# บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (Pesticides) หมายถึง สารใดๆ หรือส่วนผสมของสารใดๆ ที่นำมาใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ไล่ หรือควบคุมศัตรูพืช อันรวมถึงพันธุ์พืชหรือสัตว์ที่เราไม่ต้องการในช่วงขณะกำลังผลิต การเก็บรักษา การขนส่ง การกระจาย และการแปรรูปอาหาร ผลผลิตเกษตรหรืออาหารสัตว์ หรือผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตภายนอก

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกือบทั้งหมดในปัจจุบันจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีสังเคราะห์อันเป็นต้นเหตุของปัญหาด้านพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญของประเทศไทย สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

1. สารเคมีกำจัดแมลง (Insecticides)
2. สารเคมีกำจัดวัชพืช (Herbides)
3. สารเคมีกำจัดเชื้อรา (Fungicides)
4. สารเคมีกำจัดหนูหรือสัตว์ฟันแทะ (Rodenticides)

### 2.1.1 สารเคมีกำจัดแมลง (Insectcides)

สารเคมีกำจัดแมลงแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี ได้ 4 ประเภท ได้แก่

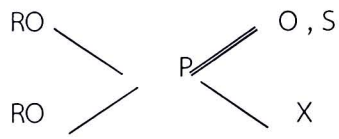
#### 2.1.1.1 สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ( Organochlorine insecticide )

สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นสารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างไฮโดรเจนและอะตอมของคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (chlorinated hydrocarbon) สารในกลุ่มนี้มีความคงทนในธรรมชาติเป็นเวลานาน สลายตัวในสิ่งแวดล้อมช้า เนื่องจากพันธะระหว่างอะตอมของคาร์บอนและคลอรีนมีความแข็งแรง นอกจากนี้สารกลุ่มนี้ยังละลายได้ดีในไขมัน ทำให้ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย มีการสะสมมากขึ้นในสิ่งมีชีวิตผ่านห่วงโซ่อาหาร (biomagnifications) สารสำคัญในกลุ่มนี้ได้แก่ ดีดีที (DDT) เมททอกซีคลอร์ ( methoxychlor ) แอลดริน (aldrin) เดลดิน (dieldrin) และ ลินเดน (lindane) เป็นต้น ความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงส่วนใหญ่มีผลต่อระบบประสาท อาการที่พบคือ ตัวสั่น ชักกระตุก เนื่องจากเกิดการกระตุ้นเซลล์ประสาทซ้ำหลายๆครั้ง

#### สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ออร์กาโนฟอสฟอรัส (Organophosphorus Insecticide)

ออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มใหญ่ซึ่งมีจำนวนชนิดของสารออกฤทธิ์มากที่สุด ปัจจุบันมีสารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสมากกว่า 100,000 ชนิด ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นเพื่อศึกษา

ความเป็นพิษต่อแมลง และมีประมาณมากกว่า 100 ชนิดที่ได้มีการผลิตขายในเชิงการค้าชนิดแรกมีพัฒนาขึ้นแนะนำใช้เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชใน พ.ศ. 2488 คือ ซราดาน (Schradan) แต่ยังไม่แพร่หลายเท่าสารในกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จนถึงประมาณ พ.ศ. 2505 จึงได้มีการยอมรับนำสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิดต่างๆ มาใช้ทดแทนสารออร์กาโนคลอรีน เนื่องจากมีข้อดีต่างๆ ได้แก่ การมีประสิทธิภาพสูงต่อแมลงที่สร้างความต้านทานต่อสารออร์กาโนคลอรีน มีการแตกสลายในสิ่งมีชีวิต (Biodegradable) และมีการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า




**ภาพที่ 2.1** ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ประกอบด้วย หมู่ R 2 หมู่ โดย ทั้ง 2 หมู่ จะเหมือนกัน อาจเป็นหมู่เมททิล (methyl) หรือเอทธิล (ethyl) หรือเป็นหมู่ที่ค่อนข้างซับซ้อนกว่า โดยอาจเป็นสารแอลลิฟาติก (aliphatic) โฮโมไซคลิก (homocyclic) หรือเฮทเทอโรไซคลิก (heterocyclic) ซึ่งต่อกับอะตอมฟอสฟอรัสโดยตรง หรือบางครั้งต่อโดยมีเอสเตอร์ (ester) หรือไทโอเอสเตอร์ (thioester) เป็นตัวเชื่อมโยง ได้แก่ P-O-X หรือ P-S-X ดังแสดงในภาพที่ 2.1

**พิษวิทยาของสารกำจัดศัตรูพืชออร์การ์โนฟอสเฟต**

ออร์กาโนฟอสเฟตเป็นพิษต่อแมลงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ขั้นแรกสารพิษจะทำให้เกิดฟอสฟอรีเลชั่น(Phosphorylation) กับเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (Acetylcholenesterase) ที่ปลายประสาท ทำให้ปริมาณของเอนไซม์ที่ทำงานได้ลดน้อยลงถ้าสารพิษเข้าสู่ร่างกายมากจนถึงระดับหนึ่งจะเกิดการสะสมของอะเซทธิลโคลีน (Acetylcholine)ที่เป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณระหว่างเส้นประสาท ณ บริเวณปลายประสาทที่มาประสานกัน ทำให้แมลงและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเกิดอาการทางประสาทได้ สารพิษออร์กาโนฟอสเฟตทำให้การส่งสัญญาณในสมองเสื่อมลง มีผลต่อระบบสัมผัส การเคลื่อนไหวพฤติกรรมและการทำงานของระบบหายใจ การเสียชีวิตเนื่องจากระบบหายใจถูกกด ร่างกายจะกลับคืนเป็นปกติได้ก็ต่อเมื่อมีการเอนไซม์ใหม่เข้าไปชดเชยเอนไซม์ที่หมดสภาพไปแล้ว

ออร์กาโนฟอสเฟตเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ การกิน และผ่านเข้าทางผิวหนัง ความเป็นพิษขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงสารพิษออร์กาโนฟอสเฟตในร่างกายโดยวิธีการ ไฮโดรไลซีส (hydrolysis) ในตับทำให้กำจัดการเกิดพิษของสารพิษชนิดนี้ได้ก่อนที่จะมีปริมาณในร่างกายสูงถึงระดับที่ทำอันตรายต่อเอนไซม์อะเซธิลโคลีนเอสเตอเรส สารพิษออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดสามารถเปลี่ยนรูปจาก ไธออน ไปเป็นอ็อกซอนในรูปที่มีพิษมากกว่าการเปลี่ยนรูปเช่นนี้เกิดขึ้นเสมอเนื่องจากอิทธิพลของแสงแดดและในร่างกาย เอนไซม์อะเซธิลโคลีนเอสเตอเรสที่ถูกฟอสเฟอรีเลท บางส่วนจะกลับคืนสู่สภาพเดิมโดยยาแก้พิษ

พวกออกซีม(Oxime)ทั้งนี้ขึ้นกับสารพิษออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิด และบางส่วนจะคืนสู่สภาพเดิมโดยปฏิกิริยาย้อนกลับ สารพิษออร์กาโนฟอสเฟตจะทำให้เกิดพิษทางประสาทโดยเข้าไปทำลายไมเยลิน (myeline)จะที่หุ้มส่วนนอกของประสาทโอกาสเกิดพิษแบบนี้น้อยมาก อาการเกิดพิษจะพบว่า พบว่าทำให้แขนขา ชา ปวดและไม่มีแรง อาการเหล่านี้จะเป็นอยู่นานหลายเดือนหรือหลายปีสารพิษออร์กาโนฟอสเฟตที่สงสัยว่าจะเป็นพิษที่ทำให้เกิดโรคทางประสาทดังกล่าวได้แก่สารพิษในกลุ่ม ฟีนิลฟอสโฟโนไธโอเอท (phenylphophonothaioate ) ไซยาโนเฟนฟอส (cyanofesphos) อีพีเอ็น (EPN) เล็บโตฟอส (Leptophos) และ อีบีพี ( EBP)

สารพิษออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดจะแสดงคุณสมบัติทางการเกิดพิษแตกต่างไปจากการเกิดพิษโดยปกติทั่วๆไปของสารพิษในกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟตอาจจะเป็นอันตรายมากกว่าเช่นผลพลอยได้ที่เกิดจากการที่สารมลพิษมาลาไธออนที่เก็บไว้นานๆนั้นจะขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ที่ตับ ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ทำให้เกิดกระบวนการสลายมาลาไธออนเหตุนี้เองจะทำให้พิษของมาลาไธออนมากกว่าปกติ สารพิษออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดมีข้อยกเว้นอยู่บ้างเหมือนกันคือจะสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน เมื่อสารพิษชนิดนี้ถูกปล่อยเข้าสู่กระแสโลหิต จึงจำเป็นต้องใช้ยาแก้พิษรักษาพิษที่นานพอสมควร นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆอีกที่ยังไม่ทราบแน่ชัดว่าทำให้เกิดการเพิ่มพิษของสารพิษ ออร์กาโนฟอสเฟต

**ลักษณะอาการของการได้รับสารพิษ**

อาการของพิษเฉียบพลันจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผู้ป่วยได้รับสารพิษหรือภายในเวลา 12 ชั่วโมง (มักจะเกิดขึ้นภายในเวลา 4 ชั่วโมง ) ระยะแรกผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลีย การทำงานของกล้ามเนื้อไม่ประสานกัน กล้ามเนื้อกระตุก ตัวสั่น คลื่นไส้ เกิดตะคริวที่ท้อง ท้องร่วงและเหงื่อออกมาก นอกจากนี้จะเกิดอาการตาพร่า เกิดการสับสน แน่หน้าอก หายใจลำบาก ไอ และอาจเกิดอาการปอดบวมน้ำ ไม่สามารถควบคุมการขับถ่าย ไม่รู้สึกตัว หมดสติ ถ้าเกิดพาอย่างรุนแรงจะมีอาการชัก หัวใจเต้นช้าน้ำลายและน้ำตาไหล อาการพิษทางโรคจิตจะมีอาการคลุ้มคลั่งและมีพฤติกรรมที่ผิดปกติ ทำให้วินิจฉัยโรคผิดว่าเป็นโรคสุรา การที่หัวใจเต้นช้าลง การได้รับสารพิษออร์กาโนฟอสเฟตในขนาดปานกลางติดต่อกันไปทุกวันอาจทำให้เกิดอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่คืออ่อนเพลีย เบื่ออาหาร และไม่สบาย ผู้ป่วยบางรายหลังจากได้รับสารพิษออร์กาโนฟอสเฟตแล้วจะมีอาการโรคทางเส้นประสาทแตกต่างกันไป อาการของโรคจะเกิดขึ้นช้าๆบางครั้งเมื่อได้รับสารพิษแล้วจะยังไม่เกิดอาการเป็นเวลาหลายวัน อาการที่พบมากคือ มือ แขน และขา ชา มีอาการปวดและอ่อนเพลีย สำหรับบางคนอาการจะกลับคืนปกติภายในเวลา 2-3 อาทิตย์ บางคนกล้ามเนื้อจะลีบและเป็นอัมพาตบางส่วน

**สารกลุ่มคาร์บาเมต ( Carbamate insecticide )**

คาร์บาเมตเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่อะตอมของคาร์บอนเกาะกับอะตอมของออกซิเจนและไนโตรเจน สารกลุ่มคาร์บาเมตสลายตัวได้ง่ายในธรรมชาติและจะได้คาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอออล์และอะมีน ตัวอย่างสารเคมีที่นิยมใช้ได้แก่คาร์บาริล ไบกอน และทีมิคเป็นต้น ความเป็นพิษของสารคาร์บา

เมตจะเหมือนกับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตคือเป็นพิษต่อระบบประสาทโดยไปยับยั้งการทำงานของ acetylchlorinesterase enzyme

**สารกลุ่มไพรีทรอยสังเคราะห์ ( Synthetic Pyretroids )**

ไพรีทริน ( pyrethrins ) เป็นสารธรรมชาติที่สกัดจากต้น Chrysanthenums มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นพิษต่ำ สลายตัวได้เร็วจากแสงแดด ด้วยเหตุนี้การใช้สารไพรีทรินจึ้งต้องใช้ซ้ำเอให้ได้ผลตามที่ต้องการ และมีการใช้ไม่แพร่หลาย ต่อมาจึงมีการสังเคราะห์สารที่มีคุณสมบัติคล้ายสารไพรีทรินขึ้น เรียกว่าไพรีทรอย ( Pyretroid) ไพรีทรอยด์เป็นสารสังเคราะห์ที่มีความคงทนในสิ่งแวดล้อมมากกว่าไพรีทรินและเป็นพิษต่อแมลงมากกว่า

สารสังเคราะห์ในกลุ่มไพรีทรอยด์มีหลายตัว แต่ละตัวมีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงไม่เหมือนกัน บางชนิดมีฤทธิ์เพียงไล่แมลงเท่านั้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์ของไพรีทรอยด์จึงอาจมีสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหรือคาร์บาเมต ผสมอยู่ เพื่อให้มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงมากขึ้น สารสังเคราะห์กลุ่มไพรีทรอยด์แบ่งเป็นชนิดใหญ่ๆได้ 2 ชนิด คือชนิดที่ 1 ( type 1 )ซึ่งเป็นชนิดที่ไม่มีกลุ่มไซยาโน ( Cyano group ) เป็นองค์ประกอบ ความเป็นพิษของสารกลุ่มนี้คือ ทำให้เกิดอาการสั่นและก้าวร้าว ส่วนชนิดที่ 2 ( type 2 ) เป็นชนิดที่มีกลุ่มไซยาโนเป็นองค์ประกอบ สารกลุ่มนี้ทำให้เกิดอาการชักกระตุกไม่หยุด น้ำลายจะถูกขับออกมามากผิดปกติ และสั่น อาการต่างๆที่เกิดขึ้นนั้นพวกไพรีทรอยด์สังเคราะห์ชนิดที่ 2 ยังไปยับยั้งการทำงานของ กรดแกมมมา-อะมิโนบิวไทริค ( Gramma-aminobutylric acid หรือGABA ) ซึ่งเป็นตัวส่งกระแสประสาทของเซลล์ประสาทด้วย สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ที่เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายมีดังนี้ เพอร์เมทริน ( Permethrin ) ฟีโนทริน ( Phenothrin )

**2.1.2 พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช**

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดเป็นอันตรายต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อมผู้ใช้จึงควรระมัดระวังและมีความรู้ความเข้าใจในการใช้ การเลือกซื้อควรเลือกซื้อสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีฉลากถูกต้องตามพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ ซึ่งประกอบด้วยข้อความต่อไปนี้

- เครื่องหมายหัวกะโหลกกับกระดูกไขว้และคำว่า วัตถุมีพิษด้วยอักษรสีดำหรือแดงเห็นชัดเจน
- ชื่อเคมี ชื่อสามัญของสารออกฤทธิ์และชื่อการค้า
- ชื่อผู้ผลิตและแหล่งผลิต
- ระบุปริมาณของสารออกฤทธิ์และสารอื่นๆที่ผสม
- แสดงวันหมดอายุการใช้ หรือวันผลิต
- คำอธิบาย ประโยชน์ วิธีใช้ วิธีการเก็บรักษาพร้อมคำเตือน
- คำอธิบายอาการเกิดพิษ การแก้พิษเบื้องต้น และคำแนะนำสำหรับแพทย์
- อ่านฉลากให้เข้าใจถึงวิธีการ โดยละเอียดก่อนใช้สารเคมี

ส่วนวิธีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัยของคน สัตว์ สิ่งของและสิ่งแวดล้อม ควรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเฉพาะกรณีที่จำเป็นเท่านั้น เลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของศัตรูพืช ห้ามใช้เกินอัตราที่กำหนด และห้ามผสมมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปในการพ่นแต่ละครั้งยกเว้นกรณีแนะนำให้สามารถใช้ได้

**เส้นทางการได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช**

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทางคือ ทางปาก ( ทางช่องทางเดินอาหาร ) ทางการหายใจ ( ทางการสูดดม) และ ทางผิวหนัง ( ผ่านผิวหนังปกติ ) ซึ่งรายละเอียดมีดังนี้

**ทางปาก (Ingestion)**

การที่สารเคมีกำจัดศัตรูพืชผ่านเข้าทางปากมักจะเกิดขึ้นในกรณีที่ตั้งใจเช่น การฆ่าตัวตายมากกว่าที่จะเกิดอันตรายจากการทำงาน ถ้าหากผู้ใช้ปฏิบัติตามวิธีใช้ที่กำหนดอย่างแท้จริงแล้ว จะเกิดอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชผ่านเข้าทางปากได้น้อยมาก เว้นแต่จะเกิดอุบัติเหตุ เช่นสารเคมีกำจัดแมลงชนิดเข้มข้นบรรจุในภาชนะที่ไม่มีฉลากติด ซึ่งเป็นการกระทำที่ไม่สมควรยิ่งแต่อย่างไรก็ดีเกษตรกรอาจจะได้รับสารพิษเข้าโดยผ่านอาหารหรือบุหรี่ถ้าหากเกษตรกรไม่ได้ล้างมือก่อนจับอาหารหรือเมื่อเกษตรกรทำความสะอาดท่อฉีดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยการเป่า

**ทางการหายใจ (Inhalation)**

คุณสมบัติทางกายภาพของสารพิษ เช่น การระเหยของสูตรตำรับและเทคนิคในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช จะมีผลต่อการดูดซึมทางการหายใจ สารออกฤทธิ์ที่อยู่ในรูปก๊าซหรือไอระเหยจะถูกดูดซึมอย่างรวดเร็ว พวก Fumigant จะถูกดูดซึมเข้าทางการหายใจนี้ และไอระเหยของ carbaryl อาจถูกดูดซึมเข้าร่างกายจนถึงระดับที่เป็นอันตรายได้ ถ้าหากสารนี้ถูกใช้ทาบนผิวหน้าร้อนๆเช่นทาหลังคาบ้านในเขตร้อน

อนุภาคขนาดเล็กที่เกิดจากการ dusting , spraying และ fogging หรือหยดของ aerosol ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1-30 μm จะถูกจับบนผิวของเนื้อเยื่อเมือกของทางเดินหายใจ ( respiratory mucosa ) และอนุภาคขนาด 1-5 μm จะสะสมอยู่ที่ปอด แต่อย่างไรก็ตามการถูกดูดซึมเข้าทางปาก อาจเกิดขึ้นร่วมกับการดูดซึมเข้าทางการหายใจ ฉะนั้นสารที่ตกที่เนื้อเยื่อเมือก (mucous membrane ) ต้นๆของทางเดินหายใจ อาจถูกซึมเข้าทางการหายใจและอาจกลืนลงไปในทางเดินอาหารและถูกดูดซึมได้อีกด้วย

**ทางผิวหนัง (Dermal absorption)**

การละลายของสารออกฤทธิ์ของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จะเป็นตัวกำหนดความสามารถดูดซึมเข้าทางผิวหนังสารที่ละลายได้น้อยทั้งในน้ำและไขมันจะไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังปกติได้ ดังนั้นการใช้ DDT Water dispersible powder ซึ่งมีการดูดซึมทางผิวหนังได้น้อยจึงปลอดภัยสำหรับผู้ใช้ การดูดซึมผ่านผิวหนังตามส่วนต่างๆกันของร่างกายจะมีอัตราเร็วที่ต่างกัน แต่ไม่มีส่วนใดของร่างกายที่จะไม่สามารถถูกแทรกซึม ผิวหนังบริเวณรอบๆอวัยวะสืบพันธุ์จะสามารถดูดซึมสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้มากกว่าบริเวณ

ผิวหนังบริเวณต้นแขนถึง 10 เท่า การลดลงของการไหลเวียนของโลหิตที่ผิวหนังจะลดอัตราการดูดซึมลงด้วย

**ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพอนามัยของมนุษย์**

ปัญหาเกี่ยวกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสิ่งแวดล้อมนั้น มิได้เกิดขึ้นเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้สารนี้เท่านั้น แต่สามารถแพร่กระจายและตกค้างในบริเวณกว้างได้ ซึ่งก้อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา เริ่มจากสารพิษตกค้างในดินและลำต้นพืชหลังการฉีดพ่นจะเกิดการสะสมส่วนหนึ่ง บางส่วนฟุ้งกระจายไปในบรรยากาศ และบางส่วนซึมลงไปในดินส่วนใหญ่จะถูกฝนชะและพัดพาไปกับน้ำไหลบ่าหน้าดิน ไหลลงสู่แหล่งน้ำ จากนั้นจะเกิดการถ่ายทอดสารเหล่านี้ผ่านห่วงโซ่อาหารเข้าสู่สิ่งมีชีวิตต่างๆต่อไป ซึ่งสามารถอธิบายโดยสรุปได้ดังนี้

**1) การแพร่กระจายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดิน**

ในการเพาะปลูกพืชนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชทั้งก่อนปลูก ขณะที่พืชกำลังเติบโต และก่อนการเก็บเกี่ยว ดินจึงเป็นแหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรง นอกจากนี้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดยังนิยมใช้ในอาคารบ้านเรือนด้วย ทำให้โอกาสที่สารเหล่านี้จะสะสมในดินจึงมีมากยิ่งขึ้น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในดิน อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปในหลายลักษณะ

1. สลายตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมี ( Chemical decomposition )
2. สลายตัวโดยแสง ( Photodegradation )
3. สลายตัวโดยจุลินทรีย์ย่อยสลาย (Microbial degradation )
4. ระเหยจากดินสู่บรรยากาศ ( Votalization )
5. เคลื่อนย้ายไปสู่แหล่งน้ำ ( Movement by runoff and water – table )
6. เข้าสู่สิ่งมีชีวิต ( Plant or organism uptake )

สารเคมีกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอาจสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน แต่สารบางชนิดมีความคงทนมากในดิน สามารถตกค้างสะสมได้เป็นเวลานานๆ ดังเช่น สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เป็นต้น สารที่สลายตัวยาก มีความคงทนในธรรมชาติสูง จะมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม จากการศึกษาของนงรัตน์ ( 2543) เรื่องสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในดินพื้นที่การเกษตร จังหวัดสงขลา ผลการศึกษาพบว่ามีการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ โมโนโครโตฟอส ไดเมทโธเอท เมทธิลพาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน โดยสารไดเมทโธเอท เมทธิลพาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออนมีค่าไม่แตกต่างกันระหว่างฤดูกาล ส่วนโมโนโครโตฟอส ในฤดูฝนมีค่ามากกว่าฤดูแล้งในดิน

**2) การแพร่กระจายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำ**

การปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำนั้นมาจากหลายสาเหตุด้วยกันดังต่อไปนี้

1. การฉีดสารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง เพื่อกำจัดยุงและวัชพืชน้ำ
2. การกัดชะดินของฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินผ่านพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชก่อนลงสู่แหล่งน้ำ

3.การระบายน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงสู่แหล่งน้ำ โดยไม่ได้มีวิธีกำจัดสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

4. การทิ้งหรือล้างภาชนะที่บรรจุสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู้แหล่งน้ำ

5. การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในบริเวณพื้นที่เกษตรใกล้กับแหล่งน้ำ

เมื่อสารลงสู่แหล่งน้ำแล้ว จะมีปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการละลายน้ำของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชชนิดต่างๆจะแตกต่างกันไป สารเคมีกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนคลอรีน จะละลายน้ำได้น้อยมากทำให้มีความคงทนในแหล่งน้ำโดยจะจับกับอนุภาคดินและแขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่จะจมลงสู่ท้องน้ำ สะสมในตะกอน

2.อัตราการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศของสาร อาจมีได้มากในปริมาณน้อยมากเนื่องจากสารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแขวนลอยและตกตะกอน

3. ชนิดของอนุภาคดินที่ดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่แตกต่างกันจะสามารถดูดซับได้ไม่เท่ากัน

4.ปริมาณสารอินทรีย์ในแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตและสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแล้วสามารถดูดซับสารได้ดี ถ้าบริเวณใดของแหล่งน้ำมีสารอินทรีย์อยู่มาก ก็มักตรวจพบสารในปริมาณสูงด้วย

**3) การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในอาหาร**

พืชสามารถรับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้หลายทาง เช่น การฉีดพ่นลงบนพืชโดยตรงพืชอาจดูดซึมสารมาจากดินหรือมากับน้ำ หรือจากสารพิษที่ปลิวอยู่ในบรรยากาศปริมาณของสารตกค้างมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆดังนี้

1. ชนิดของสารที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ซึ่งขึ้นกับชนิดของศัตรูพืชความชำนาญความรู้ในการใช้ของเกษตรกร รวมไปถึงระยะเวลาปลอดภัยที่ทำการเก็บเกี่ยว

2. การเคลื่อนที่ของสารพิษในพืช จากการซึมผ่านรากหรือใบอ่อน ดังนั้นวิธีการฉีดพ่นและสูตรของสารมีผลต่อปริมาณสารตกค้างในพืช

3. ชนิดของดินที่แตกต่างกันจะสะสมสารพิษได้ในปริมาณต่างกัน เมื่อสารสะสมในดินพืชจะดูดสารเหล่านี้ขึ้นไปโดยผ่านทางราก และสะสมในพืชได้

4. น้ำฝนสามารถนำเอาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ปะปนในอากาศมาสู่พืชได้และในขณะเดียวก็อาจชะล้างสารที่ติดตามใบและลำต้นพืชออกไปได้เช่นกัน

5. พืชแต่ละชนิดก็มีความสามารถในการดูดซึมสารพิษได้แตกต่างกัน การซึมผ่านเป็นไปได้หลายทาง คือ ซึมผ่านผนังของรากขน หรือเซลส่วนนอกของราก รูอากาศและผิวนอกของในหรือรอยแยกตามผิวของเซลพืช

โดยส่วนใหญ่เกษตรกรมักใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินความจำเป็น จนเป็นอันตรายต่อพืชหรือสะสมในพืช ทั้งยังมิได้คำนึงถึงระยะเก็บเกี่ยวที่ปลอดภัย ทำให้เกิดสารตกค้างในพืชส่วนใหญ่เป็นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งจากการศึกษาวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศพบว่าพืชผักยังมีการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เช่น การศึกษาสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในผักและผลไม้เขตอำเภอเมือง จังหวัดเลย ซึ่งทำการวิเคราะห์หา

ปริมาณสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 3 ชนิดคือ เมทิลพาราไธออน เมวินฟอส และโมโนโครโตฟอส พบว่ามีการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช 2 ชนิด คือ เมทิลพาราไธออนและเมวินฟอสเท่านั้นโดยเมทิลพาราไธออนพบใน แอปเปิ้ล และองุ่น ส่วนเมวินฟอสจะพบในกะหล่ำดอก ผักกาดหอม กะหล่ำปลีและถั่วฝักยาว (ธนาธิป รักษ์ศิลป์, 2547) และจากการ ศึกษาระดับสารกำจัดแมลงตกค้างในพืชผักที่วางจำหน่ายในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยวิเคราะห์ตัวอย่างผักประกอบด้วยผักทั่วไป 49 ตัวอย่าง ผักปลอดสารกำจัดแมลง 51 ตัวอย่าง ตัวอย่างทั้งหมดพบสารกำจัดแมลงในระดับที่ปลอดภัย ผักทั่วไปค่าเฉลี่ยระดับสารกำจัดแมลงตกค้างสูงกว่าผักปลอดสารกำจัดแมลง และในผักปลอกสารกำจัดแมลงพบว่าผักคะน้ามีระดับของสารกำจัดแมลงตดค้างสูงกว่ากะหล่ำปลี และผักกวางตุ้ง (โอฬาร รัศมี, 2544)

**4) การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสัตว์**

สาเหตุที่สัตว์ได้รับสารป้องกันสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจาก

1. สัตว์ได้รับสารพิษโดยตรงจากการฉีดพ่น เพื่อป้องกัน หรือทำลายแมลงที่เป็นศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร ทางการหายใจ และทางผิวหนัง ปริมาณสารที่สัตว์ได้รับเข้าไปนั้นไม่มากพอที่จะทำอันตรายกับสัตว์ สารนั้นจะสะสมในเนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ ของสัตว์ได้

2. สัตว์ได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยทางอ้อม กล่าวคือสัตว์กินอาหารตามลำดับขั้นในห่วงโซ่อาหาร ถ้าผู้ผลิตหรือพืชมีสารพิษตกค้างอยู่แล้ว สัตว์ก็จะได้รับสารพิษและสะสมในร่างกายได้ โดยเฉพาะสัตว์น้ำที่มีการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จะสามารถสะสมสารพิษได้จากห่วงโซ่อาหารของแหล่งน้ำนั้น

**5) การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในมนุษย์**

มนุษย์ก็เช่นเดียวกันกับสัตว์ทั้งหลาย ซึ่งสามารถรับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ 2 ทาง คือโดยทางตรงจากการฉีดพ่น ได้แก่ ผู้ที่เกี่ยวข้องกับสาร เช่น เกษตรกร ประชาชน ที่ใช้สารเหล่านี้ตามบ้านเรือน หรือคนงานในโรงงานที่เกี่ยวข้องกับสารพิษ เมื่อได้รับสารเข้าไปในปริมาณมากพอ ก็จะแสดงอาการพิษได้ อีกทางหนึ่งโดยทางอ้อม จากการกินอาหารหรือดื่มน้ำ ที่มีสารพิษเจือปนอยู่ เช่น บริโภคข้าว ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ ไข่ เป็นต้น ซึ่งอาหารเหล่านี้มีสารตกค้างในปริมาณน้อยก็จริงแต่จะสะสมมากขึ้นได้ในอวัยวะต่างๆ ของมนุษย์ เช่นไขมัน ตับ ไต และสมองเป็นต้น

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ยรรยง นาคมา ( 2545 ) ศึกษาพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรกลุ่มเสี่ยง อำเภอบางระจัน จังหวัดสิงห์บุรี ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรกลุ่มเสี่ยงส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 64.2 โดยปฏิบัติได้ถูกต้อง เช่น เลือกซื้อสารเคมีที่มีฉลากถูกต้อง อ่านฉลากคำแนะนำก่อนใช้สารเคมี สวมเสื้อผ้าอย่างมิดชิดเพื่อป้องกันละอองสารเคมี อาบน้ำและฟอกสบู่ภายหลังจากการใช้สารเคมี ไม่ล้างภาชนะที่บรรจุสารเคมีแล้วนำไปใช้ประโยชน์ แต่ยังมีพฤติกรรมบางประการที่ไม่ถูกต้อง เช่นไม่สวมถุงมือขณะเปิดภาชนะ

บรรจุสารเคมี ไม่ทุบทำลายภาชนะบรรจุสารเคมีที่หมดแล้วในหลุมแล้วกลบดินให้มิดชิดแต่นำไปขายให้ผู้รับซื้อของเก่า

สำรอง ยันตพันธ์ ( 2546) ศึกษาการมีส่วนร่วมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการป้องกันอันตรายจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ของเกษตรกรปลูกแตงกวา อำเภอห้วยแกลง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าในด้านการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชสองประเภท ทั้งสารกำจัดแมลงและสารฆ่าเชื้อรา ส่วนใหญ่มีการใช้รวมกัน 2 ชนิด ร้อยละ 80 ที่พบว่ามีการใช้มากและเป็นปัญหาต่อสุขภาพ คือ กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือสาร Methylparathion เกษตรกรส่วนใหญ่มีระยะเวลาการสัมผัสสารเคมีกำจัดศัตรูพืชน้อยกว่า 5 ปี ร้อยละ 63.3 มีการใช้สารเคมีตลอดทั้งปี จำนวนครั้งในการฉีดพ่นสารเคมีในแต่ละเดือนส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 1-2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 96.0 สำหรับการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชแต่ละครั้งส่วนใหญ่ฉีดพ่นจำนวน 30 ลิตร/คน

เชิดพงษ์ มงคลสินธุ์ (2547) ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในงานเกษตรกรรม ของเกษตรกรตำบลหนองแวง อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ เกษตรกรผู้ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และเป็นผู้ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจำนวน 178 คน พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับความรู้เกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เกษตรกรมีความตระหนักถึงอันตรายของพิษจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นอย่างดี ส่วนการกำจัดภาชนะบรรจุสารเคมีกำจัดศัตรูพืชพบว่ามีการกำจัดที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากยังไม่มีความรู้ในการกำจัดที่ถูกต้องดีพอ

ณิต์ชกมล นันต๊ะแก้ว (2548) ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกหอมแดง ในตำบลบ้านโฮ่ง อำเภอบ้านโฮ่ง จังหวัดลำพูน จำนวน 192 คน โดยศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชครอบคลุมทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งได้แก่ ก่อนการฉีดพ่นสารเคมี ขณะฉีดพ่นสารเคมี และหลังการฉีดพ่นสารเคมี พบว่ากลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีพฤติกรรมการปฏิบัติถูกต้องอยู่ในระดับสูงในขั้นตอนการฉีดพ่นสารเคมี และขณะฉีดพ่นสารเคมี ส่วนขั้นตอนหลังการฉีดพ่นสารเคมีกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรมีพฤติกรรมการปฏิบัติถูกต้องอยู่ในระดับกลาง

ประพจน์ วงศ์ล่าม (2550) ศึกษาการจัดการระบบสุขภาพและความปลอดภัยจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของผู้ปลูกพริกเพื่อการจำหน่าย ในเขตอำเภอโพนสวรรค์ จังหวัดนครพนม โดยการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาแบบกึ่งทดลอง ( Quasi - Experimental Design ) ทำการศึกษากับเกษตรกรผู้ปลูกพริก จำนวน 80 รายโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆละ 40 ราย ผลการศึกษาพบว่า ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความรู้ของกลุ่มทดลองก่อนการทดลองเทียบกับหลังการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ( p-value = 0.0001) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพฤติกรรมของกลุ่มทดลองก่อนการทดลองเทียบกับหลังการทดลองด้วย พบว่า มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0. 05 ( p-value = 0.0001) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความรู้ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองหลังการทดลองพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ( p – value = 0.0001) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพฤติกรรมระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองหลังการทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ0.05 ( p-value = 0.0001) ในการทดสอบหา

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มและเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส พบว่า มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (p-value=0.03) ผลจากการประชุมกลุ่มพบว่าเกษตรกรได้เสนอปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ผลการประชุม ที่ได้คือประชาชนไม่นิยมใส่อุปกรณ์ป้องกันตนเอง การขาดอุปกรณ์ป้องกันตนเอง โรคและแมลงดื้อต่อสารเคมี การไม่ได้รับการตรวจสุขภาพอย่างต่อเนื่องผลจากการแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำให้มีการจัดตั้งกองทุนจำหน่ายอุปกรณ์ป้องกัน อันตรายจากสารเคมีรวมทั้งการจัดทำแผนงานด้านอาชีวอนามัย และการจัดบริการคลินิกสุขภาพเกษตรกรในสถานีอนามัย

วีรเทพ พงษ์ประเสริฐ (2550) ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูผักของเกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนล่าง ในเขตจังหวัดพิษณุโลก เพชรบูรณ์ และตาก จำนวนเกษตรกร 264 ราย พบว่าเกษตรกรมีพฤติกรรมการใช้สารเคมีสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูผักส่วนใหญ่ถูกต้องและพฤติกรรมบางกรณีที่จำเป็นต้องมีการแนะนำและส่งเสริมความเข้าใจ เช่น การเก็บสารเคมี การป้องกันอันตรายจากการฉีดพ่น และการกำจัดภาชนะบรรจุสาร เป็นต้น

ชีวี เชื้อมาก (2551) ศึกษาการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรกลุ่มเสี่ยง กรณีศึกษา บ้านโนนสูงน้อย หมู่ 2 ตำบลหนองชัยศรี อำเภอหนองหงส์ จังหวัดบุรีรัมย์ ปี 2551 ศึกษาในเกษตรกรผู้ปลูกผักตลอดทั้งปีจำนวน 80 คน พบว่า คะแนนความรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมหลังการใส่กิจกรรมให้ความรู้สูงกว่าก่อนการใส่กิจกรรมและพบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่ากิจกรรมให้ความรู้มีผลต่อคะแนนความรู้ คะแนนความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมหลังการใส่กิจกรรมให้ความรู้สูงกว่าก่อนการใส่กิจกรรมความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่ากิจกรรมให้ความรู้มีผลต่อคะแนนความคิดเห็น คะแนนการปฏิบัติตนของเกษตรกรเกี่ยวกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมให้ความรู้สูงกว่าก่อนการใส่กิจกรรมแทรกแซงและพบความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงว่ากิจกรรมให้ความรู้มีผลต่อคะแนนการปฏิบัติตนของเกษตรกร