บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เป็นแหล่งแหล่งผลิตอาหารของระดับภูมิภาค และระดับโลก ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การเกษตรกรรมในประเทศเริ่มต้น จากการเกษตรแบบพื้นบ้านและมีการพัฒนาเป็นแบบผสมผสานที่มีการใช้สารเคมีการเกษตร อาทิ สารกำจัดศัตรูและปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิต และนอกจากนี้ความปลอดภัยด้านอาหารเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญโดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งมีเป้าหมายการสร้างความเข้มแข็งด้านผลผลิตการเกษตรและสร้างความปลอดภัยในอาหาร เพื่อเป้าหมายการเป็นครัวของโลก การพัฒนาศักยภาพห้องปฏิบัติการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการตรวจสอบสารปนเปื้อนและสารตกค้างในอาหารจึงมีความจำเป็นในการสร้างมาตรฐานความเชื่อมั่นต่อกระบวนการตรวจสอบระบบการผลิตครบวงจร เพิ่มความมั่นใจต่อประเทศคู่ค้า และเพิ่มความมั่นใจในระบบอาหารปลอดภัยต่อผู้บริโภค

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรือยาฆ่าแมลง คือวัตถุมีพิษที่นำมาใช้เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช สัตว์ และมนุษย์ทั้งในการเกษตรอุตสาหกรรม และสาธารณสุข ซึ่งได้รับอนุญาตให้ใช้ได้บางชนิด แต่ต้องทิ้ง ระยะให้สารหมดความเป็นพิษก่อนการเก็บเกี่ยว หากได้รับสารฆ่าแมลงเข้าสู่ร่างกายจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี กับเอนไซม์ในร่างกาย มีผลให้เกิดการขัดขวางการทำหน้าที่ตามปกติของระบบประสาททั้งในคนและสัตว์ ความเป็นพิษขึ้นกับคุณสมบัติของสารเคมีแต่ละชนิด วิธีการได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณความถี่ สุขภาพ ของผู้ที่ได้รับสารพิษและก่อให้เกิดอาการอ่อนเพลีย ปวดศีรษะ มึนงง หายใจลำบากแน่นในอกคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง ท้องเดิน กล้ามเนื้อโดยเฉพาะที่ลิ้นและหนังตากระตุก ชัก หมดสติ

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ : หมายถึง สารเคมีที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขับไล่ หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือใช้ในระหว่างขบวนการผลิตอาหาร หรือสารเคมีที่อาจใช้กับสัตว์ เพื่อควบคุม ectoparasites และให้หมายความรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บ

รักษา และการขนส่ง แต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนในอาหาร และยาสำหรับสัตว์

2.2 ชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช

โดยทั่วไป สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ มักนิยมเรียกกันว่า “ ยาฆ่าแมลง” เท่าที่ใช้กัน มี 4 กลุ่ม ได้แก่

2.2.1 กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine compound)

เป็นยาฆ่าแมลงสังเคราะห์ ซึ่งเป็นกลุ่มของสารเคมีที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เรียกอีกอย่างว่า คลอริเนเตตไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons) มีธาตุไฮโดรเจน คาร์บอนและคลอรีนเป็นส่วนประกอบ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อย ได้แก่

(1) กลุ่มอนุพันธ์ของคลอริเนเตตอีเทนส์ (Chlorinated Ethane derivatives) รวมถึง DDT และยาฆ่าแมลงอื่นที่มีสูตรใกล้เคียง บางครั้งอาจเรียกว่ากลุ่ม ดีดีทีอนาลอกซ์ (DDT analog) ตัวที่สำคัญคือ DDT โดยเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะถูกเปลี่ยนเป็น DDD และ DDE ซึ่งพบว่า DDE ไม่เป็นอันตรายต่อแมลง ส่วน DDT เป็นอันตรายต่อแมลงและใช้เป็นสารกำจัดแมลงด้วย นอกจากนี้ยังมี Dicofol, Methoxyclor, DMC, Chlorobenzelate

(2) กลุ่มไซโคลไดอีนส์ (Cyclodienes) เช่น Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Chlordane เป็นต้น

(3) กลุ่มอื่นๆ เช่น กลุ่มเฮกซาคลอโรไซโคลเฮกเซน (Hexachlorocyclohexanes) ได้แก่ BHC , Lindane สารกลุ่มนี้เจือปนในน้ำ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารละลาย หรือแขวนลอย จะดูดซึมได้ดีทางผิวหนังซึ่งส่วนใหญ่สารจะออกฤทธิ์ต่อเส้นประสาทสั่งการ (Motor nerves) เส้นประสาทรับความรู้สึก (Sensory nerves) ความเป็นพิษก่อให้เกิดพิษเรื้อรังในระยะยาวเนื่องจากสลายตัวยาก และสะสมใน สิ่งแวดล้อมสูงโดยเฉพาะดีดีทีเป็นสารที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสูง จะออกฤทธิ์ค่อนข้างช้า อาการแรกที่มักพบคือการเคลื่อนไหวไม่ประสานกัน ระบบหายใจล้มเหลวและตายในที่สุด กลไกการออกฤทธิ์ของสารกลุ่มออการ์โนคลอรีน ยังไม่ทราบแน่ชัด อาการพิษเฉียบพลัน มีพิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง ผู้ป่วยจะแสดงอาการไวต่อสิ่งเร้ามาก กระวนกระวายเวียนศีรษะ เสียการทรงตัว บางครั้งมีการชักเกร็งคล้ายยกับได้รับสารสตริกนิน ผู้ป่วยอาจตายด้วยระบบหายใจล้มเหลว

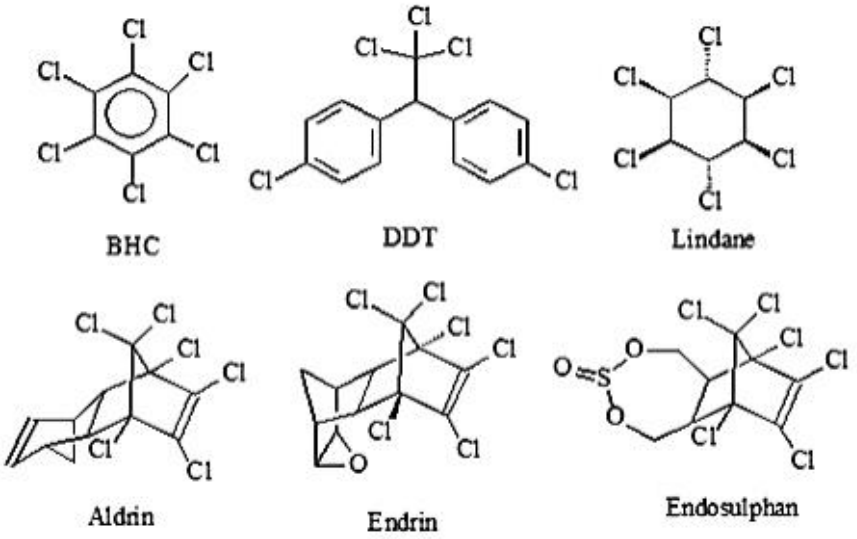
สารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ที่นิยมใช้กันมาก คือ ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin)

ออลดริน (aldrin) ท็อกซาฟีน (toxaphene) คลอเดน (chlordane) ลินเดน (lindane) เอนดริน (endrin) เฮปตาครอ (heptachlor) เป็นต้น สารเคมีในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่เป็นสารเคมีที่มีพิษไม่เลือก (คือเป็นพิษต่อแมลงทุกชนิด) และค่อนข้างจะสลายตัวช้า ทำให้พบตกค้างในห่วงโซ่อาหารและสิ่งแวดล้อมได้นาน บางชนิดอาจตกค้างได้นานหลายสิบปี ปัจจุบัน ประเทศส่วนใหญ่ทั่วโลกจะไม่อนุญาตให้ใช้สารเคมีในกลุ่มนี้ หรือไม่ก็มีการควบคุมการใช้ ไม่อนุญาตให้ใช้อย่างเสรี เพราะผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

การได้รับพิษและกลไกการออกฤทธิ์

สารพิษกลุ่มนี้มักเจือปนมากับเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนที่ติดมัน ผลิตผลทางกสิกรรม เช่น นมวัว พืชผักผลไม้ เราอาจได้รับสารพิษกลุ่มนี้โดยการรับประทานอาหาร การใช้ยาฉีดพ่นฆ่าแมลง หรือเจือปนมากับฝุ่นละอองในท้องถิ่นที่มีการใช้สารเหล่านี้ (ปัจจุบันยาฆ่าแมลงกลุ่มนี้บางชนิดห้ามใช้อย่างเด็ดขาด เช่น ดีดีที เอ็นดริน บางชนิดจำกัดการใช้ เช่น อัลดริน ดีลดริน เป็นต้น) ยาฆ่าแมลงกลุ่มนี้มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่ำกว่ากลุ่มอื่น แต่ก่อให้เกิดพิษเรื้อรังในระยะยาว เนื่องจากสลายตัวยาก และสะสมในสิ่งแวดล้อมสูง โดยเฉพาะดีดีที ซึ่งมีราคาถูก มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสูง ดีดีทีจะแสดงฤทธิ์ค่อนข้างช้า อาการแรกที่มักพบคือ การเคลื่อนไหวไม่ประสานกัน ตามด้วยอาการสั่นทั้งร่างกาย แขนขา พิษเฉียบพลันของดีดีทีผู้ป่วยจะมีอาการชัก ตัวเขียวคล้ำจากการขาดออกซิเจน ระบบหายใจอาจล้มเหลวและตายได้ การสูดดมอาจก่อการระคายเคืองต่อปอด ส่วนพิษเรื้อรังจะมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน น้ำหนักลด เหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าตามร่างกาย ส่วนกลุ่มไซโคลไดอีนส์ เป็นสารพิษต่อระบบประสาทเช่นกัน พิษเฉียบพลันอาการคล้ายกับดีดีที แต่มีอาการชักร่วมด้วย ส่วนพิษเรื้อรังอาจก่อให้เกิดมะเร็ง

ยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนี้ ส่วนใหญ่ละลายได้ดีในไขมันจึงสะสมในอวัยวะที่มีส่วนประกอบไขมันสูง เช่น ตับ ไต ระบบประสาท เลือด น้ำดี ม้าม และต่อมแอดรีนัล เป็นต้น ละลายได้น้อยในน้ำ แต่ถ้าอยู่ในรูปสารละลาย จะดูดซึมได้ดีทางผิวหนัง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วสารจะออกฤทธิ์ต่อเส้นประสาทสั่งการ (motor nerves) เส้นประสาทรับความรู้สึก (sensory nerves) และส่วนมอเตอร์คอร์เทกซ์ (motor cortex) ในสมอง และอาจเหนี่ยวนำให้มีการสร้างเอนไซม์ที่โครโมโซมของตับเพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสารเคมีจำนวนมากแตกต่างไปจากระดับปกติ โดยเฉพาะฮอร์โมนที่ทำหน้าที่ในการสืบพันธุ์และการสร้างตัวอ่อน



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine pesticides)

ที่มา : http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticidesexposure/a-forensic-view-of-pesticide-poisonings-in-brazil)

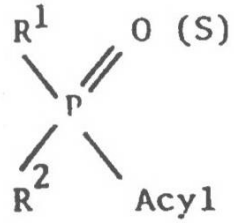
2.2.2 **กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต** (Organophosphate compound)

เป็นสารอินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ และเป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำ ยาฆ่าแมลงกลุ่มนี้ที่มีความสำคัญทางการค้าและพิษวิทยา คือ เอสเทอร์ และไทออล โดยสารเคมีในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันดีคือ มาลาไธออน (malathion) ไดอาซินอน (diazinon) เฟนนิโตรไธออน (fenitrothion) พิริมิฟอสเมธิล (pirimiphos methyl) และไดคลอวอส (dichlorvos หรือ DDVP) เป็นต้น สารเคมีในกลุ่มนี้สลายตัวได้ง่ายในธรรมชาติ จึงมีพิษตกค้างน้อย มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้สูง บางชนิดมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นน้อย บางชนิดก็มีความเป็นพิษต่อคน และสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง โดยมีความเป็นพิษต่อการทำงานของเอนไซม์ในระบบประสาท คือ โคลีนเอสเตอเรส (Cholinesterase) แต่สารในกลุ่มนี้จะย่อยสลายได้เร็วกว่ากลุ่มแรก

การได้รับพิษและกลไกการออกฤทธิ์

อาจพบสารกลุ่มนี้ตกค้างในพืช ผัก ผลไม้ ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสามารถเข้าสู่ร่างกาย ได้โดยการกิน หายใจ และซึมเข้าทางผิวหนัง และความเป็นพิษจะขึ้นกับอัตราการเปลี่ยนแปลง สารพิษในร่างกายโดยวิธีไฮโดรไลซิสในตับ

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีพิษเฉียบพลันต่อมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง จะทำให้มีอาการทางสมองเนื่องจากความผิดปกติของระบบประสาทส่วนกลาง อาการที่พบได้แก่ มึนศีรษะ ปวดศีรษะ งง ซึม กระสับกระส่าย ถ้า อาการมาก อาจชักและหมดสติได้ ผู้ป่วยที่มีอาการมากอาจตายได้เนื่องจากระบบการหายใจล้มเหลว ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากหลอดลมตีบตันกล้ามเนื้อของระบบการหายใจเป็นอัมพาต และศูนย์ควบคุมการหายใจในสมองหยุดทำงานในรายที่มีอาการไม่รุนแรงอาการจะดีขึ้นใน 2-3 วัน แต่จะอ่อนเพลีย ไม่มีแรงเป็น เวลานาน ชนิดที่มีพิษร้ายแรงได้แก่ โมโนโครโตฟอส พาราไธออน - เมทธิล เมธามิโดฟอส ได โครโตฟอส ส่วนชนิดที่มีพิษในระดับปานกลาง ได้แก่ คลอร์ไพริฟอส ไดเมทโธเอท มาลาไธออน อาการพิษระยะยาว สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต บางชนิดอาจก่อให้เกิดอาการพิษทางระบบประสาทซึ่งเกิดขึ้นหลังจากช่วงเวลาหนึ่ง อาการพิษดังกล่าวเริ่มเกิดขึ้นที่ส่วนปลายประสาทของขาก่อน ต่อมาจะมีอาการเดินโซเซเสียความรู้สึกกล้ามเนื้ออ่อนเพลีย ต่อมาจะเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นอ่อนเพลียมากขึ้นและเริ่มเป็นตามแขน



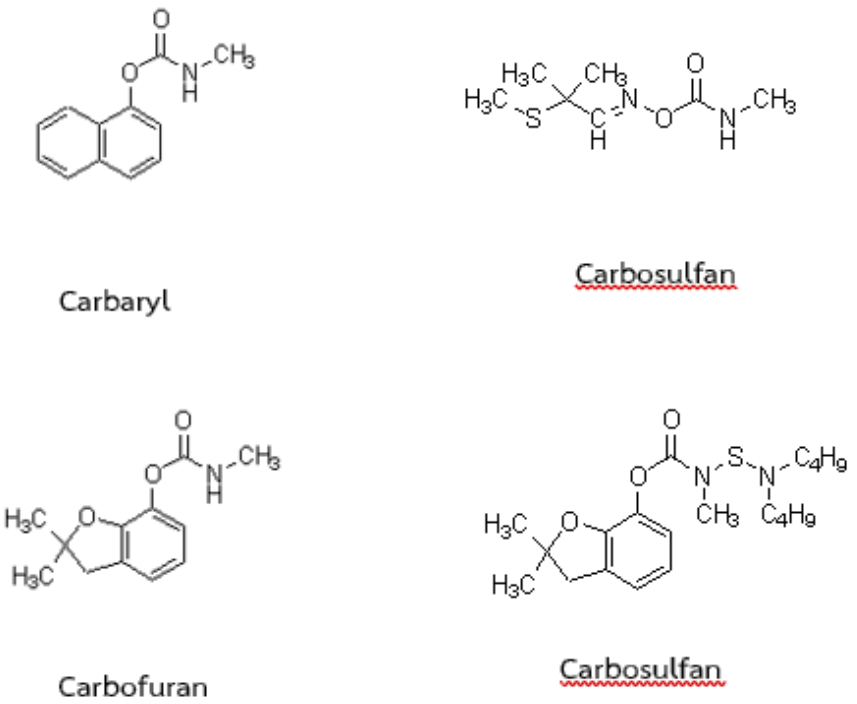
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างทั่วไปของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate pesticides) ที่มา : http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticidesexposure/a-forensic-view-of-pesticide-poisonings-in-brazil)

โดยที่ซัลเฟอร์หรือออกซิเจนต้องเชื่อมโดยตรงกับฟอสฟอรัส -R1 และ R2 ต้องเป็นกลุ่มอัลคอกซีย์ (alkoxy) อัลคิล (alkyl) หรืออะมิโน (amino) และกลุ่มแอคิล (acyl) ต้องเป็นกลุ่มที่มีประจุลบในกรดอินทรีย์ หรืออนินทรีย์ เช่น ฟลูโอรีน (fluorine) ไซยาเนต (cyanate) ไธโอไซยาเนต (thiocyanate) หรือต้องเป็นส่วนหนึ่งของกรด เช่น อีนอล (enol) เมอร์แคพโต (mercapto) เป็นต้น

2.2.3 กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate compound)

เป็นยาฆ่าแมลงกลุ่มหนึ่งที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน สารเคมีในกลุ่มนี้ตัวแรกที่มีประวัติในการใช้ ก็คือ อีเซอรีน (eserine) หรือ ฟัยโสสติกมีน (physostigmine) สารนี้เป็นสารพิษที่พบในเมล็ดถั่วคาลาบาร์ (Calabar beans) ซึ่งเป็นพืชในวงศ์เลกูมิโนเซ (Leguminosae) จากอาฟ

ริกาตะวันตก เมล็ดถั่วคาลาบาร์นี้จะใช้กระบวนการทางกฎหมาย โดยผู้ที่ตกเป็นต้องสงสัยในคดีต่างๆ ต้องรับประทานยาที่ปรุงจากเมล็ดถั่วนี้ ถ้าสามารถรอดชีวิตได้จะถือว่าไม่มีความผิด การทดสอบนี้ทำเพื่อเป็นการพิสูจน์ความบริสุทธิ์มากกว่าเป็นการลงโทษ อีเซอรีนเป็นสารยับยั้งอะเซทิลโคลิเนสเทอเรส (acetylcholinesterase inhibitor) ตัวแรกที่เป็นที่รู้จัก โดยในหนู มีขนาดที่ทำให้ประชากร 50% ตาย หรือที่เรียกว่า แอลดี50 (LD50) เท่ากับ 4.5 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยการกิน และ 0.64 มิลลิกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม โดยการฉีดเข้าทางช่องท้อง โครงสร้างทางเคมีทั่วไปของยาฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมตจะมีคาร์บาริลเป็นองค์ประกอบสำคัญ มักใช้ฆ่าแมลงศัตรูพืชในผลิตผลทางการเกษตร เช่น ผัก ผลไม้ และเมล็ดพืชที่เป็นอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้ยังใช้กับสัตว์ปีก ปศุสัตว์ และสัตว์เลี้ยง เพื่อกำจัดแมลงรบกวน และยังใช้กำจัดหอยทากและหนอนตัวกลม (nematodes) บางชนิดได้



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate pesticides)

ที่มา : http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-effects-of-pesticidesexposure/a-forensic-view-of-pesticide-poisonings-in-brazil)

การได้รับพิษและกลไกการออกฤทธิ์

ยาฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมตส่วนใหญ่มีพิษค่อนข้างรุนแรง ยกเว้น คาร์บาริล (carbaryl)

ซึ่งมีพิษปานกลาง ยาฆ่าแมลงกลุ่มนี้สามารถดูดซึมผ่านทางผิวหนังได้ โดยเฉพาะรอยแผลหรือรอยข่วน ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรง นอกจากนี้ยาฆ่าแมลงในกลุ่มนี้ยังทำให้เกิดความระคายเคืองต่อตาอย่างมาก กลไกการออกฤทธิ์ คือ ยับยั้งการทำงานของอะเซทิลโคลิเนสเทอเรส ทำให้สารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีนถูกทำลายลดลง จึงเกิดอาการพิษเนื่องจากการทำงานของระบบสื่อประสาทโคลิเนอร์จิค (cholinergic neurotransmission) ทำงานมากเกินปกติ ในระยะยาวโดยทั่วไป คาร์บาเมตไม่เป็นสารก่อมะเร็ง ยกเว้น คาร์บาริลและคาร์โบฟิวแรน (carbofuran) ซึ่งถ้าได้รับทางการรับประทานจัดเป็นสารก่อมะเร็งได้ นอกจากนี้คาร์โบฟิวแรนยังอาจทำให้ทารกในครรภ์เกิดความผิดปกติได้ แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบว่าคาร์บาเมตมีการสะสมหรือคงอยู่ในร่างกาย โดยทั่วไปอาการแสดงของความเป็นพิษที่เกิดขึ้นเนื่องจากยาฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมตได้แก่ อาการปวดศีรษะ วิงเวียน กล้ามเนื้ออ่อนแรง กระตุก หรือสั่น หัวใจเต้นช้าลง รู้สึกบวม หรือแน่นหน้าอก เหงื่อออก คลื่นไส้ นอกจากนี้ยังมีผลต่อตา คือ ระคายเคืองต่อตา ทำให้สายตา ขาดความคมชัด ตาแดง น้ำตาไหล การควบคุมกล้ามเนื้อตาลำบาก และม่านตาหด

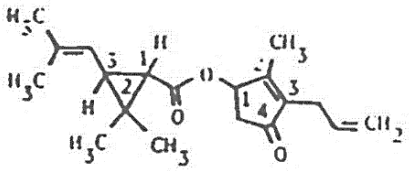
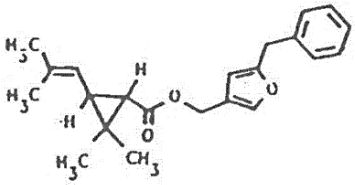
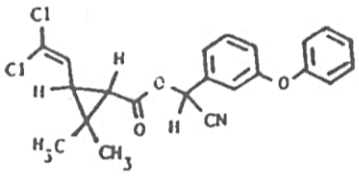
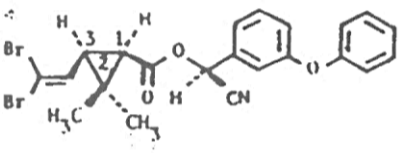
2.2.4 กลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทอย (Pyrethroid pesticides)

เป็นสารเคมีกลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ตามโครงสร้างของไพรีทริน ซึ่งเป็นสารธรรมชาติที่สกัดได้จากพืชไพรีทรัม สารเคมีในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อแมลงสูง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ อย่างไรก็ตาม สารเคมีกลุ่มนี้มีราคาแพงจึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมใช้ สารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มนี้ ได้แก่ เดลตาเมธริน (deltamethrin) เพอร์เมธริน (permethrin) เรสเมธริน (resmethrin) และไบโอเรสเมธริน (bioresmethrin) เป็นต้น

การได้รับพิษและกลไกการออกฤทธิ์

กลไกออกฤทธิ์ เช่นเดียวกบสารพวกออร์กาโนคลอรีน แต่ฤทธิ์น้อยกว่า มักใช้ในการกำจัดแมลงในบ้านเรือน เพราะออกฤทธิ์ใหเกิดอัมพาตในแมลงอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่มีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมค่อนข้างต่ำ อาการพิษ จะทำให้คลื่นไส้ อาเจียน เป็นตะคริวที่ท้อง เบื่ออาหาร อ่อนเพลียมีอาการล้า ปวดศีรษะ มึนงง การรับประทาน สารนี้ในปริมาณสูง (200-500 มล.) ทำให้เกิดอาการโคม่า ภายใน 20 นาที กล้ามเนื้อกระตุกไม่พร้อมกัน และชัก

ตารางที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของสารสังเคราะห์ไพรีทอย

ยาฆ่าแมลง	สูตรโครงสร้าง	ค่าความเป็นพิษฉับพลัน LD50 (มก./กก.) ในหนูขาว
Allethrin 2-Methyl-4-oxo-3-(2-propenyl)-2-Cyclo-penten-1-yl Pynamin®		ให้ทางปาก 680-1000
Resmethrin [5-(Phenylmethyl)-3-furanyl] methyl 2-2-dimethyl-3- (2-methyl-1-propenyl) cyclopropanecarboxylate Chryson®, Synthrin®		ให้ทางปาก 1,500 ฉีดเข้าหลอดเลือดดำ 160
Cypermethrin Cyano (3-phenoxy-phenyl) methyl 3-(2, 2-dichloro-ethenyl) -2,2-dimethylcyclopro-panecarboxylate Ripcord®		ให้ทางปาก 500 ฉีดเข้าหลอดเลือดดำ 50
Decamethrin Cyano (3-phenoxy-phenyl) methyl 3-(2, 2-dibromoethenyl)-2, 2-dimethyl-cyclo-propanecarboxylate Decis®		ให้ทางปาก 25 - 60 ฉีดเข้าหลอดเลือดดำ 2.5

2.3 รูปแบบของการใช้ยาฆ่าแมลงในประเทศไทย

2.3.1 ละอองของเหลว เป็นการบรรจุของเหลวใส่ลงในกระป๋องอัดความดัน และจะถูกปล่อยออกมาในรูปของสเปรย์หรือหมอกควัน เพื่อสะดวกในการใช้และสะดวกต่อการเก็บ

2.3.2 เหยื่อ เป็นการผสมสารออกฤทธิ์กับสิ่งที่แมลงกิน ซึ่งจะออกผลต่อร่างกายเมื่อแมลงกินเข้าไป ดังนั้นจึงควรจัดเก็บให้ปลอดภัยจากสัตว์เลี้ยง หรือสิ่งที่ไม่ใช่เป้าหมาย

2.3.3 ชอล์ก เป็นการผสมสารออกฤทธิ์กับผงแป้ง เมื่อแมลงสัมผัสกับผงแป้ง สารอกฤทธิ์จะเกิดผล

2.3.4 ยาจุดกันยุง เป็นการผสมสารออกฤทธิ์กับขี้เลื่อย เมื่อจุดยากันยุง ความร้อนจะส่งผลหสารออกฤทธิ์กลายเป็นไอระเหย ออกมากำจัดแมลง

2.3.5 แผ่นกำจัดยุงไฟฟ้า ใช้ความร้อนจากไฟฟ้าในการทำให้สารออกฤทธิ์ระเหยเป็นไอออกมาทำหน้าที่กำจัดแมลง

2.4 ระดับความเป็นพิษของวัตถุอันตราย

องค์การอนามัยโลกได้จัดแบ่งระดับความเป็นอันตรายของวัตถุอันตรายโดยพิจารณาจากสูตร (The WHO Recommended classification of pesticides by Hazard and Guidelines to classification) จำแนกระดับความเป็นพิษเฉียบพลัน เป็นค่า LD50 ซึ่งหมายถึงค่าตัวเลขที่แสดงเป็นจำนวนมิลลิกรัม ของสารต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวที่ใช้ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายร้อยละ 50 ถ้าค่า LD50 สูง ความเป็นพิษของวัตถุอันตรายจะน้อยลง การจำแนกความเป็นพิษเฉียบพลันของของวัตถุอันตราย ออกเป็น 4 ชั้น ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ระดับพิษของสารฆ่าศัตรูพืชตามองค์การอนามัยโลก

ระดับ	แอลดี ๕๐ สำหรับหนูทดลอง (มก./กก. ของ นน. ตัว)			
	ทางปาก		ทางผิวหนัง	
	ของแข็ง	ของเหลว	ของแข็ง	ของเหลว
๑ เอ มีพิษร้ายแรงมาก	๕ หรือน้อยกว่า	๒๐ หรือน้อยกว่า	๑๐ หรือน้อยกว่า	๔๐ หรือน้อยกว่า
๑ บี มีพิษร้ายแรง	มากกว่า ๕-๕๐	มากกว่า ๒๐-๒๐๐	มากกว่า ๑๐-๑๐๐	มากกว่า ๔๐-๔๐๐
๒ มีพิษปานกลาง	มากกว่า ๕๐-๕๐๐	มากกว่า ๒๐๐-๒๐๐๐	มากกว่า ๑๐๐-๑๐๐๐	มากกว่า ๔๐๐-๔๐๐๐
๓ มีพิษน้อย	มากกว่า ๕๐๐	มากกว่า ๒๐๐๐	มากกว่า ๑๐๐๐	มากกว่า ๔๐๐๐

หมายเหตุ: คำว่า “ของแข็ง” และ “ของเหลว” ตามตารางการจัดลำดับค่าความเป็นพิษนี้ หมายความถึงรูปลักษณะทางกายภาพของสูตรของผลิตภัณฑ์.

ตารางที่ 2.3 แสดงอาการเกิดพิษของวัตถุอันตรายแต่ละกลุ่ม

กลุ่ม	อาการเกิดพิษ
กลุ่มออร์กาโนคลอรีน 1. ลินเดน (lindane) 2. อัลดริน (aldrin) 3. คลอร์เดน (chlordane) 4. ดีลดริน (dieldrin) 5. บีเอชซี (BHC) 6. เฮ็บตาคลอร์ (heptachlor)	1. เมื่อได้รับสารกลุ่มนี้เข้าไปจะกระตุ้นระบบประสาทอย่างรุนแรง ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน มึนงง กล้ามเนื้อขาดการประสานงาน ทำให้มีอาการสั่น ถ้าอาการรุนแรงอาจชักได้ 2. ในรายที่มีอาการรุนแรงจะหมดสติ
กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 1. ไดคลอร์วอส หรือ ดีดีวีพี (dichlorvos or DDVP) 2. มาลาไธออน (malathion) 3. เทมีฟอส (temephos) 4. คลอร์ไพรีฟอส (chlorpyriphos) 5. ไดอะซีนอน (diazinon)	1. เมื่อได้รับทั้งทางปาก ผิวหนัง และสูดดม จะมีอาการมึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย กระวนกระวาย อาการสั่นที่ปลายลิ้น และเปลือกตา ม่านตาหรี่ คลื่นไส้ อาเจียน น้ำตา และน้ำลายไหลเหงื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง ชีพจรเต้นช้า กล้ามเนื้อเกร็ง 2. ในรายที่มีอาการรุนแรงจะท้องเสีย ตาหรี่ หายใจลำบาก ปอดบวม ขาดออกซิเจน ตัวเขียวคล้ำ (cyanosis) กล้ามเนื้อหูรูดไม่ทำงาน ชักและตายเพราะหัวใจไม่ทำงาน 3. ในรายที่มีพิษสะสมระบบประสาทถูกทำลายและกล้ามเนื้ออ่อนเปลี้ย
กลุ่มคาร์บาเมต 1. โปรพ็อกซัวร์ (propoxur) 2. คาร์บาริล (carbaryl) 3. เบนดิโอคาร์บ (bendiocarb)	1. ผู้ได้รับพิษจะมีอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งช่องท้อง ท้องร่วง ม่านตาหรี่ หายใจหอบ เหงื่อออกมาก
กลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ 1. อัลเลทริน (allethrin) 2.ไบโออัลเลทริน (bioallethrin) 3.ไบโอเรสเมทริน (bioresmethrin) 4. ไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) 5. เพอร์เมทรีน (permethrin) 6. ไซฟลูทริน (cyflumethrin) 7. ไพนามิน (pynamin)	1. ผู้ได้รับจะมีอาการคัน ผื่นแดง บางรายก็มีอาการจามคัดจมูก โดยเฉพาะในรายที่เคยเป็นโรคหอบ เมื่อสูดหายใจเอาวัตถุอันตรายพวกนี้เข้าไปจะมีอาการหอบปรากฏขึ้นมาอีก 2. ในรายที่ได้รับเข้าไปจำนวนมาก จะทำให้มีอาการชักกระตุกกล้ามเนื้อกระตุก และชั้นสุดท้ายจะเป็นอัมพาต

เมื่อสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์เข้าสู่ร่างกายแล้ว จะก่อให้เกิดพิษ ค่าของความเป็นพิษเรียกว่า LD50 (Lethl Dose) หมายถึง ปริมาณของวัตถุมีพิษ ที่ทำให้สัตว์ทดลองเสียชีวิตลงครึ่งหนึ่ง (50 %) ของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด ในการทดลองหาความเป็นพิษจะได้ค่าแตกต่างกันไปบ้าง เมื่อใช้สัตว์ทดลองต่างชนิด ต่างเพศ ต่างอายุ หรือแม้แต่ใช้อาหารแตกต่างกัน และในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน สำหรับสารกลุ่มออร์แกโนคลอรีนจะมีค่าความเป็นพิษต่างๆ กัน ดังตารางที่ 2.4

ตาราง 2.4 ค่าความเป็นพิษของสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ชนิดออร์แกโนคลอรีน ในหนูขาวตัวผู้โดยให้ทางปาก และดูดซึมทางผิวหนัง

สารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์	ค่า LD50 (mg/kg) ในหนูขาวตัวผู้	
	ให้ทางปาก (oral)	ให้ทางผิวหนัง (dermal)
DDT	113 (P,P'-DDT) 217 (technical)	- 2510
DDE	880	-
DDA	740	-
Methoxychlor	5000-7000	98
Aldrin	46	90
Heptachlor	100	195
Endrin	18	18
Chlordanc	335	840
Lindance	88	1000
Mirex	740	>2000

จากความเป็นพิษของสารเคมีนี้ได้ส่งผลให้มีคนป่วย และตายเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงกลายเป็นเรื่องที่กำลังอยู่ในความสนใจขององค์การระหว่างประเทศต่างๆ เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) องค์การสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) สหพันธ์องค์การผู้บริโภคระหว่างประเทศ (International Organization of Consumers unions หรือ IOCU), International Programme for Chemical Safety (IPCS), The Economic and Social Commission of Asia and Pacific (ESCAP) ฯลฯ

2.4.1. การแพร่กระจายของสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ในดิน

ในการเพาะปลูกนั้น เกษตรกรส่วนใหญ่ต้องใช้สารป้องกันศัตรูพืชทั้งก่อนปลูก ขณะที่พืชกำลังเติบโต และก่อนการเก็บเกี่ยว ดินจึงเป็นแหล่งรองรับสารเหล่านี้โดยตรงนอกจากนี้ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดยังนิยมใช้ในอาคารบ้านเรือนด้วย ทำให้โอกาสที่สารเหล่านี้จะสะสมในดินจึงมีมากยิ่งขึ้น

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอาจสลายตัวได้ง่ายเมื่ออยู่ในดิน แต่สารบางชนิดมีความคงทนมากในดิน สามารถตกค้างสะสมได้เป็นเวลานานๆ ดังนั้น สารกลุ่มออร์กาโน-คลอรีน เป็นต้น สารที่สลายตัวยาก มีความคงทนในธรรมชาติสูง จะมีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมดัง แสดงใน ตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ความคงทนของสารมีพิษที่สะสมอยู่ในดิน

ชนิดของสารพิษ	สลายตัวร้อยละ 95 (ปี)
aldrin	1-6
chlordane	3-5
DDT	4-30
dieldrin	5-25
heptachlor	3-5
lindane	3-10

2.4.2. การแพร่กระจายของสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ในแหล่งน้ำ

การปนเปื้อนของสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ในแหล่งน้ำ มาจากหลายสาเหตุด้วยกัน ดังต่อไปนี้

(1)การฉีดพ่นสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำโดยตรง เพื่อกำจัดยุงและวัชพืช

น้ำ

(2) การกัดชะดินของฝน และน้ำไหลบ่าหน้าดินผ่านพื้นที่ที่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชก่อนลงสู่แหล่งน้ำ

(4) การระบายน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และโรงงารอุตสาหกรรมที่ใช้ฆ่าศัตรูพืชและสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำ โดยมิได้มีวิธีกำจัดสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์

(5) การทิ้งหรือล้างภาชนะที่บรรจุสารฆ่าศัตรูพืชและสัตว์

(6) การใช้สารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ในบริเวณพื้นที่เกษตรใกล้กับแหล่งน้ำ

เมื่อสารลงสู่แหล่งน้ำแล้ว จะมีปัจจัยต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้องหลายประการ ดังต่อไปนี้

(1) ความสามารถในการละลายน้ำของสารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ชนิดต่างๆ จะแตกต่างกันไป สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน จะละลายน้ำได้น้อยมาก ทำให้มีความคงทนในแหล่งน้ำ โดยจะจับกับอนุภาคดิน และแขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนใหญ่จะจมลงสู่ท้องน้ำ สะสมในตะกอน

(2) อัตราการระเหยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศของสาร อาจมีได้บ้างในปริมาณน้อยมาก เนื่องจากสารส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปสารแขวนลอย และตกตะกอน

(3) ชนิดของอนุภาคดินที่ดูดซับวารฆ่าศัตรูพืช และสัตว์ ที่แตกต่างกัน จะสามารถดูดซับได้ไม่เท่ากัน

(4) ปริมาณสารอินทรีย์ที่อยู่ในแหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิต และสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายแล้วสามารถดูดซับสารได้ดี ถ้าบริเวณของแหล่งน้ำมีสารอินทรีย์อยู่มาก ก็มักตรวจพบสารในปริมาณสูงด้วย

2.5 วิธีการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง

วิธีการตรวจหาสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง วิธีการตรวจเบื้องต้นเพื่อคัดกรองนิยมใช้ชุด ทดสอบมาตรฐาน (test kit) และนำไปตรวจหาเชิงปริมาณ ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้หลายวิธีเช่น gas chromatography/mass spectroscopy (GC/MS), thin-layer chromatography (TLC), liquid chromatography (LC) หรือใช้ร่วมกับดูการดูดกลืน ความยาวคลื่นแสง (wave spectrum) เช่น UV IR หรือ NMR และ electrochemical technique การตรวจวิเคราะห์ ข้างต้นเป็นการตรวจด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการมี ความจำเป็นที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ ห้องปฏิบัติการมาตรฐาน เครื่องมือ เวลา และค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีการ พัฒนาเครื่องมือในการตรวจวิเคราะห์ให้มีความสะดวกใน การพกพา ใช้งานง่าย มีความถูกต้อง ตรวจสอบตัวอย่างได้ ในปริมาณมาก และลดขั้นตอนการตรวจสอบขั้นต้นลง การพัฒนาเครื่องมือตรวจวิเคราะห์ส่วนมากเป็นการ

พัฒนาโดยอาศัยหลักการทางชีวภาพ (biosensors) เป็นวิเคราะห์ ปฏิกิริยาที่เกิดแบบจำเพาะเจาะจง เช่น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เนื่องจากสารกำจัดแมลงที่ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (enzyme inhibition method - EIM) เช่น คู่ปฏิกิริยา ระหว่าง acetyl cholinesterase กับ acetylcholine การเกิดปฏิกิริยาของคู่ antigen-antibody การวิเคราะห์สัญญาณของการเกิดปฏิกิริยาทำได้ หลายเทคนิค เช่น การวิเคราะห์เชิงเคมีไฟฟ้า (electrochemical immunosensors) เป็นการวิเคราะห์โดยยึดสมบัติ ทางไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า (electrode) ทั้งการเปลี่ยนแปลง ความต่างศักย์ กระแส ความจุไฟฟ้า และความต้านทานเมื่อเกิดปฏิกิริยา

(1) การตรวจวัดภาคสนาม เป็นการตรวจโดยใช้วิธีการตรวจสอบอย่างง่าย และมีความรวดเร็ว อาศัยหลักการการเปลี่ยนสีของสาร (Colorimetric) ซึ่งหากมีสารที่ต้องการตรวจพบจะเกิดสี ในปัจจุบันมีชุดตรวจวัดสารพิษตกค้างภาคสนามให้บริการหลากหลาย เช่น ชุดน้ำยาตรวจสอบยาฆ่าแมลง/สารพิษตกค้าง "จีที" (GT-Pesticide Residual test kit) ชุดทดสอบสารพิษตกค้าง (Pesticides Residue Test Kit, PR) และ ชุดตรวจสอบสารพิษตกค้างในผักผลไม้ TM KIT เป็นต้น ซึ่งใช้หลักการตรวจหาสารพิษด้วยวิธี acetyl cholinesterase inhibition technique โดยอาศัยทฤษฎีที่ว่า สารพิษในกลุ่มสารประกอบฟอสเฟต และ/หรือ คาร์บาเมตมีคุณสมบัติเด่นในด้านการยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์ในร่างกายได้ เมื่อร่างกายได้รับสารพิษในกลุ่มเหล่านี้ จะทำให้ไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ จึงนำหลักการนี้มาใช้เป็นวิธีการตรวจสอบเบื้องต้น

(2) วิธีการทดสอบโดยเทคนิค HPLC (high performance liquid chromatography) และ GC (gas chromatography) โดยการแยกสารเคมีที่มีอยู่ในสารละลายออกจากกันด้วยตัวพา (mobile phase) ซึ่งแสดงผลออกมาเป็นกราฟจำเพาะของสารนั้นๆ ซึ่งเป็นวิธีที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง แต่จำเป็นต้องทำการตรวจวัดภายในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเครื่องมือมีขนาดใหญ่ มีความยุ่งยากในการเตรียมตัวอย่าง และจำเป็นต้องใช้เวลามากในการตรวจวัด

(3) เทคนิควิธีทางเคมีไฟฟ้า (electrochemical technique) เป็นเทคนิคที่กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างสูง และกำลังมีการพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถตรวจวัดสารออร์กาโนฟอสเฟตในภาคสนามให้อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยตัวเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์ที่มีความจำเพาะและวิธีการทางเคมีไฟฟ้า มีความไวในการตรวจสูงในระดับ หนึ่งในพันล้านส่วน (part per billion: ppb) สามารถตรวจวัดสารเคมีตกค้างอื่นๆ ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ไม่สามารถตรวจวัดโดยชุดตรวจแบบเคลื่อนที่ของกรมวิชาการเกษตรได้ แต่เทคนิคนี้ก็มีความสามารถในการคัดแยกสารในกลุ่มใหญ่ๆเท่านั้น ไม่สามารถระบุชนิดจำเพาะเจาะจงของสารตกค้างได้ ทำให้เมื่อมีการวัดตัวอย่างจริงที่มีจำนวนสารเคมีตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตปะปนกันหลายชนิด ผลที่ได้จากการตรวจวัดอาจยังมีความคลุมเครือ

เรื่องชนิดของสารตกค้าง วิธีการนี้จึงเหมาะสำหรับการตรวจวัดเบื้องต้นในภาคสนามก่อนที่จะนำตัวอย่างไปตรวจวัดอย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 งานวิจัยภายในประเทศ

ในปี ค.ศ.2012 สุรัตดา ศรีสุวรรณ์ และคณะ ได้ทำการศึกษา การวิเคราะห์หาปริมาณสารกำจัดวัชพืชกลุ่มคลอโรฟีนอกซีอะซิติกแอซิด ได้แก่ 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), 2,4,5-trichlorophenoxyacetic acid (2,4,5-T), 4-chloro-2-methyphenoxyacetic acid (MCPA) และ 2-(2,4-dichlorophenoxy)-propinic acid (dichloroprop.) ด้วยเทคนิคแคปิลลารีอิเล็กโทรโฟรีซีส โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณ ได้แก่ ชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ พีเอช(pH) สารเติมแต่ง ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้ในการแยกสาร และเวลาในการฉีดสาร เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่าสภาวะที่ให้ผลดีที่สุดในการทดลองคือ การใช้ fused-silica capillary 50 μm i.d. x 64.5 cm (56 cm effective length) 50 mM phosphate buffer และ 100 mM sodium lauryl sulfate ที่ pH 7.0 เวลาที่ใช้ในการฉีดสารตัวอย่าง 5 วินาที ศักย์ไฟฟ้า +30 kV อุณหภูมิ 25 ๐C ตรวจวัดสัญญาณด้วย UV-Visible detector ที่ความยาวคลื่น 214 นาโนเมตร และความยาวคลื่นอ้างอิง 280 นาโนเมตร โดยค่า limit of detection (LOD) ของสารกำจัดวัชพืชทั้ง 4 ชนิด คือ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ในปี ค.ศ. 2012 กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ได้วิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้จากแปลงในระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช (Good Agriculture Practices: GAP) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 11 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครพนม บึงกาฬ มุกดาหาร เลย สกลนคร หนองคาย หนองบัวลาภู และ อุดรธานี ทาการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม ได้แก่ organophosphorus, organochlorines, pyrethroids และ carbamate จากตัวอย่างผักและผลไม้ จานวน 559 ตัวอย่าง รวม 46 ชนิดพืช โดยประยุกต์ใช้วิธีสกัดตัวอย่างของ Steinwandter และวิธีสกัดตัวอย่างแบบ QuEChERS แล้วนาไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง gas chromatograph และเครื่อง high-performance liquid chromatograph เพื่อตรวจสอบติดตามคุณภาพผักและผลไม้เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย (MRLs)

ในปี ค.ศ. 2012 สุภาพร ใจการุณ และคณะ ผลการศึกษาผลกระทบด้านนิเวศวิทยาจากการใช้สารฆ่าแมลง carbofuran, dicrotophos,methomyl และ EPN ในกลุ่ม 4 จังหวัดอีสานตอนล่าง ได้แก่ อุบลราชธานี อำนาจเจริญ ยโสธร และศรีสะเกษ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิต จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ ใบย่านาง ผักขะแยง จิ้งหรีด ตั๊กแตน ปูนา ปลาและตัวอ่อนของแมลงปอ ชนิดละ 100 ตัวอย่าง รวมทัง. หมด 700 ตัวอย่าง จากแปลงปลูกพืช 6 ชนิด ได้แก่ข้าว, พริก, แตงโม, มะเขือ, คะน้า, ถั่วฝักยาว นำตัวอย่างสิ่งชีวิตที่เก็บได้มาสกัดและตรวจสอบด้วยชุดตรวจสารฆ่าแมลงตกค้างกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate (GT testkit.) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข แล้วนำตัวเลขที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนา ผลการศึกษาพบว่า การตกค้างของสารฆ่าแมลงในกลุ่ม Organophosphate และ Carbamate ในพื้นที่ 4 จังหวัดมีค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในจิ้งหรีด พบการปนเปื้อนหรือพบสารตกค้างมากที่สุดถึงร้อยละ 90 ของตัวอย่าง รองลงมาคือ ตั๊กแตน (ร้อยละ 89) นอกจากนี้พบการตกค้างในผักพื้นบ้านค่อนข้างสูงเช่นกันคือผักขะแยงและย่านาง (ร้อยละ 71 และ 86 ตามลำดับ) ดังนั้น การตกค้างของสารเคมีดังกล่าวมีโอกาสที่จะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และตกค้าง โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหารที่หลายคนมั่นใจว่าเป็นอาหารที่ปลอดภัย

ในปี ค.ศ. 2013 สาคร ศรีมุข ได้ศึกษาสถานการณ์การใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ในขณะที่พื้นที่การเพาะปลูกยังคงมีอยู่เท่าเดิม ในปี 2554 พบว่า มีมูลค่าการนำเข้าเป็นจำนวนมากกว่า 22,034 ล้านบาท ซึ่งเป็นการบ่งชี้ว่าเกษตรกรของไทยมีปริมาณการใช้สารเคมีทางการเกษตรต่อไร่เพิ่มสูงขึ้นแม้ว่าสารเคมีทางการเกษตรจำพวกปุ๋ยจะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชอาหาร ช่วยลดความเสี่ยงในเรื่องความเสียหายต่อผลผลิต ทำให้ผลิตภาพทางการเกษตรเพิ่มสูงขึ้น สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรและเศรษฐกิจของประเทศ แต่การใช้สารเคมีที่มากเกินความจำเป็น และไม่ถูกต้องเหมาะสมก็จะทำให้เกิดผลกระทบด้านต่างๆ กล่าวคือ ด้านสุขภาพ พบว่า ในปี 2550 มีเกษตรกรที่มีความเสี่ยงและไม่ปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชถึงร้อยละ 39 ด้านสิ่งแวดล้อม พบการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม ส่วนในด้านเศรษฐกิจ ผลการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ผลกระทบภายนอกจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า ในปี 2553 มีมูลค่าผลกระทบภายนอกสูงถึง 14 พันล้านบาท และเมื่อผนวกมูลค่าการนำเข้ากับต้นทุนผลกระทบภายนอก ทำให้ต้นทุนที่แท้จริงของสังคมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูงถึง 32 พันล้านบาทต่อปี และมีสถิติเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี นอกจากนี้ยังมีความเสียหายจากการส่งออกที่มีสาเหตุมาจากสารตกค้างในสินค้าทางการเกษตร ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายปีละประมาณ 800 -

900 ล้านบาท ส่งผลทางลบต่อภาพลักษณ์ของประเทศในฐานะผู้ส่งออกสินค้าทางการเกษตรและอาหารรายใหญ่ของโลก

2.6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ในปี ค.ศ. 2017 Li และคณะ ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์เมตาฟีโนนในผัก โดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยเฟสของแข็ง แล้ววิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC จากผลการวิจัยนี้พบว่าสามารถหาปริมาณเมตาฟีโดนได้ โดยการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน จากนั้นนำไปแยกด้วยคอลัมน์แบบ reversed phase ใน mode isocratic ซึ่งวิธีที่พัฒนาขึ้นนี้มีค่าขีดต่ำสุดของการตรวจวัดเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีค่าร้อยละการกลับคืนเท่ากับ 86.5-104.8%

ในปี ค.ศ. 2016 Al-Rimawi ได้ทำการศึกษาการยาฆ่าแมลงในน้ำดื่มโดยใช้เทคนิค HPLC-UV ยาฆ่าแมลงที่ศึกษา 3 ชนิดคือ อะบามีทริน อิมิดาโคลปริด และเบต้า ไซฟลูทริน คอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ C-18 ขนาด 5 ไมโครเมตร 250 มิลลิเมตร x 4.6 มิลลิเมตร ใช้อะซีโตไนทริลต่อน้ำที่อัตรส่วน 4 ต่อ 1 เป็นเฟสเคลื่อนที่ ที่อัตรการไหล 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที และตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 220 นาโนเมตร ผลการศึกษาพบว่าร้อยละการได้กลับคืนเท่ากับ 97.6 – 101.5%

ในปี ค.ศ.2012 Canada และคณะ ได้วิเคราะห์สารควิโนโลนและฟลูออโรควิโนโลน 14 ชนิด ในตัวอย่างปลา โดยสกัดตัวอย่างด้วยสารผสมระหว่างกรดฟอสฟอริกและอะซีโตไนทริล ที่อัตราส่วน 75 ต่อ 25 จากนั้นทำบริสุทธิ์และวิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์แบบ C18 ใช้สารผสมระหว่างเมทานอล-อะซีโตไนทริล-10 มิลลิโมลาร์ ซิเตรท บัฟเฟอร์ ที่ pH 4.5 เป็นเฟสเคลื่อนที่ ที่อัตรการไหล 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 26 นาที ตรวจวัดที่ความยาวคลื่น 280 นาโนเมตร และ 254 นาโนเมตร มีค่าขีดต่ำสุดขิงการตรวจวัด และค่าขีดต่ำสุดขิงการวิเคราะห์ เท่ากับ 0.2-9.5 และ 0.7-32 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ในปี ค.ศ. 2016 Pujeri และคณะ ได้วิเคราะห์หาปริมาณยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในมะเขือเทศ เพื่อเป็นข้อมูลในการให้คำแนะนำถึงผลกระทบของการตกค้างของยาฆ่าแมลงที่อาจเป็นอันตรายต่อมนุษย์ โดยเลือกศึกษาในมะเขือเทศเนื่องจากมีการปลูกเป็นจำนวนมากในประเทศอินเดียในแคว้นคามาตากา ซึ่งในการเพาะปลูกเกษตรกรมีการใช้ยาฆ่าแมลงในปริมาณมาก

ในปี ค.ศ.2012 Dasika และคณะ ได้ศึกษาวิธีการตรวจหายาฆ่าแมลงที่มีประสิทธิภาพในการหายาฆ่าแมลงตกค้างในตัวอย่างผลไม้และผัก โดยใช้เทคนิค liquid chromatography tandem

mass spectrometry (LC-MS/MS) และการเตรียมตัวอย่างโดยใช้เทคนิค (QuEChERS) method with acetate buffering (AOAC Official Method 2007.01)

ในปี ค.ศ.2007 Perihan และคณะ ได้ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ที่ง่าย รวดเร็ว ประหยัด มีประสิทธิภาพสูง ที่เรียกว่าเทคนิค QuEChERS โดยสกัดยาฆ่าแมลงในตัวอย่างผักและผลไม้ด้วยเอทิลอะซีเตต และอะซีโทไนทริล พบว่าเอทิลอะซีเตทมีความเหมาะสมในการสกัดมากกว่าอะซีโทไนทริล ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค gas chromatographic (GC) ที่ตรวจวัดด้วย electron capture detection (ECD) และ nitrogen-phosphorus detection (NPD) สำหรับขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง หลังจากที่ได้สกัดแล้วจะนำตัวอย่างมาผ่านเทคนิคการสกัดด้วยเฟสของแข็ง พบว่าได้ร้อยละการกลับคืนเท่ากับ 93% และได้ค่าขีดต่ำสุดของการตรวจวัดเท่ากับ 0.005-0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

วัตถุมีพิษการเกษตรหรือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นส่วนสำคัญหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพให้ได้ตามต้องการ เนื่องจากสารป้องกันศัตรูพืชมิใช่จะมีประโยชน์ในการป้องกันศัตรูพืชแต่อย่างเดียว แต่ยังมีพิษภัยที่ร้ายแรงเป็นผลกระทบต่อผู้ใช้ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นการตรวจวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรจึงมีความสำคัญยิ่ง เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยจำเป็นต้องตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารพิษตกค้าง ให้ไม่เกินจากมาตรฐานกำหนดไว้ ด้วยเครื่องมือหลายๆ ประเภทในการควบคุมคุณภาพ ที่นิยมใช้มีดังนี้ GCMS (with ECD Detector) เป็นเครื่องวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารต่างๆ ในสารตัวอย่าง โดยใช้ก๊าซเป็นตัวพาเอาสารตัวอย่างนั้นไปไหลแยก ในสภาวะที่เหมาะสมแล้วตรวจวัดค่าของสารต่างๆ ที่แยกได้นั้น ด้วยชุดตรวจวัดชนิด Electron Capture Detector พร้อมทั้งตรวจวิเคราะห์หาค่ามวลต่อประจุ (Mass Number) เพื่อแปรผลหาชนิดและปริมาณโครงสร้างโมเลกุลของ สารเหล่านั้นโดยอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้างประเภทที่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (Organo Chlorinated Pesticides) ในอาหารประเภท เนื้อสัตว์ , ผักสด , ผลไม้ เป็นต้น เช่น สารกำจัดศัตรูพืชจำพวก DDT, DDE, Dieldrin, Aldrin, Heptaclor ฯลฯ เป็นต้น ยืนยันการตรวจสอบสารพิษตกค้างชนิดต่างๆ โดยเปรียบเทียบโครงสร้างของสารที่วัดโดยส่วนวัดมวลสาร (MSD) และเครื่อง HPLC เป็นเครื่องวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของสารประกอบต่างๆ ในสารตัวอย่าง โดยใช้สารของเหลว(Liquid) เป็นตัวพา (Mobile Phase) เอาสารตัวอย่าง เหล่านั้นไปแยกในสภาวะที่เหมาะสม โดยสามารถตรวจวัดค่าของสารที่แยกได้เหล่านั้น ด้วยชุดตรวจวัดชนิดต่างๆ ที่เหมาะสม พร้อมทั้สามารถคำนวณหาชนิดและปริมาณได้โดยเทียบกับสารมาตรฐานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถประยุกต์ใช้ในงานวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง กลุ่มคาร์บาเมต สารตกค้าง

ในอาหารประเภทสารกำจัดศัตรูพืชจำพวก Sethoxdim, Copper terephthalate, Trifunizole, Pyridate ฯลฯ สารตกค้างในอาหารประเภทสารพิษจากเชื้อรา เช่น Mycotoxin Aflatoxin ฯลฯ