt eine kleine Körpergröße hat und eine hohe metabolisieren Rate aufweist. Für ein Insekt bedeutet eine kleine Exposition eine hohe Dosis bezogen auf das Körpergewicht. Dieselbe kleine Menge ist für ein wesentlich größeres Tier verhältnismäßig harmlos, weil sie eine kleine Dosis bezogen auf das Körpergewicht für das Tier darstellt. Die gleiche Begründung gilt für die größere Empfindlichkeit bei Kindern gegenüber Pestiziden als bei Erwachsenen, wobei hier noch das sich entwickelnde Nervensystem einer Rolle spielt. Tab. 6.1 gibt einen Überblick, wie viel einer Substanz benötigt wird, um dieselbe Dosis für einen Erwachsenen, ein Kind oder ein Insekt zu erhalten. Während eine einzelne Dosis tödlich sein kann, können wiederholte Gaben kleine Menge an Pestiziden Nebenwirkungen verursachen.

Tabelle 6.1 Vergleich zwischen Körpergröße und Dosis

	Körpergröße	Nötige Menge für eine Dosis von 10 mg/kg
Erwachsener	70 kg	700 mg
Kind	10 kg	100 mg
Insekt	1 mg	0.00001 mg (1/100 000 mg)

Es gibt keine perfekten Pestizide aus Sicht des Zielorganismus und den unbeabsichtigten Opfern. Die Pestizide wirken auf grundlegende und lebensnotwendige biologische Funktionen ein. Da viele lebende Organismen viele Gemeinsamkeiten in dem biologischen Mechanismus haben, können Pestizide nie Spezies-spezifisch sein.

Pestizide können zur Ausrottung einer Pest beitragen, aber sie töten auch andere Organismen, die entweder wünschenswert oder zumindest nicht unerwünscht sind. Aber wir sind weit davon entfernt, um zu verstehen, was unerwünscht ist. Das ideale Pestizid sollte sehr spezifisch und sehr schnell nur auf einen Zielorganismus wirken und sich in der Umwelt schnell zu einem nicht-toxischen Stoff abbauen.

Insektizide

Die meisten chemischen Insektizide wirken durch Vergiftung des Nervensystems. Das zentrale und periphere Nervensystem der Insekten ist dem der Säugetiere ähnlich. Das bedeutet, dass bei ausreichender Exposition, Insektizide sich negativ auf die menschliche Gesundheit auswirken. Die Infekte sind für ein Insekt tödlich, aufgrund der hohen Dosis (Exposition relativ zur Körpergröße). Die Ähnlichkeiten des Nervensystems machen es fast unmöglich, ein Insektizid zu entwerfen, welches bei dieser Wirkung hoch spezifisch ist. Daher gibt es immer eine bestimmte Anzahl an Organismen, die durch diese Exposition ebenfalls betroffen sind. Neuere Pestizide sind spezifischer und haben eine geringere Persistenz in der Umwelt. Wir werden die bekanntesten Insektizidklassen, Organochlorverbindungen, Pyrethroide, Organophosphate und Carbamate genauer besprechen.

Organochlorverbindungen, zu denen auch DDT gehört, illustrieren viele Probleme von Insektiziden. Obwohl sie billig in der Herstellung sind und effektiv gegen gefährliche Schädlinge, haben einige schwerwiegende unerwünschte Folgen. Die chemische Struktur organischer Chlorverbindungen ist vielfältig, aber alle enthalten Chlor, die sie in einer größeren Klasse, den so genannten chlorierten Kohlenwasserstoffen vereinigt. Im Nervensystem stören Organochlorverbindungen den Fluss von Ionen, wie Calcium, Chlorid, Natrium und Kalium in und aus den Nervenzellen. Abhängig von der chemischen Struktur haben sie noch andere Effekte auf das Nervensystem. Zuerst dachte man, Organochlorverbindungen wären ideal, weil sie sehr stabil, persistent und in der Umwelt nur langsam abgebaut werden. Sie sind fettlöslich (daher werden sie leicht von Insekten aufgenommen) und harmlos für Säugetiere. Es wurde leider ersichtlich, dass diese Eigenschaft der Persistenz und Fettlöslichkeit für die Umwelt und die Säugetiere unerwünscht sind. Die Persistenz und die Löslichkeit sorgten dafür, dass sie in die Nahrungskette gelangten und sich in dem Fett größerer Tiere und Menschen anreichern und an die Jüngeren über die Milch weitergegeben wurden. Die globale Verbreitung und Verwendung dieser Chemikalien führte zur Kontamination sämtlicher Organismen auf der ganzen Welt, einschließlich in arktischen und antarktischen Regionen, wo diese Insektizide kaum oder gar nicht benutzt wurden. Ein Rückgang in der Anzahl der Vögel, die mit belasteten Beutetieren in Kontakt kamen, war ein erstes Anzeichen für die unbeabsichtigten Folgen von DDT. DDT verursachte ein Dünner werden der Vogeleier, welches den Tod der sich entwickelnden Tiere zur Folge hatte. Organochlorverbindungen wie DDT sind inzwischen weitgehend aus Nordamerika und Europa verbannt, aber sie werden in Entwicklungsländer noch hergestellt angewendet. Organochlorierte Pestizide

bieten immer noch viele wichtige Einsichten über erwünschte und unerwünschte Eigenschaften von Pestiziden.

Organophosphate und Carbamate haben chemisch unterschiedliche Strukturen, aber besitzen einen ähnlichen Wirkmechanismus und werden hier als eine Insektizidklasse besprochen. Organophosphate wurden 1940 ursprünglich als hoch toxische biologische Kriegswaffen entwickelt (Nervengase). Viele Abkömmlinge, wie Sarin, Soman und VX, wurden von vielen Ländern gelagert und dies führte zu schwierigen Entsorgungsproblemen. Auf der Suche nach Spezies spezifischen und weniger toxischen Stoffen für Säugetiere, schufen die Forscher eine Vielzahl verschiedener Organophosphate. Als das Organophosphat Parathion zum ersten Mal als Ersatz für DDT eingesetzt wurde, nahm man an, dass dies eine Verbesserung aufgrund der besseren Spezifität sei. Leider gab es eine Reihe an Todesfälle, weil die Arbeiter die stärkere Toxizität gegenüber dem weniger akut giftigen DDT falsch einschätzten.

Das Problem der Organophosphate und Carbamate ist, dass sie einen wichtigen Neurotransmitter sowohl in Insekten als auch in Säugetieren beeinflussen. Der Neurotransmitter Acetylcholin ist wichtig für die Kommunikation der Zellen untereinander. Das von einer Nervenzelle freigesetzt Acetylcholin sorgt für die Kommunikation mit einer anderen Nervenzelle, aber diese Erregung muss dann wieder gestoppt werden. Zum Stoppen wird Acetylcholin aus der Zelle Umgebung entfernt. Die Klasse dieser Insektizide blockiert jedoch ein Enzym, welches dafür sorgt, dass nicht benötigte Acetylcholin zu entfernen (zu spalten). Das Acetylcholin spaltende Enzym heißt Acetylcholinesterase und diese Insektizidklasse wird als Acetylcholineseterase-Inhibitoren bezeichnet, weil sie dieses Enzym blockiert. Strukturelle Unterschiede bezüglich den zahlreichen Organophosphate und Carbamate haben Auswirkungen auf die Effizienz und den Blockierungsgrad der Acetylcholinesterase. So blockieren Nervengase Acetylcholinesterase wesentlich effizienter und lang anhaltender als die Pestizide. Diese Pestizide haben eine bedeutende Humantoxizität und Forscher arbeiten weiter daran, neue Insektizide mit weniger unbeabsichtigten Folgen zu entwickeln.

Eine neuere Insektizidklasse stellen die Pyrethroide da, die natürlicherweise in Chrysanthemen gefunden werden. Synthetische Pyrethroide wurden 1980 entwickelt aber das natürlich vorkommende Pyrethrum wurde bereits früher kommerziell verwendet. Ihr Einsatz hat in den letzten 20 Jahren stark zugenommen. Die chemische Struktur der Pyrethroide ist sehr unterschiedlich von dem der Organochlorverbindungen und Organophosphate, aber der Wirkmechanismus ist ebenfalls im Nervensystem. Pyrethroide beeinflussen den Na^+ -Fluss der und aus den Nervenzellen, was eine Hypersensitivität der Nervenzellen zum Neurotransmitter bewirkt. Strukturelle Änderung zwischen unterschiedlichen Pyrethroide können die toxischen Effekte auf spezifische Insekten und Säugetieren verändern. Synthetische Pyrethroide sind in der Umwelt persistenter als natürliche Pyrethroide, welches zu dem lichtempfindlich ist und durch Sonnenlicht sehr schnell abgebaut wird.

Herbizide

Herbizide werden angewendet, um Pflanzen zu töten oder zu schädigen. Herbizide gehören zu dem am schnellsten wachsenden Typen von Pestiziden. Vor 1930 waren Herbizide unspezifisch und oft auch sehr toxisch sowohl für Menschen als auch für Tiere. Um 1930 wurden neue Insektizide entwickelt und Forscher entdeckten mehrere Chemikalien, die selektiv Pflanzen töten. Diese Chemikalien sind weltweit im Einsatz, um die Lebensmittelproduktion zu steigern, indem sie das mit den Nutzpflanzen konkurrierende Unkraut vernichten. Sie wurden ebenfalls in der Kriegsführung als Entlaubungsmittel eingesetzt. Herbizide haben keine einheitlich chemische Struktur und auch die Wirkmechanismen sind sehr unterschiedlich. Deshalb werden sie hier nur in allgemeiner Form diskutiert. Interessierte Leser finden auf vielen Webseiten und der umfangreichen Forschungsliteratur genügend weiteres Material (siehe unten und die Präsentation).

Die bekanntesten (oder berüchtigtsten) Verbindungen der Herbizidklasse gehören zu den Chlorophenoxyverbindungen zu denen 2,4-D und 2,4,5-T und die Verunreinigung TCDDT. Diese Herbizidmischung (ab 1960 auch mit Agent Orange bezeichnet) wurde verwendet, um Laubpflanzen auf landwirtschaftlichen Feldern, entlang von Straßen Stromleitungen zu entfernen. Auch wurde es intensiv als chemischer Kampfstoff verwendet, um unerwünschte Vegetation zu beseitigen, zum Beispiel im Dschungel. Der Mechanismus dieser Klasse von Chemikalien ist kaum bekannt, aber es scheint so, dass sie mit pflanzlichen Hormonen interagieren. Verbesserungen bei der Herstellung von Chlorophenoxyverbindungen und das Verbot von 2,4,5-T reduzierten die Menge und der damit verbundenen Verunreinigungen, wie Dioxin, in der Umwelt.

Paraquat und das chemisch ähnliche Diquat sind nicht-selektive Herbizide, die auch toxisch für Säugetiere sind. Zufällige Expositionen oder Expositionen am Arbeitsplatz von Paraquat können beim Verschlucken, durch Einatmen oder beim Auftragen auf die Haut erfolgen. Bei all diesen Expositionen kann es zu schwerer Erkrankung oder zum Tod kommen. In den vereinigten Staaten wird es nicht verwendet, aber in den Entwicklungsländern wird Paraquat noch häufig eingesetzt. Früher wurde es als Vernichtungsmittel für die Marihuanapflanze verwendet, dieses Programm wurde jedoch abgebrochen, nachdem eine Reihe Todesfälle bei Marihuanarauchern durch Paraquatverunreinigungen festgestellt wurden.

Es gibt viele andere Herbizide, die Weiterverwendung finden, wie Alachlor, Glyphosat und Atrazin. Sie haben alle eine Reihe von Wirkungen auf Pflanzen und Tieren. Herbizide spielen eine große Rolle in der Landwirtschaft und viele denken, dass sie notwendig seien, die Ernteerträge zu schützen und die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Eine schwerwiegende Einschränkung vieler Herbizide ist jedoch ihre mangelnde Spezifität. Anders ausgedrückt, Herbizide können auch die Nutzpflanzen schädigen. Die Hersteller von Herbiziden sind dabei, dieses Problem anzugehen, indem sie auf die wachsende Biotechnologie setzen und genetisch veränderte Herbizide

resistente Pflanzen züchten. So produziert das Unternehmen Monsanto Glyphosphatsherbizide, die RoundUp genannt werden. Ebenso produziert das Unternehmen genetisch veränderte Sojabohnen, die resistent gegen RoundUp-Herbizide sind. Dies ermöglicht den Landwirten, RoundUp-Herbizide zu verwenden und sich um diese Sojapflanze nicht kümmern zu müssen. Diese genetisch veränderte ‚RoundUp Ready‘-Sojabohne wird trotz erheblichen internationalen Kontroversen weiterhin angebaut.

Fungizide, Rodentizide, Molluskizide

Fungizide wurden entwickelt, um Pilze und Schimmel, die in verschiedenen Formen überall vorkommen, zu entfernen. Die frühen Fungizide enthielten Schwefel, Kupfersulfat und Quecksilber. Fungizide sind heute sowohl für medizinische Behandlungen bei Menschen als auch für den Gebrauch der Landwirtschaft erhältlich. Die Kontrolle der Pflanzenpilze ist nicht nur wichtig, weil sie die Pflanzen schädigen, sondern sie produzieren auch toxische Stoffe (Mykotoxine), die ebenfalls schädlich sind. Einer der interessantesten Pilze *Aspergillus flavus* befällt häufig Nüsse (z. B. Erdnüsse) und Getreide (z. B. Mais). Dieser Pilz produziert Aflatoxin, welches zu Lebererkrankungen und in manchen Fällen sogar zu Leberkrebs führen kann. Ein anderer natürlich vorkommende Pilz auf Korn, erzeugt eine Ergotalkaloid, welches zu Halluzinationen führen kann.

Das Fungizid Hexachlorbenzol wurde zwischen 1940 und 1950 häufig angewandt, um Saatgut vor Pilzfäulnis zu schützen. Quecksilberverbindungen wurden für Saatgut angewandt, um dieses vor Bodenpilze zu schützen. Diese beiden Chemikalien verursachten unsägliches menschliches Leid, weil diese die behandelten Körner aßen, die als Saatgut vorgesehen waren. Der Gebrauch solcher gefährlichen Pestizide kann durch spezielles Saatgut und spezielle Speicherverfahren begrenzt werden, aber auch durch Änderung der Umweltbedingungen, wie Feuchtigkeit und Temperatur.

Rodentizide sind eine weitere Klasse Chemikalien, die entwickelt wurden, um kleine Säugetiere wie Ratten und Mäuse zu töten. Einige Rodentizide sind Antikoagulantien, die die Blutgerinnung hemmen; diese werden oft verwendet, um Rattenpopulationen zu kontrollieren. Eines der ersten Antikoagulantien Rodentizide war Warfarin. 1950 wurden die Ratten resistent gegen Warfarin, so dass die Wissenschaftler ein stärkeres Antikoagulantium entwickeln mussten. Andere Rodentizide bestehen aus Fluorescinsäure und Zinkphosphid (sehr giftig), sowie aus Thioharnstoffabkömmlinge. Eine Alternative zu den Rodentizide stellen Fallen dar.

Molluskizide werden zur Tötung von Schnecken angewendet. Schnecken sind eng verwandt mit Muscheln. Der am häufigsten verwendete Wirkstoff in Molluskizide ist Metaldehyd, der den Schneckenmagen beeinflusst und dadurch zum Tod der Schnecken führt. Dieses Produkt wird häufig in Form von bunten Tabletten hergestellt, die unglücklicherweise auch attraktiv (und toxisch) für Kinder sind. Auch auf Tiere wie

Hunde, Katzen und Vögel wirken diese Tabletten attraktiv. Einige Hersteller machen diese durch den Zusatz von Bitterstoffen für Kinder ungenießbar. Alternativen zur Verwendung von chemischen Molluskizide umfassen Fallen, Barrieren oder durch Umgestaltung der Gärten, die weniger attraktiv für Schnecken sind. Eisenphosphathaltige Schneckenkugeln sind ebenfalls verfügbar und etwas weniger toxisch.

Integrated Pest Management (IPM)

Integrated Pest Management (Integrierter Pflanzenschutz, IPM) ist eine Alternative und umweltfreundliche Strategie für Pflanzenschutz. IPM nützt die natürlichen Abwehrmechanismen der Pflanzen gegen Schädlinge und bei Bedarf hochselektive Pestizide. IPM nutzt die Lebenszyklen von Schädlingen aus und setzt auf einen sorgfältigen Anbau von Pflanzen, in einer für die Pflanzen angemessenen Umgebung. Eines der wesentlichen Ziele des integrierten Pflanzenschutzes ist es, den Einsatz von Pestiziden zu minimieren und bei Gebrauch von Pestiziden, die wenigsten giftigen Pestizide zu verwenden. Pestizide können auch nützliche Insekten töten. IPM schützt die gesamte Ökogemeinschaft, reduziert die Exposition gegenüber Pestiziden und bewahrt gleichzeitig die Produktion und Schönheit der Pflanzenkulturen.

Gesundheitliche Auswirkungen

Einführung

Drei der wichtigsten gesundheitsbezogenen Themen in Bezug auf die Verwendung von Pestiziden sind: 1. Arbeitssicherheit, 2. Auswirkungen auf Kinder, 3. unbeabsichtigte Auswirkungen auf andere Arten und die Umwelt. Erinnerung sei nochmals an die wichtigsten Prinzipien der Toxikologie: Unterschiede zwischen hochdosierten akuten Expositionen, niedrigdosierte chronische Expositionen, sowie schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit, die in Verbindung mit unterschiedlichen Expositionswegen zusammenhängen (Überblick Kapitel 1).

Alle Arten haben einige grundlegende biologische Ähnlichkeiten, und egal wie wir uns auch bemühen, wir können Pflanzenschutzmittel nicht so planen, dass sie nur für eine Art wirken. Pestizide sind zum Töten konzipiert und da sie nicht spezifisch sind, schädigen oder töten sie auch andere Organismen, Menschen eingeschlossen. Die Weltgesundheitsorganisation schätzt, dass es 3 Millionen Fälle an Pestizidvergiftungen jedes Jahr mit 220.000 Toten gibt, die meisten davon in Entwicklungsländern. Die Anwendung von Pestiziden ist häufig nicht sehr genau und es können unbeabsichtigte Expositionen im Anwendungsbereich auf andere Organismen auftreten. Kinder und junge sich entwickelnde Organismen sind besonders anfällig für die schädlichen

Auswirkungen eines Pestizids. Die Folgen bei geringerer Exposition sind häufig unbekannt, aber sie können auch gesundheitsschädliche Auswirkungen haben.

Eine Pestizidbelastung kann eine Reihe von neurologischen Auswirkungen auf die Gesundheit nach sich ziehen, wie Gedächtnisverlust, Koordinierungsschwäche, Verlangsamung der Reizreaktionen, unkontrollierte Stimmungsänderungen und allgemeine Verhaltensänderungen, sowie eine Reduzierung motorischer Fähigkeiten. Diese Symptome sind oft nicht eindeutig und werden von Ärzten nicht unbedingt erkannt. Eine Pestizidbelastung kann auch zu Asthma, Allergien und Überempfindlichkeit führen. Eine chronische Belastung mit Pestiziden stellt ein weiteres Problem dar. Es können neurologischen Wirkungen auftreten und es gibt die Möglichkeit eines erhöhten Krebsrisikos. Darüber hinaus gibt es neben den eigentlichen Wirkstoffen noch weitere Bestandteile (manchmal als inerte Bestandteile bezeichnet), weil Lösungsmittel, die beim Einatmen oder bei der Aufnahme durch die Haut giftig sind. Diese „inerten“ Bestandteile sind selten so genau geprüft wie die aktiven Wirkstoffe und werden nur selten auf den Produktetiketten angegeben. Daher wissen die Arbeiter bei Anwendung dieser Pestizide nicht, welchen Chemikalien sie ausgesetzt sind.

Der Bericht des Natural Resources Defense Council (NRDC) „Nicht tolerierbare Risiken: Pestizide in Kindernahrung“ konzentrierte sich auf mögliche Auswirkungen von Pestiziden auf Kinder. In dem Bericht steht, dass die geringere Körpergröße im Vergleich zu Erwachsenen, sowie die unterschiedlichen Ernährungsgewohnheiten, ein größeres Risiko für Kinder darstellen.

Gemessen an ihrer Größe essen, trinken und atmen Kinder mehr als Erwachsene. Der Körper und die Organe wachsen schneller und dies macht sie empfindlicher. Die Verwendung und die Gesetzgebung von Pestiziden machen die Komplexität der Risikoanalyse und des Risikomanagements deutlich, sowie die Schwierigkeiten bei der Bestimmung eines allgemein akzeptablen Expositionswertes mit angemessenen Risiken, insbesondere für die mit diesen Produkten in Kontakt tretenden Populationen.

Auswirkungen der Pestizide auf die menschliche Gesundheit

Die meisten Insektizide haben Auswirkungen auf das Nervensystem, daher sind auch die Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit bei Exposition ähnlich. Eine akute Aufnahme organochlorhaltiger Insektizide kann zu einem Verlust der Empfindungen im Mundbereich führen; Licht-, Geräusch- und Berührungsempfindlichkeit, Benommenheit, zittern, Übelkeit, Erbrechen, gestörte Auffassungsgabe und Verwirrtheit sind weitere Folgen. Eine chronische Insektizidaufnahme kann Gewichtsverlust, Muskelschwäche, Kopfschmerzen, Angst und eine Reihe weiterer neurologischer Beschwerden hervorrufen. DDT ist ein Beispiel eines Insektizids, von dem geglaubt wurde, dass es sehr sicher für Menschen sei, weil es durch die Haut nur schwer aufgenommen wird. Fotos aus dem Jahr 1950 zeigen Personen, die mit DDT eingesprüht werden, um Insekten zu töten und die Sicherheit zu demonstrieren. Eine akute DDT-Vergiftung durch orale Einnahme tritt erst bei einer verhältnismäßig hohen Menge von 10 mg/Kilogramm auf.

Aber es war die lange Verweilzeit in der Umwelt und die Anhäufung des Insektizid in Menschen und Tiergewebe und die Auswirkungen auf Vögel, die zusammen mit den meisten Organochlorverbindungen Verbindungen zum Verbot führten.

Ein anderes erwähnenswertes chlororganisches Insektizid ist Kepone oder Chlordecon. Im Jahr 1975 zeigt mehr als 70 Arbeiter bei der Herstellung von Kepone Hopewell, Virginia eine Vielzahl neurologischer Symptome, die schwerwiegenden davon wurden als „Kepone shakes“ bezeichnet. Die Symptome begannen etwa 30 Tage nach der ersten Kepone-Exposition. Nachfolgende Tests zeigten eine Abnahme der Spermienzahl und deren Beweglichkeit. Kepone wurde später als umwelttoxisch eingestuft und seine Verwendung zu Gunsten von Organophosphaten eingestellt.

Organophosphate sind weit weniger umweltgefährlich als Organochlorverbindungen, sie werfen aber andere Probleme auf. In erster Linie sind sie toxisch für Säugetiere. Im Gegensatz zu DDT werden Organophosphate durch die Haut aufgenommen, was zu Problemen zum Schutz der Arbeitnehmer vor der Exposition führen kann. Eine akute Organophosphatvergiftung verursacht Anzeichen und Symptome eines Übermaß an Acetylcholin, wie vermehrter Speichelfluss und Schweißbildung, Verengung der Pupillen, Übelkeit, Durchfall, Blutdruckabfall, Muskelschwäche und Müdigkeit. Normalerweise verschwinden die Symptome einer akuten Exposition innerhalb weniger Tage (wenn die Exposition nicht zu hoch war) nach Expositionsbeendigung, wenn die Acetylcholinspiegel ihren Normwert erreicht haben. Andere Organophosphate zeigen eine verzögerte neurologische Reaktion, die durch Muskelschwäche in Armen und Beinen gekennzeichnet ist. Ein Beispiel für die Auswirkungen Organophosphatverbindungen auf die menschliche Gesundheit zeigte sich während der Prohibition, als Menschen ein hausgemachtes alkoholisches Getränk mit Jamaikaingwer tranken, welches mit Triorthokresylphosphat (TOCP, ein Organophosphat) verunreinigt war. Mehr als 20.000 Menschen waren von der so genannten „Ingwer-Schüttellähmung“ betroffen. In späteren Untersuchungen wurde festgestellt, dass diese Effekte bei Tieren wiederholt werden konnte und die Regierung beschloss, dass Organophosphate auf Langzeiteffekte untersucht werden müssen, um zugelassen zu werden. Die Organophosphatvergiftungen nahmen ständig ab, nachdem neue Alternativen entwickelt wurden.

Zu den viel versprechenden Alternativen zählten synthetische Pyrethroide. Allerdings können Pyrethroide Übererregung, Aggressivität, fehlende Koordination, Tremor und Krampfanfälle verursachen. Eine akute Vergiftung bei Menschen, die in der Regel durch Hautexposition aufgrund schlechter Bearbeitungsverfahren hervorgerufen wird, verschwindet normalerweise innerhalb von 24 Stunden wieder. Auch wenn sie nicht besonders giftig für Säugetiere sind, können sie eine allergische Hautreaktion beim Menschen hervorrufen. Einige Pyrethroide können Krebs verursachen, Reproduktions- oder Entwicklungsstörungen oder Auswirkungen auf das endokrine System haben.

Auswirkungen der Herbizide auf die menschliche Gesundheit

Herbizide sollen Pflanzen töten und keine Tiere. Im Allgemeinen sind sie auch weniger toxisch für Säugetiere als auch Insekten. Die meisten Herbizide greifen in pflanzliche Hormon- oder Enzymsysteme ein, die keine direkte Entsprechung in Tieren haben. Die schwerwiegendsten Gesundheitsfolgen treten im Zusammenhang mit den Verunreinigungen in den Wirkstoffen auf. Es gibt eine enorme Menge an toxikologischen Daten aus Tieren und einige aus Menschen über 2,4-D und 2,4,5-T, aber mittlerweile wird klar, dass diese Toxizität von Dioxinverunreinigungen (TCDD) verursacht wurden. Militärisches Personal und andere Personen, die mit TCDD verseuchtem Agent Organge ausgesetzt waren, berichteten über Fehlgeburten, Krebs, Lebererkrankungen und andere Beschwerden. Diese Aussagen führten zu einer Verbesserung des Herstellungsprozesses, um eine TCDD-Kontamination zu reduzieren und zu einer Verringerung der 2,4-D-Herbizide beizutragen.

Es besteht auch Grund zur Sorge, dass einige Herbizide Auswirkungen auf Tiere haben. So beeinträchtigt das persistente Atrazin Frösche. Die Sorge über die Auswirkungen von Atrazin auf Amphibien führte zum Verbot in der Europäischen Union, aber Atrazin bleibt mit 32.000 t pro Jahr das am häufigsten verwendete Herbizid in den USA. Die Persistenz der Herbizide führt auch zur Verunreinigung des Oberflächen- und Grundwassers. Es besteht ein anhaltender Bedarf für weitere Alternativen der Herbisanwendung.

Auswirkungen von anderen Pestizide auf die menschliche Gesundheit

Fungizide verursachten eine Reihe von Gesundheitskatastrophen. In den späten 1950er Jahren wurden rund 4000 Menschen in der Türkei mit Hexachlorbenzol vergiftet, welches zum Schutz vor Bodenpilze dem Saatgut zugefügt worden war. Erwachsene und besonders Kinder, die versehentlich das behandelte Saatgut gegessen hatten, zeigten Erkrankungen der Haut und der Knochen. Im Irak kam es zu einem ähnlichen Zwischenfall, als Menschen mit Quecksilber behandeltes Saatgut aßen.

Rodentizide wurden klar dafür entwickelt, um Säugetiere zu töten und sind daher auch giftig für den Menschen (mit Ausnahme von Thioharnstoffverbindungen). Daher sollte der Kontakt mit diesen Verbindungen möglichst vermieden werden. Adler, Wölfe und andere Tiere, die Nagetiere fressen und in der Nahrungskette höher stehen, sind besonders gefährdet.

Verringerung der Exposition

Mit geschätzten 3 Millionen Menschen, die pro Jahr von Pestiziden betroffen sind, besteht die Hauptaufgabe darin, diese Exposition zu verringern. Viele Entwicklungsländer benutzen weiterhin Pestizide, die in den Vereinigten Staaten und Europa inzwischen verboten sind.

Als Einzelne und als Gesellschaft müssen wir die Nutzung jeglicher Art von Pestiziden überprüfen und nach Alternativen suchen. Der Pestizidgebrauch in Eigenheimen ist weit verbreitet und leider finden dort auch die meisten Pestizidvergiftungen statt. Diese Verbraucher wenden die Pestizide in einer viel größeren Menge pro Fläche an als Landwirte oder Fachleute. Kinder sind besonders dem steigenden Pestizidrisiko ausgesetzt, welches sich sowohl außerhalb der Wohnung, als auch innerhalb der Wohnung zurückverfolgen lässt. Die Lagerung und die sachgemäße Entsorgung von Pestiziden verdienen besondere Aufmerksamkeit. Der Pestizideinsatz rund ums Haus sollte weitestgehend vermieden werden, und es sollten, wenn doch erforderlich, nicht-chemische Methoden der Schädlingsbekämpfung angewendet werden. Der integrierte Pflanzenschutz (IPM) stellt ein Versuch dar, den Pestizideinsatz durch Vorbeugung, Überwachung und den Gebrauch weniger toxischen Mittel zu entschärfen. Weit verbreitet in der Landwirtschaft, Landschaftspflege und in der baulichen Schädlingsbekämpfung, kann IPM auch von Einzelpersonen im und ums Haus angewendet werden. Der IPM-Ansatz fördert richtige Lebensmittelabfallwirtschaft, Landschaftsgestaltung, Pflanzenauswahl, natürliche Schädlingskontrollen und den Einsatz von Fallen, Barrieren und mechanisches Entfernen.

Gesetzliche Grundlagen

Die Erfahrung lehrt deutlich, die Notwendigkeit einer Regulierung des Pestizideinsatzes durch die Gesetzgebung. In den USA wurde das Insektizid-, Fungizid- und Rattengiftbundesgesetz (Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act, FIFRA) 1947 verabschiedet und erlaubte dem US Department of Agriculture eine entsprechende Regelung zur Kennzeichnung von Pestizide durchzusetzen. Später sollte die US Food and Drug Administration sicherstellen, dass die Lebensmittel pestizidfrei sind. 1972 wurde die Verwaltung der FIFRA an die US-Umweltbehörde übergeben. Nachträgliche Korrekturen des Gesetzes (FIFRA) stellten höhere Prüfanforderungen an die Unternehmen, bevor ein Pestizid zugelassen wurde. Die aktuellen Anforderungen umfassen die akute Toxizitätsprüfung und die Prüfungen inerter Bestandteile; chronische sub-chronische Prüfung wird jedoch nur für den Wirkstoff benötigt. Diese, von den Herstellern durchgeführten, und bei der EPA eingereichten Testergebnisse werden verwendet, um potenzielle Risiken für die menschliche Gesundheit und der Umwelt einzuschätzen. Es gibt auch internationale Bemühungen, einheitliche Standards für die Vereinigten Staaten, Europa und Japan zu setzen.

Empfehlung und Folgerungen

Pestizide sind weit verbreitet, um sicherzustellen, dass eine angemessene Lebensmittelversorgung, sowie der Gesundheitsschutz und der Schutz vor unerwünschten Schädlingen gewährleistet sind. Aber trotz ihrer Eigenschaften sind diese Chemikalien nicht unproblematisch. Es gibt mehrere bekannte und potenzielle Risiken des Pestizideinsatzes und in der Forschung muss alles getan werden, Alternativen für einen effektiveren und spezifischeren Einsatz zu finden. Es müssen auch Pestizide mit

geringeren Umweltauswirkungen entwickelt werden. Unternehmen, Schulen, Institute und Hobbygärtner, die Pestizide verwenden, sollten sich um integrierten Pflanzenschutz (IPM) kümmern, um den Pestizidverbrauch zu reduzieren. Ein weiteres Problem stellen fehlende Daten über die Verwendung von Pestiziden in der Landwirtschaft, in Unternehmen oder im Haus dar. Staaten und Nationen sollten die Verwendung von Pestizidregister in Erwägung ziehen, um den aktuellen Pestizidverbrauch zu bestimmen und Studien über Auswirkungen von Pestiziden auf die Gesundheit und die Umwelt zu unterstützen.

Weitere Informationen und Nachweise

Präsentation

- A Small Dose of Pesticide presentation material and references online:
<http://www.toxipedia.org> or <http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Pesticides>
Web site contains presentation material related to the health effects of pesticides.

Europäische, asiatische und internationale Behörden

- European Union – Chemical and Pesticide Information. Online:
<<http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/index.htm>> (accessed: 30 September 2008).
Site contains policy and other information on the use of pesticides in agriculture.
- World Health Organization - WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES).
Online: < <http://www.who.int/whopes/en/> > (accessed: 30 September 2008).
- WHOPES is an “international programme which promotes and coordinates the testing and evaluation of new pesticides proposed for public health use.”
- International Programme on Chemical Safety (IPCS). Online:
<<http://www.who.int/pcs/index.htm>> (accessed: 30 September 2008).
“IPSC main roles are to establish the scientific basis for safe use of chemicals, and to strengthen national capabilities and capacities for chemical safety.”

Nordamerikanische Behörden

- Health Canada – Pesticide Information. Online: < <http://www.pmra-arla.gc.ca/english/consum/properuse-e.html> > (accessed: 30 September 2008). Health Canada provided a range of information on pesticides in English or French.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) - Office of Pesticides Programs (OPP). Online: <<http://www.epa.gov/pesticides/>> (accessed: 30 September 2008). OPP’s mission is “to protect public health and the environment from the risks posed by pesticides and to promote safer means of pest control.”
- U.S. Geological Survey – National Water-Quality Assessment (NAWQA) Program. Online: < <http://water.usgs.gov/nawqa/pnsp/> > (accessed: 30 September 2008). NAWQA provides an assessment water use in the U.S. and of pesticides in the streams, rivers, and ground water of the United States.
- California Department of Pesticide Regulation. Online: <<http://www.cdpr.ca.gov/>> (accessed: 30 September 2008). The mission of this Department is “to protect human health and the environment by regulating pesticide sales and use, and by fostering reduced-risk pest management.”

Regierungsunabhängige Organisationen

- Pesticide Action Network North America (PANNA). Online: <<http://www.panna.org>> (accessed: 30 September 2008). “PANNA works to replace pesticide use with ecologically sound and socially just alternatives.”
- Pesticide Action Network International (PANI). Online: <<http://www.pan-international.org/>> (accessed: 30 September 2008). “PANI is a network of over 600 participating nongovernmental organizations, institutions and individuals in over 60 countries working to replace the use of hazardous pesticides with ecologically sound alternatives (English, French, Spanish).”
- Pesticide Database site – by Pesticide Action Network North America (PAN). Online: <<http://www.pesticideinfo.org/>> (accessed: 30 September 2008). “The PAN Pesticide Database brings together a diverse array of information on pesticides from many different sources, providing human toxicity (chronic and acute), ecotoxicity and regulatory information for about 6,400 pesticide active ingredients and their transformation products, as well as adjuvants and solvents used in pesticide products.”

- 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 University and EPA. NPTN serves as a source of objective, science-based pesticide information on a wide range of pesticide-related topics, such as recognition and management of pesticide poisonings, safety information, health and environmental effects, referrals for investigation of pesticide incidents and emergency treatment for both humans and animals, and cleanup and disposal procedures.
- Beyond Pesticides. Online: <<http://www.beyondpesticides.org/>> (accessed: 30 September 2008).
“Beyond Pesticides is a national network committed to pesticide safety and the adoption of alternative pest management strategies which reduce or eliminate a dependency on toxic chemicals.”
- EXTOXNET InfoBase. Online: <<http://ace.orst.edu/info/extoxnet/>> (accessed: 30 September 2008).
EXTOXNET provides a variety of information about pesticides, including - the Pesticide Information Profiles (PIPs) for specific information on pesticides and the Toxicology Information Briefs (TIBs) contain a discussion of certain concepts in toxicology and environmental chemistry.
- Washington Toxics Coalition (WTC). Online: <www.watoxics.org> (accessed: 30 September 2008).
WTC provides information on model pesticide policies, alternatives to home pesticides, and much more.

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).
Defines IPM principles and provides additional resources.
- University of California Statewide Integrated Pest Management Program (UC IPM). Online: <http://www.ipm.ucdavis.edu/IPMPROJECT/about.html> (accessed 30 September 2008).

The UC IPM “develops and promotes the use of integrated, ecologically sound pest management programs in California to serve agriculture, urban and community, and natural resources audiences.”

- US Federal IPM Coordinating Committee. <http://www.ipm.gov/>. (accessed 30 September 2008).
Provides information to/from the United States Federal IPM Coordinating Committee.
- IPM Institute of North America, Inc. <http://www.ipminstitute.org/>. (accessed 30 September 2008).
“An independent non-profit organization formed in 1998 to foster recognition and rewards in the marketplace for goods and service providers who practice Integrated Pest Management, or IPM.”
- IPMopedia - IPM Education Project. http://ipmopedia.org. (accessed 30 September 2008).
Provides a wide range of information on IPM.

Referenzen

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).