

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1.1) พริก

ถิ่นเดิมของพริกขึ้นอยู่แถบทวีปอเมริกาใต้ ได้แก่ เม็กซิโก เปรู เป็นต้น ชาวอินเดียนแดง เป็นชนเผ่าแรกที่ปลูกและกินพริก ใช้พริกปรุงอาหาร ในราวคริสต์ศตวรรษที่ 16 ได้มีผู้นำพริกเข้าไปในยุโรป และราวคริสต์ศตวรรษที่ 17 ได้แพร่เข้าไปยังประเทศจีนและประเทศอื่นๆ ในเอเชีย

ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Capsicum frutescens*. L. (*C. minimum* Roxb) วงศ์ *solanaceae*

ในพริกมีแคปไซซิน (capsaicin) ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์กระตุ้นอย่างแรง หลังจากกินพริกจะรู้สึกมีอาการแสบร้อนบริเวณปากและท้อง ถ้ากินมากเวลาถ่ายอุจจาระจะรู้สึกแสบร้อนทวารหนัก นอกจากนี้แคปไซซินยังมีฤทธิ์กระตุ้นเยื่อในจมูกและตา ดังนั้นเมื่อสูดเอากลิ่นพริกเข้าไปจะทำให้ตามหรือ น้ำตาไหล ดังนั้นผู้ที่มีอาการอักเสบ เช่น ภาวะอาหารอักเสบหรือเป็นแผล ทางเดินอาหารอักเสบหรือเป็นฝี วัณโรคปอด ปวดฟัน เจ็บคอ ตาแดง เป็นริดสีดวงทวาร หรือความดันโลหิตสูงไม่ควรกินพริกเหตุที่พริกมีสีแดง เพราะมีแคปไซซิน แคปไซซินไม่เพียงแต่ทำให้พริกมีสีแดง ยังสามารถทำให้ขนสัตว์ปีกมีสีแดงสดสวยอีกด้วย สวนสัตว์ในฮังการี นกฟลามิงโก (flamingo) ซึ่งนำมาเลี้ยงในสวนสัตว์ใหม่ๆ ขนที่เคยสวยงามเริ่มมีสีซีดลง เพื่อที่จะให้นกกลับมีขนสวยขึ้น คนงานเลี้ยงนกได้พยายามค้นหาวิธีต่างๆ ในที่สุดก็ค้นพบ โดยหั่นผลพริกสดให้นกกิน ในเวลา 1 ปี นกทั้ง 20 กว่าตัวกินพริกไปประมาณ 100 กก. ขนที่เคยซีดก็มีสีสวยงามขึ้น (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2552)

สรรพคุณ

พริกมีคุณสมบัติร้อน รสเผ็ด ผลใช้ปรุงอาหาร ช่วยให้เจริญอาหาร แก้อาเจียน บิด หิด กลาก ปวดบวม

ตำรับยา

- 1) บิด ใช้พริก 1 เม็ดหรือกว่านั้นกิน
- 2) ปวดบวม ใช้ผงพริกแห้งทำเป็นขี้ผึ้งหรือละลายแอลกอฮอล์ทา
- 3) หน้าแมลง ใช้ผงพริกแห้งผสมน้ำ ฟันทูๆ มีแมลงอยู่
- 4) หน้าลูกน้ำ เทผงพริกลงในน้ำที่มีลูกน้ำขัง
- 5) ไล่ยุง เผาพริกแล้วอบควัน

ผลทางเภสัชวิทยา

- 1) ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร แคปไซซินมีฤทธิ์ทำให้เจริญอาหาร กินอาหารได้มากขึ้น

2) ฤทธิ์ต่อต้านเชื้อแบคทีเรียและฆ่าแมลง แคปซายซินมีผลยับยั้งเชื้อ *Bacillus cereus* และเชื้อ *Bacillus subtilis* แต่ไม่มีผลต่อเชื้อ *Bacillus aureus* และเชื้อ *Bacillus coli*

3) สารสกัดจากพริก เมื่อทาลงบนผิวหนังจะทำให้หลอดเลือดบริเวณนั้นขยาย และการไหลเวียนของเลือดเพิ่มขึ้น เชื่อว่าสารนี้สามารถกระตุ้นปลายประสาททำให้รู้สึกอุ่น มักนิยมผสมในยาหม่องและน้ำมันมวย ถ้าใช้จำนวนมากเกินไปอาจจะระคายเคืองได้

สารเคมีที่พบ

ผล มีแคปซายซิน (capsaicin; decanoic acid vanillylamide) ไดไฮโดรแคปซายซิน (dihydrocapsaicin) นอร์ไดไฮโดรแคปซายซิน (dihydrocapsaicin) โฮโมแคปซายซิน (homocapsaicin) โฮโมไดไฮโดรแคปซายซิน (homodihydrocapsaicin) โนนอยล์ วานิลลิลาไมด์ (nonoyl vanillylamide) เดคคอยล์ วานิลลิลาไมด์ (decoyl vanillylamide) คริปโตซานทีน (cryptoxanthin) แคปซานทีน (capsanthin) แคปโซซิบิน (capsosubin) แคโรทีน (carotene) วิตามินบี 1 วิตามินซี ซิตริก แอซิด (citric acid) ทาร์ตาริก แอซิด (tartaric acid) มาลิก แอซิด (malic acid)

เมล็ด มีโซลานีน (solanine) โซลานิดีน (solanidine) อาจพบโซลามาร์จิน (solamargine) โซลาโซดีน (solasodine) และโซลาโซนีน (solasonine) เนื่องจากพริกมีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจและระบบไหลเวียนของโลหิต ทำให้หน้าแดง รู้สึกร้อนทั้งตัวและเหงื่อออก ดังนั้นถ้าอยู่ในที่ชื้นหรือหนาวเย็น กินพริกสักเล็กน้อยจะทำให้อบอุ่นขึ้น (มูลนิธิหมอชาวบ้าน, 2552)

พริก เป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารมีประโยชน์ต่อร่างกาย เนื่องจากมีวิตามินซีสูง สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคสดและแปรรูป ใช้ในการปรุงแต่งรสและ ใช้สีในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น พริกแห้ง พริกป่น ซอสพริก เครื่องแกง ในพริกมีสารแคปไซซิน ที่มีรสเผ็ดซึ่งสามารถใช้เป็นผลิตภัณฑ์รักษาโรค ได้ เช่น ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร ช่วยการดูดซึมอาหาร ครีมนคลายกล้ามเนื้อ และลดอาการเจ็บปวด และยังใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์เพื่อป้องกันหนูกัดสายไฟ ปัจจุบันมีแนวโน้มความต้องการใช้พริกมากขึ้น (กรมวิชาการเกษตร, 2549)

ปัญหาของพืชและ ข้อจำกัด

- 1) ผลผลิตต่อพื้นที่ต่ำ
- 2) ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพต่ำโดยเฉพาะการผลิตเพื่อให้ได้มาตรฐานสากลและปลอดภัยจากสารพิษตกค้าง
- 3) ยังขาดความรู้และวิธีการจัดการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลผลิตไม่มีคุณภาพและมีความเสียหายมาก
- 4) ปริมาณและคุณภาพของพริกที่ผลิตได้ไม่สอดคล้องหรือสัมพันธ์กับความต้องการใช้ของผู้แปรรูป



ภาพที่ 2.1 ต้นพริก

2.1.2) สารฆ่าแมลง

ปัจจุบันเกษตรกรได้นำวิธีการและเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการเพาะปลูกกันมากขึ้นเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพให้เป็นที่ต้องการของตลาดผู้บริโภค รวมทั้งการใช้สารฆ่าแมลง ที่เกินกว่าอัตราที่กำหนดก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในพืชผักผลไม้ตลอดจนตกค้างในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นอันตรายต่อประชาชนผู้บริโภคซึ่งอาจเกิดจากเกษตรกรขาดความรู้และประสบการณ์ในการใช้สารฆ่าแมลงที่ถูกต้องและปลอดภัย หรือ เกษตรกรบางส่วนทราบและมีความรู้ประสบการณ์ในเรื่องการใช้สารฆ่าแมลงแต่ละเลยไม่ปฏิบัติ เพียงเพื่อจะขายผลผลิตให้ได้ราคาซึ่งเกษตรกรทั้งสองประเภทดังกล่าว นับว่า เป็นผู้สร้างปัญหาภาคต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง

การนำสารฆ่าแมลงมาใช้นั้น หากมีการใช้อย่างไม่ถูกต้องแล้วจะก่อให้เกิดโทษต่อผู้ใช้ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อมต่าง ซึ่งสารเคมี เมื่อใช้แล้วจะมีการแพร่กระจายและตกค้างในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ โดยมีน้ำและลมเป็นตัวนำที่สำคัญ สารเคมีที่ตกค้างอยู่จะมีการเปลี่ยนแปลง (transformation) ที่สลายตัวกลายเป็นสารชนิดใหม่ ซึ่งอาจกลายเป็นสารพิษหรือมีพิษมากกว่าเดิมก็ได้ การสลายตัวสลายตัวกลายเป็นสารชนิดใหม่ ซึ่งอาจกลายเป็นสารพิษหรือมีพิษมากกว่าเดิมก็ได้ การสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดนั้น ใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะประเภท ออร์แกโนคลอรีน ใช้เวลาเป็นสิบ ๆ ปี สารเคมีที่ตกค้างในสิ่งแวดล้อม จะหมุนเวียนในระบบนิเวศ (ecosystem) และเข้าไปสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ของระบบวงจรอาหาร (food chain) จนในปัจจุบันแทบจะหาสิ่งใดหรือสถานที่ใดในโลกที่เป็นอิสระจากสารฆ่าแมลงหรือวัตถุมีพิษไม่ได้

ประเภทของสารฆ่าแมลง

1) แบ่งตามประเภทของศัตรูพืชที่ต้องการทำลาย ได้แก่

- 1.1) สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลง (insecticide)
- 1.2) สารเคมีป้องกันและกำจัดไร (acaricide)
- 1.3) สารเคมีป้องกันและกำจัดวัชพืช (herbicide)
- 1.4) สารเคมีและกำจัดโรคพืช (fungicide)
- 1.5) สารเคมีป้องกันและกำจัดไส้เดือนฝอย (nematicide)

2) แบ่งตามลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของสารฆ่าแมลงนั้น แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

(ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 163), 2538)

2.1) ออร์แกโนคลอรีน (organochlorine) ได้แก่ สารฆ่าแมลงกลุ่มที่มีธาตุคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น ดีดีที แอลดีดี ดีลดีดี และคลอเดน เป็นต้น สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงได้อย่างกว้างขวางและมีความคงทนไม่สลายตัวง่าย โดยเฉพาะเมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์และสัตว์ และในต้นพืช นอกจากนี้บางชนิดยังมีอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์อีกด้วยแต่ข้อเสียก็คือการที่มันมีความคงทนไม่สลายตัวง่ายในสิ่งแวดล้อม คือ อย่างน้อยต้องใช้เวลา 2-3 ปี จึงจะสลายตัวหมด จากสาเหตุนี้จึงทำให้สารฆ่าแมลงประเภทนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้กับพืชผักเกือบเกี่ยวในระยะสั้นเพราะจะทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในพืชผัก นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสถานะสมดุลทางธรรมชาติอีกด้วย ดังนั้นหลายประเทศทั้งในยุโรปและอเมริกา จึงประกาศห้ามใช้สารฆ่าแมลงบางชนิดในกลุ่มนี้ เช่น ดีดีที เป็นต้น

2.2) ออร์แกโนฟอสเฟต (organophosphate) ได้แก่ สารฆ่าแมลงกลุ่มที่มีสารฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบสำคัญ เช่น มาลาไธออน กุชาไธออน ไดอะซิน ไดซีสตอน เป็นต้น สารฆ่าแมลงประเภทนี้มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันและกำจัดแมลง สลายตัวได้หลังการใช้ประมาณ 1-12 สัปดาห์ สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมมากนักจึงเหมาะกับพืชผัก ที่มีระยะเก็บเกี่ยวสั้น แต่ข้อเสียก็คือ เป็นการสังเคราะห์ที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตดังนั้น จึงต้องใช้อย่างระมัดระวัง

2.3) สารฆ่าแมลงกลุ่มที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น คาร์บาริล หรือเซฟวิน เทมิก แบคอน ฟุราดาน เป็นต้น สารฆ่าแมลงในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงบางชนิดได้ดี สารฆ่าแมลงบางอย่างในกลุ่มนี้มีอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ นอกจากนี้ยังสลายตัว เป็นสารไร้พิษได้ในระยะสั้นอีกด้วย จึงเหมาะที่จะใช้กับผักที่เก็บเกี่ยวในระยะสั้นแต่บางชนิด เช่น เทคนิก ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงชนิดดูดซึมมีอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่นสูงมาก

ปัจจุบันได้มีการผลิตสารฆ่าแมลงประเภทไพริทรอยด์ (pyrethroids) ออกจำหน่ายหลายชนิด สารฆ่าแมลงนี้มีการสังเคราะห์ไพริทรอยด์เป็นองค์ประกอบสำคัญ ทั้งนี้เพราะพบว่า สารไพริทรอยด์จากธรรมชาติมีคุณสมบัติกำจัดแมลงได้ดีสลายตัวได้เร็ว ไม่ก่อให้เกิดปัญหาการตกค้างในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีอันตรายต่อสัตว์เลือดอุ่นน้อยมากอีกด้วย เมื่อใช้ร่วมกับสารฆ่าแมลงชนิดอื่น

ยังช่วยให้สารฆ่าแมลงชนิดนั้นมีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงขึ้นด้วย แต่สารไพรีทรอยด์จากธรรมชาติไม่เพียงพอ นักเคมีจึงสังเคราะห์สารไพรีทรอยด์เพื่อป้องกันและกำจัดแมลง จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้ สารฆ่าแมลงประเภทนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพืชผักที่เก็บเกี่ยวในระยะนั้น

3) แบ่งตามความคงทนในธรรมชาติได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้

3.1) กลุ่มสลายตัวได้เร็ว ส่วนใหญ่ได้แก่ สารฆ่าแมลงประเภทออร์แกโนฟอสเฟต เช่น เมทิลพาราไธออน และมาลาไธออน เป็นต้น

3.2) กลุ่มที่สลายตัวปานกลาง สารฆ่าแมลงประเภทนี้สลายตัว ภายใน 1-18 เดือน หลังจากการพ่นแล้ว ได้แก่ 2,4 ดี และอาทราซิน เป็นต้น

3.3) กลุ่มที่สลายตัวได้ช้ามาก หมายถึง สารฆ่าแมลงประเภทคลอริเนตเตดไฮโดรคาร์บอน ซึ่งใช้แพร่หลายทั้งทางเกษตรและสาธารณสุขสามารถเหมาะสมในสิ่งแวดล้อมได้นานจะสลายหมดในระยะเวลา 2-5 ปี ได้แก่ ทีทีดี อัลดริน เอนดริน คลอเดน เฮปตาคลอ และท็อกซาฟิน เป็นต้น

3.4) กลุ่มที่ไม่สลายตัว ได้แก่ สารฆ่าแมลงที่มีส่วนประกอบของสารหนู สารตะกั่ว สารปรอท ซึ่งละลายน้ำได้น้อยจึงเคลื่อนย้ายได้มาก

2.1.3) สารพิษตกค้าง

สารพิษตกค้าง หมายถึง สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ หรือกลุ่มอนุพันธ์ของสารเคมีดังกล่าว ได้แก่ สารในกระบวนการเปลี่ยนแปลง (conversion products) สารในกระบวนการสร้างและสลาย (metabolites) สารที่เกิดจากปฏิกิริยา (reaction products) หรือสิ่งปลอมปนที่มีความเป็นพิษ ซึ่งปนเปื้อนหรือตกค้างในอาหาร

สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชหรือสัตว์ หมายถึง สารเคมีที่มีจุดมุ่งหมายใช้เพื่อป้องกัน ทำลาย ดึงดูด ขัปล่า หรือควบคุมศัตรูพืชและสัตว์ หรือพืชและสัตว์ที่ไม่พึงประสงค์ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ระหว่างการเพาะปลูก การเก็บรักษา การขนส่ง การจำหน่าย หรือใช้ในระหว่างกระบวนการผลิตอาหาร หรือเป็นสารเคมีที่อาจใช้กับสัตว์เพื่อควบคุมปรสิตนอก (ectoparasites) และให้หมายความรวมถึง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช สารทำให้ใบร่วง สารทำให้ผลร่วง สารยับยั้งการแตกยอดอ่อน และสารที่ใช้กับพืชผลก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อป้องกันการเสื่อมเสียระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง แต่ไม่รวมถึงปุ๋ย สารอาหารของพืชและสัตว์ วัตถุเจือปนอาหาร และยาสำหรับสัตว์ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 163), 2538)

2.1.4) สารเคมีกำจัดแมลง

สารเคมีกำจัดแมลงแบ่งตามสูตร โครงสร้างและกลไกการออกฤทธิ์สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือสารประกอบกลุ่มฟอสเฟตหรือออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) กลุ่มคาร์บาเมต (carbamates) กลุ่มสารประกอบคลอรีน (organochlorines) และกลุ่มสารสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ (pyrethroid) เนื่องจากเกษตรกรนิยมนำมาใช้เพื่อป้องกันและกำจัดแมลงซึ่งทำความเสียหายให้กับผลผลิต ดังนั้น ถ้าใช้ไม่

ถูกต้องและไม่เหมาะสม เช่น เก็บเกี่ยวผลผลิตก่อนกำหนดหรือใช้ปริมาณมากเกินไปจนทำให้มีสารตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อมได้ ความคงทนของสารฆ่าแมลงบางชนิดในดินระยะเวลา (ปี) ที่ใช้ในการสลายตัว 50% (ค่าครึ่งชีวิต) และการสลายตัว 95% แสดงดังตารางที่ 2.1

สารกำจัดแมลงที่แพร่หลายและใช้กันมากในขณะนี้แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม คือ

1) ออร์กาโนคลอรีน (organo chlorine)

ออร์กาโนคลอรีนเป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) และคลอรีน (Cl) เคมีภัณฑ์กลุ่มนี้มีการสลายตัวช้าและพบว่ามีสารสะสมอยู่ตามดิน น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในร่างกายของมนุษย์และสัตว์เลี้ยง เคมีภัณฑ์ที่รู้จักกันดีและใช้กันมากได้แก่ ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin) อัลดริน (aldrin) เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 ความคงทนของสารฆ่าแมลงบางชนิดในดินระยะเวลา (ปี) ที่ใช้ในการสลายตัว 50% (ค่าครึ่งชีวิต) และการสลายตัว 95%

ชนิดสาร	สลายตัว 50%	สลายตัว 95%
กลุ่ม ออร์กาโนคลอรีน		
aldrin	1-4	2-6
chlordane	2-4	3-5
DDT	3-10	4-30
dieldrin	1-7	2-25
endrin	4-8	-
heptachlor	3-5	6-12
toxaphene	10	-
BHC	2	-
กลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัส		
Fonofos	0.2	-
Carbophenothion	05	-
กลุ่ม คาร์บาเมต		
Carbofuran	0.05-1	-

ที่มา (พาลาก สิงห์เสณี, 2537 หน้า 110)

2) ออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate)

หลังจากที่พบว่าออร์กาโนคลอรีนมีการสะสมและมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ทำให้เกิดมลภาวะแก่ดินและน้ำ การใช้เคมีภัณฑ์กำจัดแมลงจึงได้เปลี่ยนไปใช้พวกสารประกอบที่มี ฟอสฟอรัสเป็นตัวหลักมากขึ้น ขณะนี้เป็นยุคที่มีการใช้เคมีภัณฑ์กลุ่มนี้มากทั้งในด้านการเกษตรและใน วงการสาธารณสุข อาการเป็นพิษเกิดขึ้นได้เร็วกว่า และสลายตัวเร็ว เคมีภัณฑ์ที่ใช้กันมากในกลุ่มนี้ ได้แก่ มาลาไธออน (malathion) เฟนิโทรไธออน (fenitrothion) ซุมิไธออน (sumithion) ไดคลอรวัวส (dichlorvos) เป็นต้น

3) คาร์บาเมต (carbamate)

คาร์บาเมตเป็นสารประกอบอีกกลุ่มหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการกำจัดแมลง อาการเป็นพิษ เกิดขึ้นได้เร็วและสลายตัวเร็ว มีคาร์บาริลรูปเป็นตัวหลักที่สำคัญและที่รู้จักกันในกลุ่มนี้ คือ โพรพ็อกเซอร์ (propoxur) เบนดิโอคาร์บ (bendiocarb) เป็นต้น

4) พัยรีทรอยด์ (pyrethroid)

พัยรีทรอยด์เป็นเคมีภัณฑ์กลุ่มที่สังเคราะห์ขึ้น โดยมีความสัมพันธ์ตาม โครงสร้างของพัยรีธรีน (pyrethrins) ซึ่งสกัดได้จาก พัยรีธรัม (pyrethrum : ดอกเบญจมาศ) เป็นเคมีภัณฑ์ที่มีความเป็นพิษต่อแมลงสูง ที่รู้จักและใช้กันในขณะนี้ ได้แก่ เดลตามิทริน (deltamethrin) เปรมิทริน (permethrin) เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างความเป็นพิษของสารฆ่าศัตรูพืชต่อมนุษย์และสภาพแวดล้อม

สารกำจัดศัตรูพืช สารฆ่าแมลง	ผลต่อมนุษย์	ผลต่อสภาพแวดล้อม
- แอลดริน/ดีลดริน	กระดูก ชัก พิษต่อไต สารก่อมะเร็ง	เนื้องอกในสัตว์ เสื่อมเสียการเจริญพันธุ์ในนกและปลา
- ดีดีที	กระดูก ประสาทส่วนกลาง เสื่อม สารก่อมะเร็ง	เสื่อมเสียการเจริญพันธุ์ในนกและปลา เปลือกไข่นกบาง เนื้องอกในสัตว์
- พาราไทออน	พิษเฉียบพลัน	ฆ่าสัตว์ป่า
- ท็อกซาฟีน	โครโมโซมผิดปกติ สารก่อมะเร็ง	สะสมในปลา ยับยั้งการเจริญเติบโต ทำลายตับปลา
สารฆ่าวัชพืช		
- 2,4-ดี	เกิด ไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง	ลดที่อยู่อาศัยของสัตว์

ที่มา (ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540)

ตารางที่ 2.3 กลุ่มสารฆ่าแมลง

ลำดับที่	carbamate	organophosphate	organochlorine	Pyrethroid
1.	oxamyl	methamidophos	alpha-HCH	bifenthrin
2.	aldicarb Sulfoxide	parathion-ethyl	gamma-Chlordane	permethrin
3.	methomyl	mevinphos	gamma-HCH	cyhalothrin
4.	aldicarb sulfone	dichlorvos	alpha-chlordane	deltamethrin
5.	aldicarb	diazinon	beta-HCH	cypermethrin
6.	carbofuran-3-OH	omethoate	heptachlor	fenvalerate
7.	carbofuran	dicrotophos	aldrin	cyfluthrin
8.	carbaryl	phosalone	heptachlor Epoxide	-
9.	isoprocarb	monocrotophos	2,4-DDE	-
10.	fenobucarb	azinphos-ethyl	4,4-DDE	-
11.	methiocarb	dimethoate	alpha-Endosulfan	-
12.	-	methidathion	2,4-DDD	-
13.	-	pirimiphos-methyl	dieldrin	-
14.	-	ethion	2,4-DDT	-
15.	-	chlorpyrifos	endrin	-
16.	-	EPN	4,4-DDD	-
17.	-	parathion-methyl	beta-Endosulfate	-
18.	-	pirimiphos-ethyl	4,4-DDT	-
19.	-	malathion	endosulfate	-
20.	-	fenitrothion	dicofol	-
21.	-	prothiophos	-	-
22.	-	profenofos	-	-
23.	-	triazophos	-	-

2.1.5) โครงสร้างสารกลุ่มคาร์บาเมต (carbamate) (Alan Wood, 2008)

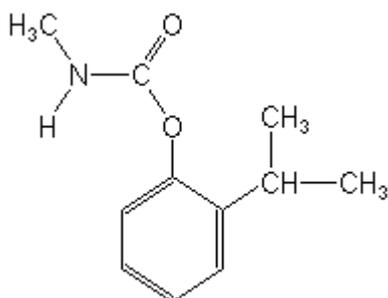
ชื่อสาร : isoprocarb

ระบบ IUPAC : o-cumenyl methylcarbamate or 2-isopropylphenyl methylcarbamate

ชื่อสามัญ : 2-(1-methylethyl)phenyl methylcarbamate

สูตรเคมี : $C_{11}H_{15}NO_2$

โครงสร้างสาร :

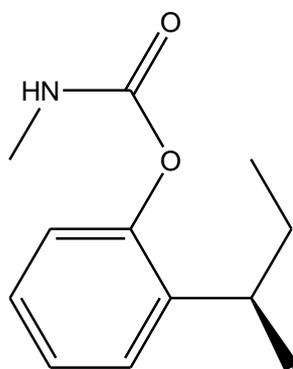


ชื่อสาร : fenobucarb

ระบบ IUPAC : o (RS)-2-sec-butylphenyl methylcarbamate

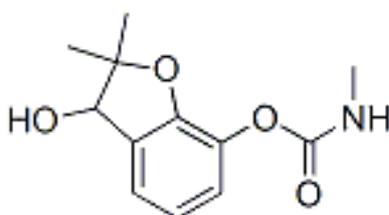
สูตรเคมี : $C_{12}H_{17}NO_2$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร carbofuran-3-OH

สูตรเคมี $C_{12}H_{15}NO_4$



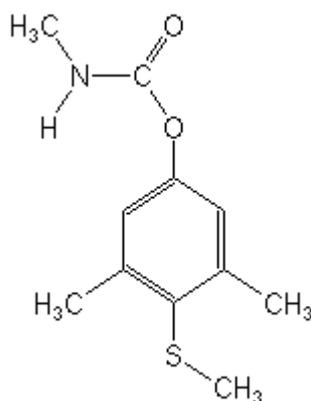
ชื่อสาร : methiocarb

ระบบ IUPAC : 4-methylthio-3,5-xyllyl methylcarbamate

ชื่อสามัญ : 3,5-dimethyl-4-(methylthio)phenyl methylcarbamate

สูตรเคมี : $C_{11}H_{15}NO_2S$

โครงสร้างสาร :



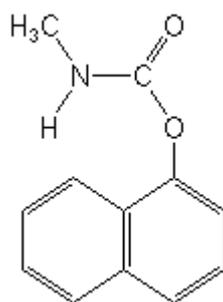
ชื่อสาร : carbaryl

ระบบ IUPAC : 1-naphthyl methylcarbamate

ชื่อสามัญ : 1-naphthalenyl methylcarbamate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{11}NO_2$

โครงสร้างสาร :



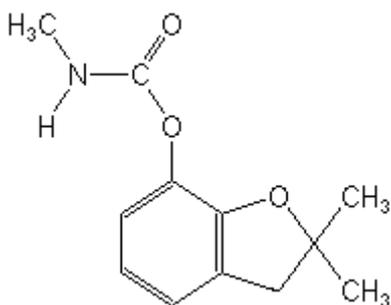
ชื่อสาร : carbofuran

ระบบ IUPAC : 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl methylcarbamate

ชื่อสามัญ : 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuranyl methylcarbamate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{15}NO_3$

โครงสร้างสาร :



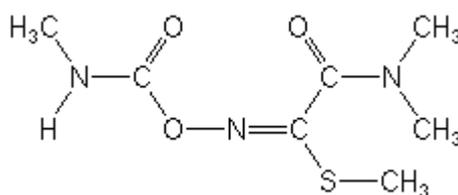
ชื่อสาร : oxamyl

ระบบ IUPAC : (EZ)-N,N-dimethyl-2-methylcarbamoyloxyimino-2-(methylthio)acetamide

ชื่อสามัญ : methyl 2-(dimethylamino)-N-[[[(methylamino)carbonyl]oxy]-2-oxoethanimidothioate

สูตรเคมี : $C_7H_{13}N_3O_3S$

โครงสร้างสาร :



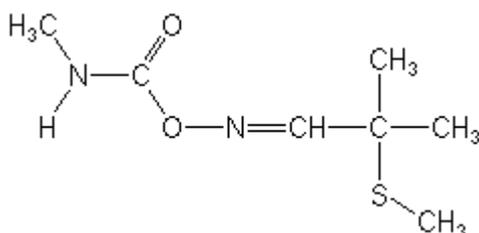
ชื่อสาร : aldicarb

ระบบ IUPAC : (EZ)-2-methyl-2-(methylthio)propionaldehyde O-methylcarbamoyloxime

ชื่อสามัญ : 2-methyl-2-(methylthio)propanal O-[(methylamino)carbonyl]oxime

สูตรเคมี : $C_7H_{14}N_2O_2S$

โครงสร้างสาร :



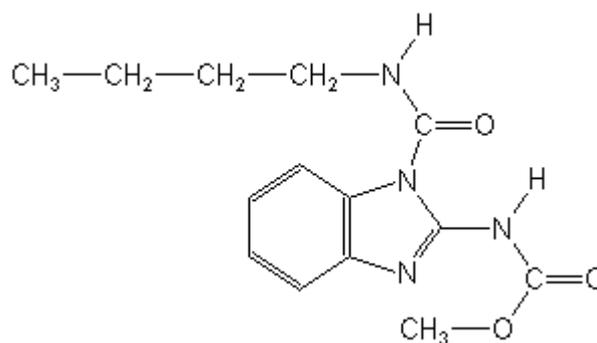
ชื่อสาร : benomyl

ระบบ IUPAC : methyl 1-(butylcarbamoyl)benzimidazol-2-ylcarbamate

ชื่อสามัญ : methyl [1-[(butylamino)carbonyl]-1H-benzimidazol-2-yl]carbamate

สูตรเคมี : $C_{14}H_{18}N_4O_3$

โครงสร้างสาร :



2.1.6) โครงสร้างสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Alan Wood, 2008)

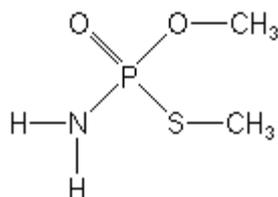
ชื่อสาร : methamidophos

ระบบ IUPAC : (RS)-(O,S)-dimethyl phosphoramidothioate

ชื่อสามัญ : O,S-dimethyl phosphoramidothioate

สูตรเคมี : $C_2H_8NO_2PS$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : mevinphos

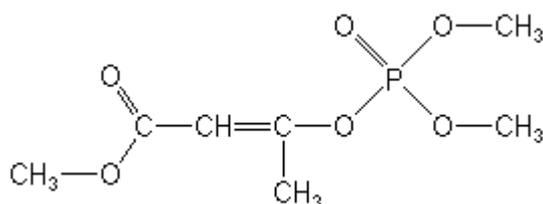
ระบบ IUPAC : (EZ)-2-methoxycarbonyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate

or methyl (EZ)-3-(dimethoxyphosphinoyloxy)but-2-enoate

ชื่อสามัญ : methyl 3-[(dimethoxyphosphinyl)oxy]-2-butenate

สูตรเคมี : $C_7H_{13}O_6P$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : diazinon

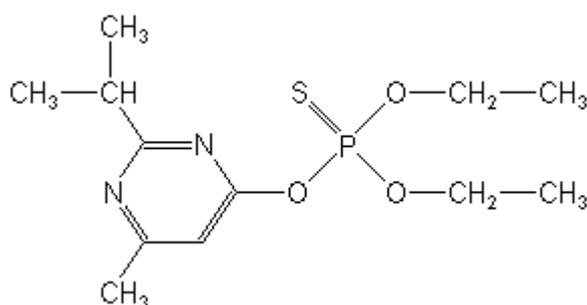
ระบบ IUPAC : O,O-diethyl O-2-isopropyl-6-methylpyrimidin-4-yl
phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-diethyl O-[6-methyl-2-(1-methylethyl)-4-pyrimidinyl]

Phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{21}N_2O_3PS$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : omethoate

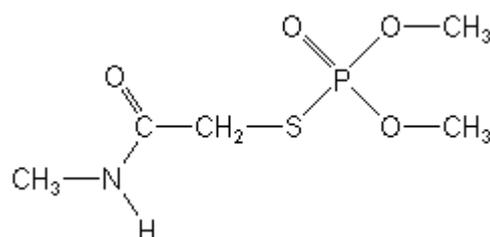
ระบบ IUPAC : 2-dimethoxyphosphinoylthio-N-methylacetamide

or O,O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-dimethyl S-[2-(methylamino)-2-oxoethyl] phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_5H_{12}NO_4PS$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : dicrotophos

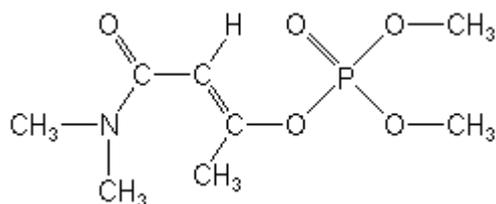
ระบบ IUPAC : (E)-2-dimethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate

or 3-dimethoxyphosphinoyloxy-N,N-dimethylisocrotonamide

ชื่อสามัญ : (1E)-3-(dimethylamino)-1-methyl-3-oxo-1-propenyl dimethyl phosphate

สูตรเคมี : $C_8H_{16}NO_5P$

โครงสร้างสาร :



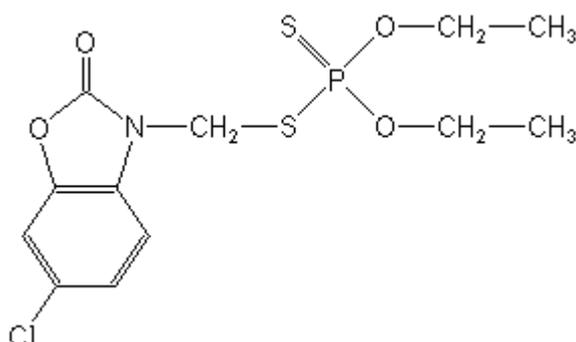
ชื่อสาร : phosalone

ระบบ IUPAC : S-6-chloro-2,3-dihydro-2-oxo-1,3-benzoxazol-3-ylmethyl O,O-diethyl phosphorodithioate

ชื่อสามัญ : S-[(6-chloro-2-oxo-3(2H)-benzoxazolyl)methyl] O,O-diethyl phosphorodithioate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{15}ClNO_4PS_2$

โครงสร้างสาร :



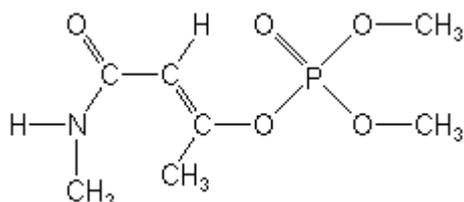
ชื่อสาร : monocrotophos

ระบบ IUPAC : dimethyl (E)-1-methyl-2-(methylcarbamoyl)vinyl phosphate or 3-dimethoxyphosphinoyloxy-N-methylisocrotonamide

ชื่อสามัญ : dimethyl (1E)-1-methyl-3-(methylamino)-3-oxo-1-propenyl phosphate

สูตรเคมี : $C_7H_{14}NO_3P$

โครงสร้างสาร :



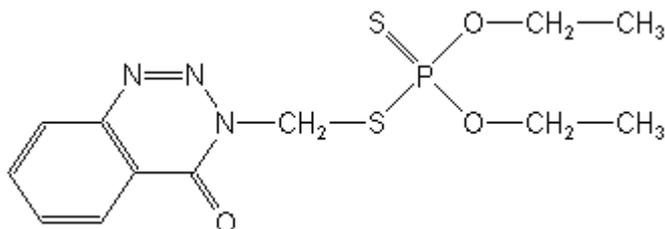
ชื่อสาร : azinphos-ethyl

ระบบ IUPAC : S-3,4-dihydro-4-oxo-1,2,3-benzotriazin-3-ylmethyl O,O-diethyl
phosphorodithioate

ชื่อสามัญ : O,O-diethyl S-[(4-oxo-1,2,3-benzotriazin-3(4H)-yl)methyl] phosphorodithioate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{16}N_3O_3PS_2$

โครงสร้างสาร :



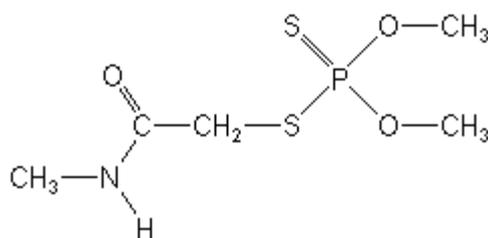
ชื่อสาร : dimethoate

ระบบ IUPAC : O,O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate
or 2-dimethoxyphosphinothioylthio-N-methylacetamide

ชื่อสามัญ : O,O-dimethyl S-[2-(methylamino)-2-oxoethyl] phosphorodithioate

สูตรเคมี : $C_5H_{12}NO_3PS_2$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : dethidathion

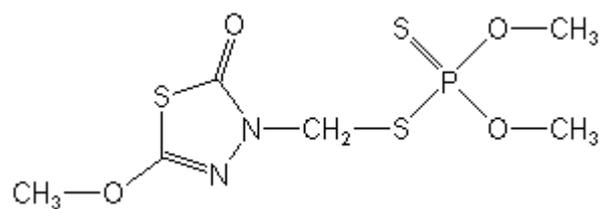
ระบบ IUPAC : S-2,3-dihydro-5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3-ylmethyl O,O-dimethyl
phosphorodithioate

or 3-dimethoxyphosphinothioylthiomethyl-5-methoxy-1,3,4-thiadiazol-2(3H)-one

ชื่อสามัญ : S-[(5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3(2H)-yl)methyl] O,O-dimethyl
phosphorodithioate

สูตรเคมี : $C_6H_{11}N_2O_4PS_3$

โครงสร้างสาร :



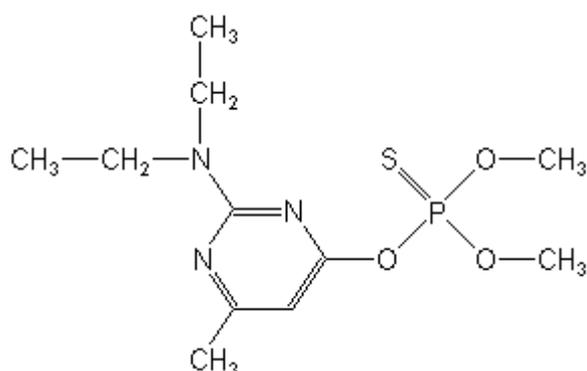
ชื่อสาร : pirimiphos-methyl

ระบบ IUPAC : O-2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl O,O-dimethyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O-[2-(diethylamino)-6-methyl-4-pyrimidinyl] O,O-dimethyl phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_{11}H_{20}N_3O_3PS$

โครงสร้างสาร :



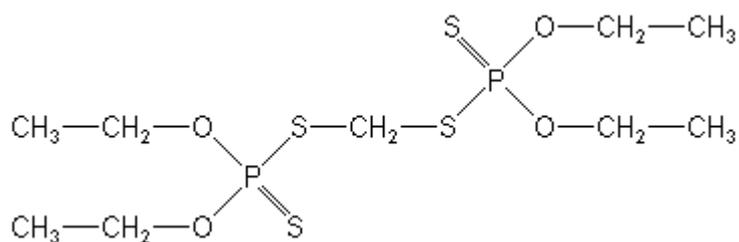
ชื่อสาร : ethion

ระบบ IUPAC : O,O,O',O'-tetraethyl S,S'-methylene bis(phosphorodithioate)

ชื่อสามัญ : S,S'-methylene bis(O,O-diethyl phosphorodithioate)

สูตรเคมี : $C_9H_{22}O_4P_2S_4$

โครงสร้างสาร :



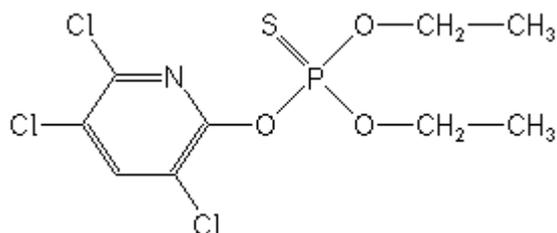
ชื่อสาร : chlorpyrifos

ระบบ IUPAC : O,O-diethyl O-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-diethyl O-(3,5,6-trichloro-2-pyridinyl) phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$

โครงสร้างสาร :



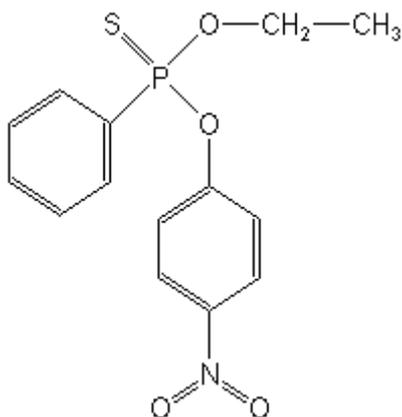
ชื่อสาร : EPN

ระบบ IUPAC : (RS)-(O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate)

ชื่อสามัญ : O-ethyl O-(4-nitrophenyl) phenylphosphonothioate

สูตรเคมี : $C_{14}H_{14}NO_4PS$

โครงสร้างสาร :



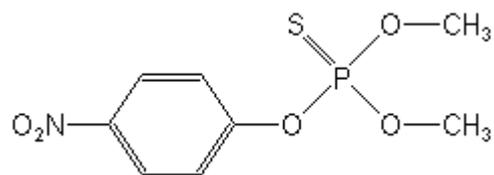
ชื่อสาร : parathion-methyl

ระบบ IUPAC : O,O-dimethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-dimethyl O-(4-nitrophenyl) phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_8H_{10}NO_3PS$

โครงสร้างสาร :



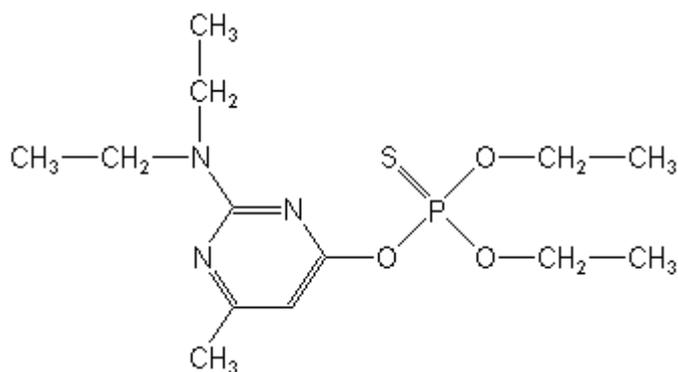
ชื่อสาร : pirimiphos-ethyl

ระบบ IUPAC : O-2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl O,O-diethyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O-[2-(diethylamino)-6-methyl-4-pyrimidinyl] O,O-diethyl phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_{13}H_{24}N_3O_3PS$

โครงสร้างสาร :



ชื่อสาร : malathion

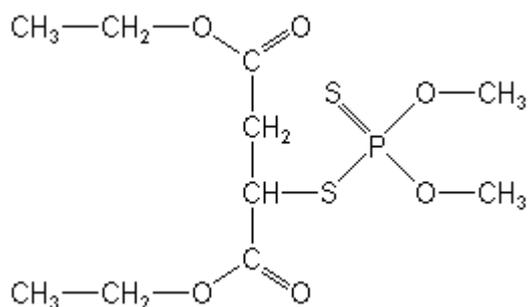
ระบบ IUPAC : diethyl (dimethoxyphosphinothioylthio)succinate

or S-1,2-bis(ethoxycarbonyl)ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate

ชื่อสามัญ : Diethyl [(dimethoxyphosphinothioyl)thio]butanedioate

สูตรเคมี : $C_{10}H_{19}O_6PS_2$

โครงสร้างสาร :



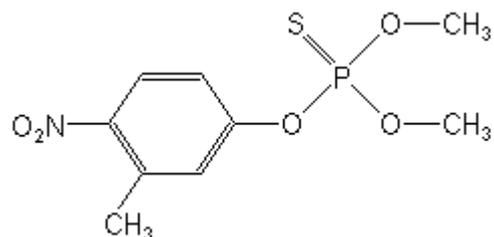
ชื่อสาร : fenitrothion

ระบบ IUPAC : O,O-dimethyl O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-dimethyl O-(3-methyl-4-nitrophenyl) phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_9H_{12}NO_3PS$

โครงสร้างสาร :

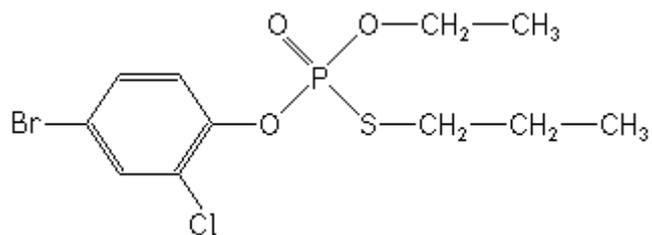


ชื่อสาร : profenofos

ระบบ IUPAC : (RS)-O-4-bromo-2-chlorophenyl O-ethyl S-propyl phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_{11}H_{15}BrClO_3PS$

โครงสร้างสาร :



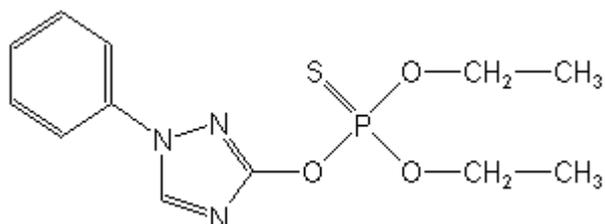
ชื่อสาร : triazophos

ระบบ IUPAC : O,O-diethyl O-1-phenyl-1H-1,2,4-triazol-3-yl phosphorothioate

ชื่อสามัญ : O,O-diethyl O-(1-phenyl-1H-1,2,4-triazol-3-yl) phosphorothioate

สูตรเคมี : $C_{12}H_{16}N_3O_3PS$

โครงสร้างสาร :



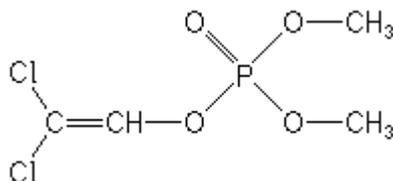
ชื่อสาร : dichlorvos

ระบบ IUPAC : 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate

ชื่อสามัญ : 2,2-dichloroethenyl dimethyl phosphate

สูตรเคมี : $C_4H_7Cl_2O_4P$

โครงสร้างสาร :



ตารางที่ 2.4 ปริมาณสารพิษตกค้างเนื่องจากการใช้ (Maximum Residue Limit, MRL)

ชื่อสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช หรือสัตว์	ชนิดของอาหาร	ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุดที่ กำหนดให้มีได้ (มิลลิกรัมของสารต่อ 1 กิโลกรัมของอาหาร)
1. โมโนโครโตฟอส (monocrotophos)	พริก	0.2
2. ไดเมทโทเอท (dimethoate)	พริก พริกไทย	1
3. มาลาไธออน (malathion)	พริก	0.5
4. เมทโทมิล (methomyl)	พริก	1
5. ไดโคโฟล (dicofol)	พริก พริกไทย	5
6. โอมิโทเอท (omethoate)	พริก พริกไทย	1
7. ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin)	พริก พริกไทย	0.5

ที่มา (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 163), 2538)

2.1.7) ลักษณะการสลายตัวของสารฆ่าแมลงในสิ่งแวดล้อม

สารฆ่าแมลงที่สะสมอยู่ในดิน สามารถสลายตัวได้ การสลายตัวของสารฆ่าแมลงมีอันตรายจากการสลายตัวเร็วและช้าแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสารแต่ละประเภท โดยทั่วไปสารฆ่าแมลงประเภท คลอริเนตเตด ไฮโดรคาร์บอน เช่น ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin) เฮปตาคลอ (heptachlor) และแอลดริน (aldrin) จะสลายตัวหมดต้องใช้เวลา 15-20 ปี ส่วนประเภทออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต จะสลายตัวได้เร็วกว่าแต่ต้องใช้ระยะเวลานาน 2-5 ปี จึงจะสลายตัวหมดไป

2.1.8) อันตรายของสารฆ่าแมลงที่มีต่อมนุษย์

อันตรายของสารฆ่าแมลงที่มีต่อมนุษย์นั้นมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามชนิดของสารฆ่าแมลงซึ่งแบ่งตามลักษณะของการเกิดอันตรายของสารฆ่าแมลงจะมี 2 ลักษณะคือ

(1) พิษเฉียบพลัน (acute toxicity) ในการที่ร่างกายได้รับสารฆ่าแมลงในปริมาณที่มากถึง จุดอันตราย ถ้าให้การรักษาไม่ทันผู้ป่วยจะเสียชีวิตทันที

(2) พิษสะสม (chronic toxicity) ในการที่ร่างกายได้รับสารฆ่าแมลงในปริมาณน้อยแต่ได้รับหลาย ๆ ครั้ง ทำให้เกิดการสะสมของสารเหล่านี้ในร่างกายอาจทำให้เกิดอาการต่าง ๆ เช่น มะเร็ง ปวดศีรษะ เป็นต้น ถ้าปล่อยทิ้งไว้อาจเสียชีวิตได้

นอกจากนี้องค์การอนามัยโลกได้แบ่งความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงไว้ 4 ระดับ โดยอาศัยผลจากการทดลองนำสารฆ่าแมลงชนิดนั้นผสมในอาหารให้สัตว์ทดลอง เช่น หนูหรือกระต่ายกินเข้าไปหรือฉีดสารเคมีนั้นเข้าไปทางผิวหนัง คำนวณหาค่าความเป็นพิษที่ทำให้สัตว์ทดลองตายครั้งหนึ่งแล้วนำมาจัดแบ่งความเป็นพิษดังต่อไปนี้

1) พิษร้ายแรงที่สุด ได้แก่ แอลดีคาร์บ เทมิก พาราไรซอน ไคซิซตอน เมวินฟอส ฟูราดาน เคมีตอน ฟลอเรท

2) พิษร้ายแรงมาก ได้แก่ แอลดริน ไคโครโตฟอส ดีลดริน คาร์โบฟีโนไรซอน ยาฆุน สารหนู เซดเกรน เมทโรมิล

3) พิษปานกลาง ได้แก่ ดีดีที เฮปตาคลอ คลอเดน ลินเดน คูมาฟอส ไคเมทโรเอท เอนโดซัลแฟน อะซิลฟอสเมธิล หรือ กุซาไรซอน ไคคลอปอน หรือไคลอกซ์ท็อกซ

4) พิษน้อย ได้แก่ อะราไมท์ เทมิฟอส โรติโนน คาร์บาริล มาราไรซอน ไพริทรอยด์

2.1.9) ระบบที่อาจได้รับอันตรายจากสารฆ่าแมลง

อันตรายของสารฆ่าแมลงประเภทต่าง ๆ ที่มีต่อร่างกายมนุษย์นั้นสรุปได้ ดังนี้

(1) ระบบศูนย์รวมประสาท สารฆ่าแมลงที่มีอันตราย ต่อระบบศูนย์รวมประสาท เช่น ดีดีที แอลดริน ลินเดน เฮปตาคลอ เป็นต้น สารฆ่าแมลงดังกล่าวจะไปทำลายความสมดุลของธาตุที่สำคัญในเซลล์ประสาท ทำให้ร่างกายทำงานผิดปกติ ถ้าได้รับปริมาณมาก ๆ จะทำให้เกิดอาการหน้ามืด ตาลาย วิงเวียนศีรษะ ชักกระตุก เป็นต้น

(2) ระบบน้ำย่อยของระบบประสาท สารฆ่าแมลงบางกลุ่มจะไปยับยั้งไม่ให้ น้ำย่อย (enzyme cholinesterase) ซึ่งมีอยู่ในเลือดทำงานได้มากปกติ การที่ร่างกายได้รับสารประเภทนี้เป็นปริมาณมาก ๆ จะทำให้ระดับโคลีนเอสเตอเรสลดลง เพราะไปยับยั้งการสร้างโคลีนเอสเตอีนในร่างกาย ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ วิงเวียน ตื่นเต้น ตกใจง่าย ตาพร่ามัว อ่อนเพลีย คลื่นไส้เป็นตะคริว ชัก ท้องร่วง แน่นหน้าอก นอกจากอาหารดังกล่าวแล้ว ผู้ป่วยจะมีอาการเหงื่อออก รุ่มาตาหรี่เล็ก น้ำตาไหล น้ำมูกน้ำลายไหล อาเจียน ผิวหนักเป็นตุ่มนูน กล้ามเนื้อสั่นกระตุก สารฆ่าแมลงที่ก่อให้เกิดอาการเหล่านี้ ได้แก่ พาราไรซอน อะโซดริน เมโรมิล คาร์โบฟูราน เมวินฟอส ไคเมโรเอท คาร์บาริล ไคอะซินอล เป็นต้น

2.1.10) กลุ่มอาการที่แสดงออกเมื่อได้รับสารฆ่าแมลง

ถ้าหากได้รับสารฆ่าแมลงเข้าไปแล้วกลุ่มอาการที่แสดงออกนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารที่รับเข้าไป กลุ่มอาการที่แสดงออกแบ่งได้ ดังนี้

(1) อาการเกิดพิษจากสารพวกออร์แกโนคลอรีน

อาการที่แสดงออกดังนี้ ภาวะวอร์วอร์วอร์ ตื่นเต้น วิงเวียนศีรษะ มึนงง อ่อนแรง ความรู้สึกฟื้นเพื่อน กล้ามเนื้อกระตุก สั่นชัก (ลักษณะอาการชักคล้ายลมบ้าหมู) และหมดสติ หลังจากรับประทานสารกลุ่มนี้เข้าไปไม่นานผู้ป่วยจะเกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน เมื่อสารฆ่าแมลงซึมผิวหนังอาการเริ่มแรกจะรู้สึกภาวะวอร์วอร์วอร์วอร์ กล้ามเนื้อกระตุก สั่น สับสน และชัก และสารเคมีปีโตรเลียมเป็นตัวทำลายให้การหายใจถูกกีด ในกรณีที่ได้รับสารขนาดปานกลางถึงรุนแรง อาหารชักซึ่งมีผลกระทบต่อการทำงานของอวัยวะทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจนได้

(2) อาการพิษเกิดจากกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต

อาการพิษเฉียบพลันจะเกิดขึ้น ตั้งแต่ผู้ป่วยได้รับสารฆ่าแมลงหรือภายในเวลา 12 ชั่วโมง (มักจะเกิดภายในเวลา 4 ชั่วโมง) ระยะแรกผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลีย การทำงานของกล้ามเนื้อและประสาทไม่ประสานกัน กล้ามเนื้อชักกระตุก มือสั่น คลื่นไส้ เกิดตะคริวที่ท้องท้องร่วง และเหงื่อออกมาก นอกจากนี้จะเกิดอาการตาพร่า เกิดการสับสน แน่นหน้าอก หายใจลำบากได้ และอาจเกิดอาการปวดบวม น้ำ ไม่สามารถควบคุมการขับถ่าย ไม่รู้สึกตัว หมดสติ ถ้าเกิดพิษรุนแรงจะมีการอาเจียน หัวใจเต้นช้า น้ำลายและน้ำตาไหล พิษทางโรค-จิตจะมีอาการคลุ้มคลั่งและมีพฤติกรรมที่ผิดปกติการที่หัวใจเต้นช้าลงอาจทำให้ระบบการหายใจถูกกีด ผู้ป่วยอาจเสียชีวิต การได้รับสารออร์แกโนฟอสเฟตในขนาดปานกลางติดต่อกันไปทุกวัน อาจทำให้เกิดอาการคล้ายไข้หวัดใหญ่ คือ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร และไม่สบาย ผู้ป่วยบางรายหลังจากได้รับสารพิษจะมีอาการทางโรคเส้นประสาทแตกต่างกันไป อาการของโรคจะเกิดขึ้นช้า ๆ บางครั้งได้รับสารพิษไปแล้วยังไม่เกิดอาการเป็นเวลาหลายวัน อาการที่พบบ่อยคือ แขนและขาชา มีอาการปวดและอ่อนเพลีย สำหรับบางคนอาการจะกลับคืนปกติภายใน 2-3 สัปดาห์ บางคนกล้ามเนื้อลีบทำให้เป็นอัมพาตบางส่วน

(3) อาการเกิดพิษจากสารคาร์บาเมต

จะเกิดอาการท้องเสีย คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เหงื่อออก น้ำลายไหล ตาพร่าหายใจขัดตัวสั่น กล้ามเนื้อกระตุก ปวดศีรษะ แขนขาเป็นอัมพาตชั่วคราว จากรายงานส่วนมากพบว่าอาการพิษเกิดอยู่ประมาณ 2-3 ชั่วโมง และมีความรุนแรงน้อยกว่าการเกิดพิษจากสารออร์กาโนฟอสเฟต อย่างไรก็ตามกรณีที่ได้รับพิษรุนแรง ควรระมัดระวังระบบทางเดินหายใจทุกราย ปวดบวมและชัก ถ้ายังมีการดูดซึมพิษเข้าสู่ร่างกายต่อไปในปริมาณปานกลาง อาจก่อให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน วิงเวียน อ่อนเพลีย ไม่รู้รสอาหาร และอาการคล้ายเป็นไข้หวัดใหญ่

2.1.11) การเข้าสู่ร่างกายของสารฆ่าแมลง

สารฆ่าแมลงสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

(1) ทางปาก เป็นการได้รับสารฆ่าแมลง โดยทางตรงหรือทางอ้อม เช่น การคืบ การรับประทานอาหารที่มีสารปนเปื้อน ผงละอองเข้าปากขณะฉีดพ่น การดูดเป่าท่อส่งยา หรือหัวฉีดเป็นต้น การได้รับสารฆ่าแมลงทางปากจะแสดงความเป็นพิษโดยปรากฏ อาการให้เห็นอย่างรวดเร็วทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณสารที่รับเข้าไป

(2) การหายใจ การเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจนี้อาจเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น การหายใจเอาผงละอองของสารฆ่าแมลงเข้าไป ในระหว่างการพ่น สูดบุหรี่ขณะที่ทำการฉีดพ่น บุหรี่ปนเปื้อนสารฆ่าแมลง เป็นต้น

(3) ทางผิวหนัง การเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังโดยทั่วไปมักจะเกิดระหว่างที่มีการผสม การแบ่งและการใช้สารฆ่าแมลงทำให้ละอองปลิวเกาะตามผิวหนังแทรกซึมเข้าสู่ร่างกาย

2.1.12) หลักปฏิบัติในการใช้สารฆ่าแมลง

การใช้สารฆ่าแมลงอาจเกิดอันตรายได้ ถ้าผู้ใช้ขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องการใช้สารฆ่าแมลงควรกระทำให้อยู่กึ่ง เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ตามจุดมุ่งหมาย แต่มีผลแทรกซ้อนน้อยที่สุด ได้กล่าวสรุปไว้ดังนี้

(1) การเลือกสารฆ่าแมลง

(1.1) เลือกสารเคมี ที่มีพิษน้อยต่อมนุษย์ สัตว์เลือดอุ่น และสัตว์ที่มีประโยชน์ เช่น นก ตัวห้ำ ตัวเบียน ผึ้ง เป็นต้น แต่มีพิษร้ายแรงต่อศัตรูพืชที่ต้องการทำลาย

(1.2) เลือกสารฆ่าแมลงที่ไม่เป็นพิษต่อที่ปลูก หรือทำให้รสชาติของพืชที่ปลูกเปลี่ยนไป เช่น ไม่ควรใช้ ดีดีที กับพืชตระกูลแตง

(1.3) แมลงชนิดปากดูด เช่น มวน เพลี้ย หอยทาก ฯลฯ มีการเคลื่อนไหวช้า ควรใช้สารฆ่าแมลงประเภทตัวตายและดูดซึม มีพิษตกค้างสั้น ได้แก่ ประเภทออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต

(1.4) แมลงชนิดปากกัดทำลายเนื้อและทำลายราก ควรใช้สารฆ่าแมลงประเภทถูกตัวตาย มีพิษตกค้างน้อย คือ คลอริเนตเตต ไฮโดรคาร์บอน

(1.5) แมลงที่ใช้เจาะลำต้น กัดกินทำลายภายใน ควรใช้สารฆ่าแมลงประเภทถูกตัวตายมีพิษตกค้างนาน ได้แก่ ประเภทออร์แกโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต

(1.6) แมลงที่ชอบวางไข่ในเนื้อฝักควรเลือกใช้สารฆ่าแมลงประเภทถูกตัวตาย แต่ต้องทิ้งระยะก่อนเก็บเกี่ยวนานพอสมควร

(2) การใช้สารฆ่าแมลง

(2.1) ทำความเข้าใจกับสารฆ่าแมลงที่จะใช้

- เลือกชนิดที่เหมาะสมกับแมลงที่จะกำจัดโดยเฉพาะ
- ศึกษาคำแนะนำต่าง ๆ ในฉลากให้ละเอียด

(2.2) วิธีการใช้สารฆ่าแมลง

- มีการวางแผนล่วงหน้าอย่างละเอียดรอบคอบ
- ใช้ความเข้มข้นตามที่ฉลากกำหนด
- กำหนดช่วงเวลาฉีดพ่นให้เหมาะสม เช่น ตอนเช้าหรือตอนเย็น
- อยู่เหนือลมเวลาฉีดพ่น ถ้าลมแรงควรหยุดการฉีดพ่นทันที
- ไม่ควรฉีดพ่นติดต่อกันเวลานาน ๆ ควรมีการหยุดพัก
- ไม่ควรฉีดพ่นสารเคมี คนเดียวเมื่อเจ็บป่วยกะทันหันจะไม่มีใครช่วย
- อย่าให้เด็กหรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาในบริเวณที่กำลังฉีดพ่นสารเคมี
- มีเครื่องป้องกันอันตราย เช่น หน้ากาก ถุงมือและเสื้อผ้าหนาปกปิดมิดชิด
- อย่าดื่มน้ำ รับประทานอาหาร สูบบุหรี่ ระหว่างการฉีดพ่น

(2.3) การเก็บรักษาสารฆ่าแมลง

- มีที่เก็บเฉพาะอย่างมิดชิด
- แยกเก็บให้ห่างจากที่เก็บอาหารมนุษย์และสัตว์
- ไม่ควรถ่ายสารฆ่าแมลงวัตถุมีพิษจากภาชนะที่บรรจุมาใช้ภาชนะอื่น
- มีการตรวจภาชนะที่บรรจุอยู่เสมอ
- ภาชนะที่บรรจุต้องเขียนชื่อกำกับให้เห็นอย่างชัดเจน
- วัตถุที่มีพิษที่ไม่ฉลากหรือฉลากลบเลือนควรทำลายเสีย

(2.4) การทำลายของเสีย

- ขวดหรือภาชนะที่บรรจุ เมื่อใช้หมดแล้วต้องล้างทำความสะอาดให้หมดก่อนนำไป

กำจัด

- กำจัดภาชนะ โดยการฝังหรือเผาเท่านั้น และห้ามนำมาใช้อีก น้ำล้างภาชนะต้องเทลงถึงฉีดพ่นสารเคมีทุกครั้ง

2.1.13) สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ประมาณปี พ.ศ. 2471 ได้มีการค้นพบสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีสมบัติเป็นสารกำจัดแมลงเป็นครั้งแรก โดยกลุ่มนักวิจัยด้านอารักขาพืชของบริษัทไบเออร์จำกัดแห่งประเทศไทยเยอรมันแต่ในเวลานั้นไม่ได้ให้ความสนใจมากนักที่จะผลิตมาใช้ในการเกษตรทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าในระยะนั้นนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมุ่งเน้นที่จะผลิตสารเคมีเพื่อนำไปใช้ในสงคราม จนกระทั่งปี พ.ศ.2488 จึงได้มีการคิดหาสารกำจัดแมลงเพื่อที่จะนำมาใช้ทดแทนสารกำจัดแมลงเพื่อที่จะนำไปใช้ทดแทนสารกำจัดแมลงที่ผลิตที่ผลิตได้จากพืช เช่น ไพริทรัม นิโคติน และดีดีดีในพวกประทัดจีนซึ่งทั้งนี้ในระยะนี้อาจเป็นเพราะว่าสารกำจัดแมลงที่ได้จากพืชนี้มีขีดจำกัดในการผลิตปริมาณมากประกอบกับสารฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงได้ดีเยี่ยมและคุณสมบัติดังกล่าวนี้ คือ

(1) สามารถออกฤทธิ์ได้อย่างกว้างขวางหรือครอบคลุม (broad spectrum) กล่าวคือสามารถกำจัดแมลงได้ทั้งประเภทปากกัดที่ทำลายส่วนของพืช และพวกปากดูดซึ่งดูดกินน้ำเลี้ยงของพืช

(2) มีคุณสมบัติในการดูดซึมหรือแพร่กระจายตัวของสารที่ออกฤทธิ์ (active ingredient) เข้าไปสู่ส่วนของเนื้อเยื่อของพืชซึ่งก็สามารถกำจัดแมลงตัวเล็ก ๆ ที่หลบซ่อนอยู่ตามซอกตามมุมที่ลึกลับ แม้จะไม่ถูกละอองยาขณะพ่นก็ตาม แต่ด้วยความมีคุณสมบัติในการดูดซึมของสารออกฤทธิ์ที่สามารถซึมผ่านเนื้อเยื่อของพืชได้นั้นก็สามารถทำให้แมลง-ศัตรู พืชนั้น ๆ ตายได้ และนอกจากนี้ก็ยังมีส่วนดีว่ามันไม่กำจัดแมลงที่เป็นประโยชน์หรือตัวห้ำ ตัวเบียนที่เราไม่ต้องการกำจัดได้ด้วยทั้งนี้ก็เป็นเพราะว่าสารออกฤทธิ์ซึมเข้าไปอยู่ภายในเนื้อเยื่อของพืชนั้น

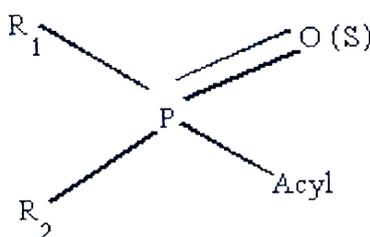
(3) คุณสมบัติสลายตัวค่อนข้างรวดเร็ว พิษตกค้างสั้น ดังนั้น สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิดจึงนิยมใช้พ่นก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต

จากการที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาค้นคว้าอย่างจริงจังเกี่ยวกับสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้นจึงได้มีการศึกษาในแง่มุมต่าง ๆ อย่างไม่รังรอของสารหลายพันชนิด ในปัจจุบันก็ได้มีการค้นพบทั่วโลกมีมากถึง 150 ชนิด และได้วางตลาดไปแล้ว 80 ชนิด ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนี้มีสัดส่วนในการซื้อขายหรือพูดกันติดปากว่ามีส่วนแซะตลาดถึง 45% ของสารกำจัดแมลงที่มีอยู่จำหน่ายทั้งหมดในวงการเกษตรปัจจุบัน

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทั้งหมดเป็นเอสเทอร์ (ester) ของกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid, H_3PO_4) จึงเรียกว่า organophosphates (Ops) หรือ phosphorus esters สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้นับว่าเป็นกลุ่มใหญ่มีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ

- 1) โดยทั่วไปมีพิษเฉียบพลันต่อมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง
- 2) มีการตกค้างสั้น (non-persistent)

จากการมีคุณสมบัติการตกค้างสั้น ดังนั้นจึงมีการฉีดพ่นซ้ำในการควบคุมแมลงศัตรูพืช สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตมีสูตรโครงสร้างทั่วไป (general structure) ดังแสดงในภาพที่ 1 R_1 และ R_2 อาจเป็น alkoxy, alkoxy, alkyl หรือ amino group Acyl เป็น anion ของกรดอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ เช่น fluorine, cyanate, thiocyanate หรือกรดอื่น ๆ



ภาพที่ 2.2 สูตรโครงสร้างทั่วไปของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้จะมี O, C, S และ N เกาะกับ P อะตอมในโมเลกุล เนื่องจากสารกลุ่ม Ops สูตรโครงสร้างโมเลกุลคล้ายกับแก๊สพิษที่ทำลายระบบประสาทที่เรียกว่า “nerve gasses” จึงมีกลไกการออกฤทธิ์คล้ายกัน แก๊สเหล่านี้ได้แก่ sarin, soman และ tabun ซึ่งใช้ในการทำสงครามในเยอรมันใน

ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ในระยะแรกสารกลุ่ม Ops ถูกผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนสาร micotine เนื่องจากมีการใช้กันมากในเยอรมันแต่ปริมาณไม่เพียงพอ จากคุณสมบัติที่สำคัญของสารกลุ่ม Ops ที่มีการตกค้างสั้นทำให้ถูกนำเข้ามาใช้ทดแทนสารฆ่าแมลงกลุ่ม organochlorine กลไกการออกฤทธิ์ของสารกลุ่ม Ops คือ ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ acetylcholinesterase เมื่อเอนไซม์ถูกจับด้วยโมเลกุล Ops เอนไซม์นั้นอยู่ในรูปที่เรียกว่า phosphorylated enzyme อย่างไรก็ตามการจับดังกล่าวถูกปลดปล่อยออกมาได้ ผลการยับยั้งเอนไซม์ชนิดนี้ทำให้มีการสะสมของสาร acetylcholine (Ach) บริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ประสาท (neuron/neuron junction) หรือที่เรียกว่าบริเวณ synaps หรือระหว่างเซลล์ประสาทกับกล้ามเนื้อ (neuron/muscle junction) ส่งผลให้กล้ามเนื้อสั่นและชักกระตุกรุนแรงทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด

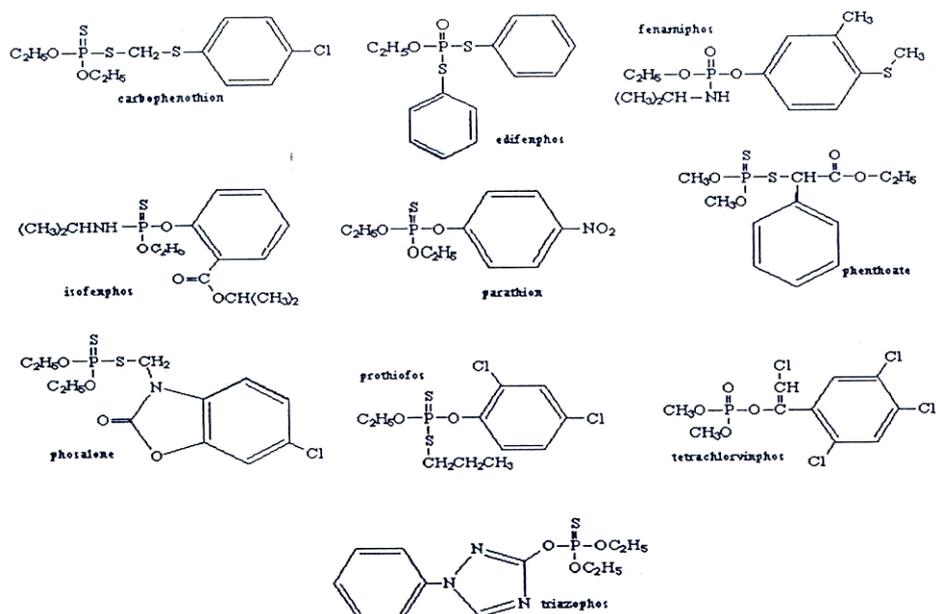
12.1) ประเภทของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจำแนกตามลักษณะโครงสร้างออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ

3 กลุ่มดังนี้

(1) กลุ่ม aliphatic derivatives

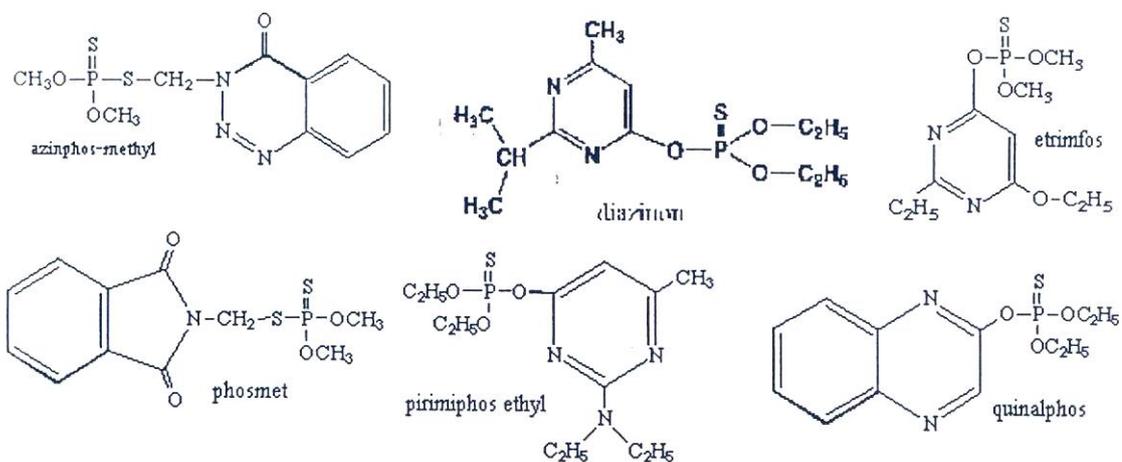
สารกลุ่มนี้จะมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีคาร์บอนอะตอมต่อกันเป็นสายยาวโดยไม่มี benzene ring ในโมเลกุล สารชนิดแรกในกลุ่มนี้ที่นำมาใช้ในการเกษตรคือ TEPP นำเข้ามาใช้ในปี ค.ศ.1946 สารที่เก่าแก่และรู้จักกันเป็นอย่างดีของสารกลุ่มนี้คือ มาลาไธออน (malathion) เนื่องจากสารชนิดนี้สามารถควบคุมแมลงได้หลายชนิดและมีความปลอดภัยสูงต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมมีการใช้กันอย่างกว้างขวางมานานเกือบ 40 ปี ปัจจุบันนิยมใช้สารชนิดนี้ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชทางการเกษตร แมลงศัตรูพืชในโรงเก็บผลผลิต แม้ว่าในปัจจุบันมีรายงานการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสาร มาลาไธออน แต่ก็ยังมีการใช้สารชนิดนี้กันอยู่ (naled) ก็เป็นสารในกลุ่มนี้อีกชนิดหนึ่งที่มีความปลอดภัย โดยมีพิษตกค้างสั้นและมีคุณสมบัติเป็นสารรม (fumigant) ได้มีการใช้สารชนิดนี้ในการควบคุมแมลงวัน หมัด ในสัตว์เลี้ยง นอกจากนี้มีสารในกลุ่ม aliphatic derivatives อีกหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการดูดซึม (systemic) ซึ่งสามารถใช้ควบคุมแมลงปากดูด (sucking insect) เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น มวนต่าง ๆ เช่น สาร monocrotophos, demeton และ dimethoate อย่างไรก็ตามสาร monocrotophos ได้ประกาศห้ามใช้ทางการเกษตร ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ.2543 เนื่องจากมีพิษเฉียบพลันสูงและมีพิษตกค้างในผลผลิตการเกษตรในปริมาณสูงเกินค่าความปลอดภัย สารในกลุ่ม aliphatic derivatives ชนิดอื่น ได้แก่ acephate, disulfoton, ethion, omethoate, demeton-methyl, formothion, oxydemeton-methyl, dichlorvos, phorate, dicrotophos, methamidophos, phosphamidon, mevinphos, thiuometon, trichlorfon ตัวอย่างสูตรโครงสร้างของสารกลุ่มนี้แสดงดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.4 สูตรโครงสร้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกลุ่มย่อย phenyl derivatives

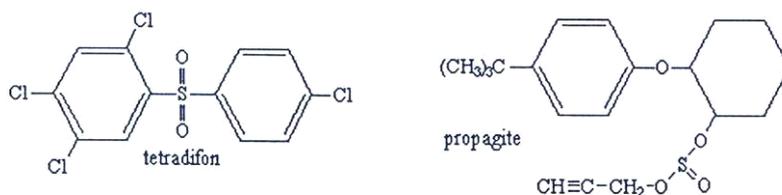
(3) กลุ่ม heterocyclic organophosphates

heterocyclic หมายถึง โครงสร้าง โมเลกุลที่เป็นวงแหวนที่ประกอบด้วยอะตอมที่ไม่เหมือนกัน เช่น ออกซิเจน ไนโตรเจน หรือกำมะถัน สารชนิดแรกในกลุ่มนี้คือ diazinon ซึ่งถูกนำมาใช้ใน ค.ศ.1952 สารกลุ่มนี้มีโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อนและโครงสร้างโมเลกุลยาวกว่า 2 กลุ่มแรก การสลายตัวของสารกลุ่มนี้ให้สาร metabolites ซึ่งยากในการวิเคราะห์ บางชนิดมีผลในการควบคุมไรและแมลงในดิน ตัวอย่างสารกลุ่มนี้ได้แก่ azinphos-ethyl, mephosfolan, chlorpyrifos, metidathion, chlorpyrifos-methyl, phosmet, diazinon, pirimiphos-methyl, dioxathion, pyrazophos, etrimfos, quinalphos, isoxation ตัวอย่างสูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารในกลุ่มนี้แสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกลุ่มย่อย heterocyclic derivatives

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตอาจมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลเรียก organosulphur compounds โดยทั่วไปมี phenyl ring 2 วง ลักษณะคล้ายกับสูตรโครงสร้างของ DDT แต่มี S อะตอมแทนที่ C อะตอมในใจกลางของโมเลกุลโดยทั่วไปกำมะถันเดี่ยว ๆ มีฤทธิ์ในการควบคุมไรแต่เมื่อผสมอยู่กับ phenyl ring จะส่งเสริมให้มีการออกฤทธิ์ในการฆ่าไร ได้ดีขึ้น สารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลงน้อยได้แก่ Ovex, propargite และ tetradifon ตัวอย่างสูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารในกลุ่มนี้แสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 สูตรโครงสร้างของสารฆ่าแมลงกลุ่ม organosulphur compounds

12.2) การจัดประเภทของสารป้องกันกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตามลักษณะการใช้ในทางปฏิบัติออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นสารกลุ่มที่มีพิษแมลงทางกาสัมผัส มีความคงทนต่ำ สารกลุ่มนี้ละลายน้ำได้น้อยมาก และสลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส แต่เป็นสารกลุ่มที่ได้รับความนิยมใช้อย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากออกฤทธิ์ฆ่าแมลงได้อย่างรวดเร็วและราคาถูกแต่มีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสูง ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ เตตระคลอวินฟอส เมวินฟอส

กลุ่มที่ 2 เป็นสารที่เป็นพิษโดยการสัมผัสเช่นเดียวกัน แต่เมื่อใช้ฉีดพ่นบนสวนต่าง ๆ ของพืช สารกลุ่มนี้สามารถดูดซึมเข้าสู่พืชได้เล็กน้อย แต่ไม่มีการเคลื่อนย้ายในพืช ทำให้ออกฤทธิ์ในการป้องกันกำจัดแมลงได้นานขึ้น มีความคงทนในสิ่งแวดล้อมปานกลาง สารกลุ่มนี้ได้แก่ มาลาไรซอน พาราไรซอน เมทริน ไดอะซินอน เฟนไรซอน เฟนโรเอท และเฟนิโตรไรซอน สารในกลุ่มนี้มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานแตกต่างกันเช่นมาลาไรซอนเป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานต่ำ

กลุ่มที่ 3 เป็นสารกลุ่มที่สามารถดูดซึมได้ (systemic group) สามารถละลายน้ำและไขมันได้ดี สามารถดูดซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อและเคลื่อนย้ายไปในส่วนต่าง ๆ ของพืช แล้วออกฤทธิ์กำจัดแมลงที่กัดกินพืชนั้น ๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถเคลื่อนที่ผ่านทางรากไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืชได้กรณีที่อยู่ในรูปเม็ดที่ใช้ใส่ทางดิน ตัวอย่างของสารกลุ่มนี้ได้แก่ ไคเมทโรเอท ไคซัลโฟตอน โฟเรทและไมโนโครโตฟอส ข้อดีของสารกลุ่มนี้คือ ไม่ถูกชะล้างโดยน้ำหรือน้ำฝน และสามารถป้องกันการทำลายของแมลงในทุกส่วนของพืช ที่สารเคลื่อนย้ายไปถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับสารดังกล่าวโดยตรงก็ตาม

กลุ่มที่ 4 เป็นสารกลุ่มที่มีค่าความดันไอค่อนข้างสูง จึงสามารถกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิปกติและไอระนั้นสามารถฆ่าแมลงได้ด้วย จึงเป็นสารฆ่าแมลงกลุ่มที่มีพิษทางการหายใจ

ด้วย นอกจากนี้แล้ว สารในกลุ่มนี้ยังเป็นสารกลุ่มที่มีพิษต่อสัตว์เลื้อยคืบสูง แต่สามารถสลายตัวได้เร็ว ในสภาพแวดล้อม เช่น ไคโครวอส เป็นต้น

12.3) การเปลี่ยนแปลงของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในสิ่งแวดล้อม

เมื่อสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเข้าสู่สิ่งแวดล้อม เช่น พืช ดิน อากาศ หรือน้ำ โดยการฉีดพ่นหรือใส่ทางดินของเกษตรกร จะมีกระบวนการทั้งทางเคมีและกายภาพเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้เกิดการเคลื่อนย้าย เปลี่ยนรูป หรือสูญหายของสารดังกล่าว กระบวนการซึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องสามารถรวบรวมได้ดังนี้

(1) การเคลื่อนย้าย (transportation)

(1.1) การระเหย (volatilization)

การระเหยเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตสู่สิ่งแวดล้อม อัตราการระเหยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้น และคุณสมบัติของสาร เช่น ความคงทน คุณสมบัติการดูดซับ การละลายน้ำ ความดันไอ โครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลซึ่งสารที่มีความดันสูง เช่น ไคโครวอส อีโทร โพรฟอส จะมีการเคลื่อนย้ายโดยการระเหยสูงกว่าสารที่มีความดันต่ำ เช่น อีพีเอ็น ไอร์เซพของสาร เหล่านี้สามารถแพร่กระจายไปได้เป็นระยะทางไกล แต่ก็จะมีการเจือจางโดยมวลอากาศและการย่อยสลายโดยแสงซึ่งไอร์เซพของสารในชั้นบรรยากาศอาจตกสู่พื้นดินหรือแหล่งน้ำอีกครั้ง เมื่อเกิดการรวมตัวกับหยดน้ำหรือฝน

(1.2) การชะล้าง (leaching)

กระบวนการชะล้างเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตลงไปตามชั้นดิน (soil profile) หรือการเคลื่อนย้ายลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน โดยมีปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้อง คือ โครงสร้างและคุณสมบัติของสาร เช่น การดูดซับ ความคงทนปัจจัยสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนและลักษณะและคุณสมบัติของดิน เช่น ความพรุน ส่วนใหญ่สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะถูกดูดซับไว้ที่หน้าดินโดยพวกอินทรีย์วัตถุ (organic matter) การเคลื่อนย้ายโดยกระบวนการชะล้างจึงเกิดขึ้นไม่มากนัก จึงพบการปนเปื้อนของสารกลุ่มนี้ในน้ำใต้ดินน้อยมาก แม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีการใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน

(1.3) การพัดพา (run off)

การพัดพาทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในดินลงสู่แหล่งน้ำ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำต่อไป การพัดพาที่เกิดกับสารกลุ่มดังกล่าวที่สามารถละลายน้ำได้ดี (มากกว่า 10 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งจะเคลื่อนย้ายไปกับน้ำที่ผ่านหน้าดินแต่สำหรับสารที่ละลายน้ำได้น้อยหรือไม่ละลายน้ำจะเคลื่อนย้ายไปกับอนุภาคดินในรูปของตะกอนแขวนลอย (sediment) สารกลุ่มที่สามารถละลายน้ำได้ดีอัตราการพัดพาจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสาร คือ ความคงทน และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำฝน การดูดซับน้ำของดิน เป็นต้น สำหรับพวกที่ไม่ละลายน้ำและดูดซับอยู่กับอนุภาคของดิน อัตราการพัดพาจะขึ้นอยู่กับกระบวนการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) ในธรรมชาติสารออร์กาโนฟอสเฟตเคลื่อนย้าย โดย

กระบวนการพืคพาน้อยมาก คาดว่าน้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของปริมาณที่มีการใช้ทั้งหมด

(1.4) การดูดซับ (adsorption)

การดูดซับมีผลต่อการเคลื่อนย้ายและการสลายตัวของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตทั้งทางชีวภาพ (biological degradation) และ ไม่ใช่ทางชีวภาพ (non-biological degradation) การดูดซับเป็นปฏิกิริยาของแรงที่บริเวณผิวของตัวดูดซับ (adsorbent) ได้แก่ คอลลอยด์ต่าง ๆ กระทำต่อโมเลกุลหรือไอออนของตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ทำให้โมเลกุลของสารเหล่านั้นถูกยึดไว้ โดยกลไกหลายกลไก เช่น การเปลี่ยนไอออน (ion exchanged) ทั้งแคทไอออนและแอนไอออน การเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bond) และการเกิดโคออร์ดิเนชันเชิงซ้อน (coordination complex) เป็นต้น

อัตราการดูดซับนอกจากขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวคอลลอยด์หรือตัวดูดซับเองแล้วยังขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิด ได้แก่ ขนาดและโครงสร้างโมเลกุล สารที่มีขนาดโครงสร้างโมเลกุลใหญ่และประกอบด้วยโครงสร้างในฟังก์ชันต่อไปนี้ ได้แก่ OH NR_3 NH_2NHR CONH_2 หรือ COOR จะถูกดูดซับได้ดีกว่าสารที่มีกลุ่มฟังก์ชันอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่แพร่กระจายสู่ดินและน้ำ บางส่วนจะถูกดูดซับโดยอนุภาคและคอลลอยด์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ

(5) การดูดซึมโดยพืช

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิด โดยเฉพาะสารในกลุ่มดูดซึม (systemic) เช่น โมโนโครโทฟอส ไดมโทโรเอท สามารถดูดซับเข้าสู่ต้นพืชได้ทางปากใบและผิวใบสารที่ถูกดูดซึมผ่านเข้าไปแล้วจะเคลื่อนย้ายลงสู่ราก โดยผ่านท่อลำเลียงอาหาร (phloem) เป็นการเคลื่อนย้ายซึ่งเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจากนั้นจะเคลื่อนย้ายไปสู่ท่อลำเลียง (xylem) ซึ่งจะเคลื่อนย้ายไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืชอย่างรวดเร็ว เมื่อเข้าสู่ต้นพืชแล้วสารเหล่านี้อาจอยู่ในรูปสารดั้งเดิม (parent compound) หรือเปลี่ยนรูปไปโดยกระบวนการทางชีวเคมีและเมตาบอลิซึมในเนื้อเยื่อพืช สารที่เปลี่ยนรูปไปอาจไม่มีความเป็นพิษต่อมนุษย์หรือสัตว์หรือมีความเป็นพิษรุนแรงกว่าเดิมก็ได้ ดังนั้นสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ตกค้างในส่วนต่าง ๆ ของพืชโดยเฉพาะส่วนที่ใช้บริโภค จึงอาจทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ได้

(2) การเปลี่ยนรูป (transformation)

(2.1) การสลายตัวด้วยแสง (photodegradation)

สารออร์กาโนฟอสเฟตหลายชนิดสลายตัวได้โดยแสง ซึ่งอาจเป็นการสลายตัวจากแสงโดยตรง (direct photolysis) โมเลกุลของสารได้รับแสงก็จะดูดซับพลังงานจากรังสีทำให้อิเล็กตรอนอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น (excited state) จนทำให้โครงสร้างโมเลกุลของสารเกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้มีความซับซ้อนน้อยลง ทำให้เกิดปฏิกิริยาอื่น ๆ ต่อไปหรือถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่ายขึ้น สารจึงเกิดการเปลี่ยนรูปหรือสูญหายไป การสลายตัวของสารกลุ่ม ออร์กาโนฟอสเฟตโดยแสง เกิดขึ้นโดยสารโมเลกุลของสารได้รับแสงอาทิตย์ที่มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 290-450 นาโนเมตร และอัตราการสลายตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นอย่างแสงอัลตราไวโอเล็ต

(ultraviolet) สารบางชนิด เช่น โมโนโครโทฟอสจะ ไม่ดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 300 นาโนเมตร แต่จะดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 215 นาโนเมตรมากที่สุด

นอกจากนี้อาจเกิดการสลายตัวทางอ้อม (indirect photolysis) ซึ่งเกิดเนื่องจากโมเลกุลของสารแขวนลอย สารอินทรีย์ หรือรงควัตถุ (pigment) ของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในสิ่งแวดล้อม เมื่อโมเลกุลของสารแขวนลอยเหล่านี้ได้รับแสงและดูดซับพลังงานไว้ แล้วทำให้เกิดสารใหม่ที่มีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับ โมเลกุลของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เช่น O_2 radical, peroxide ทำให้ปฏิกิริยาอื่น ๆ ตามมา เช่น การเกิด photooxidation เป็นต้น การเกิดปฏิกิริยาการสลายตัวโดยแสงทั้งทางตรงทางอ้อมนี้อาจเกิดกับสารที่อยู่ในรูปไอระเหยในบรรยากาศ สารละลายในน้ำ หรือสารที่ตกค้างอยู่ตามบริเวณผิวดินและลึกลงไปประมาณ 1-2 มิลลิเมตร นอกจากนี้ยังเกิดได้บริเวณผิวน้ำหรือส่วนของพืชที่ได้รับแสงโดยตรง

(2.2) การสลายตัวทางเคมี (chemical degradation)

ปฏิกิริยาทางเคมีที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนรูปและการสลายตัวของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตได้แก่ ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ออกซิเดชัน (oxidation) ไอโซเมไรเซชัน (isomerization) การแตกตัวเป็นไอออน (ionization) และการเกิดเกลือ (salt formation) ปฏิกิริยาที่สำคัญที่สุดในการสลายตัวของออร์กาโนฟอสเฟต คือไฮโดรไลซิส เนื่องจากกลุ่มฟังก์ชันเอสเทอร์ของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเป็น phosphate ester bond ซึ่งเป็น weak link การสลายตัวโดยไฮโดรไลซิสจึงเกิดขึ้นได้ง่าย อัตราการเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสขึ้นอยู่กับสภาพกรดด่างของสภาพแวดล้อม สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตส่วนใหญ่ไวต่อปฏิกิริยาแบบ base-catalyze hydrolysis ทำให้เกิดการสลายตัวในสภาพด่าง แต่มีสารกลุ่มนี้บางชนิดเป็น acid-catalyze hydrolysis เช่น ไดอะซินอน ซึ่งการสลายตัวเกิดขึ้นในอัตราสูงในสภาพกรด

การสลายตัวทางปฏิกิริยาทางเคมีของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่สำคัญอีกประเภทหนึ่งคือ การเกิดออกซิเดชัน-รีดักชัน (oxidation-reduction) ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากการกระตุ้นโดยพลังงานแสง การกระตุ้นของสารที่เป็นองค์ประกอบในดินและน้ำตามธรรมชาติหรือกิจกรรมของจุลินทรีย์ ทำให้เกิดสารเมแทบอลิต์จากการสลายตัวของสารบางชนิดอาจมีความเป็นพิษสูงกว่าสารเดิมเช่น พาราออกซอน (paraoxon) ซึ่งเป็นเมแทบอลิต์ของพาราไซออนเป็นต้น นอกจากนี้เมแทบอลิต์ของสารบางชนิดอาจมีโครงสร้างโมเลกุลที่มีความเสถียรน้อยกว่าเดิมจึงสามารถถูกย่อยสลายโดยกระบวนการต่าง ๆ ได้ง่ายกว่าในสารที่มีอยู่ในรูปของสารดั้งเดิม

(3) การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation)

การย่อยสลายทางกายภาพเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของสารประกอบในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จนสูญเสียสภาพโครงสร้างของโมเลกุลเดิมโดยชีวปัจจัยและปฏิกิริยาของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เช่น ออกซิเดชัน รีดักชัน ไฮโดรไลซิส ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอัตราการย่อยสลายทางชีวภาพที่สำคัญได้แก่ ชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานได้เช่น รา แบคทีเรีย ตลอดจนปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตและกิจกรรมของจุลินทรีย์ดังกล่าว เช่น อุณหภูมิ แสง ความชื้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณออกซิเจน เป็นต้น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของสารด้วย สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตส่วนใหญ่ที่มีโครงสร้างของ OH, COO หรือ NH₂ เป็นองค์ประกอบและเป็นสารมีพิษจะเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพได้ง่าย

การย่อยสลายของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ อาจเป็นการย่อยสลายแบบ cometabolism ซึ่งเป็นการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์หลายกลุ่ม ซึ่งสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะถูกเปลี่ยนเป็นสารเมแทบอลิต์โดยจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งสารดังกล่าวอาจสะสมในสิ่งแวดล้อมหรือย่อยสลายต่อโดยจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำสารดังกล่าวไปได้เป็นปัจจัยในการเจริญเติบโตได้ อัตราการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น มาลาไธออน จะถูกย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่แยกได้จากการของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้กลายเป็นสารเมแทบอลิต์ซึ่งจะถูกย่อยสลายต่อไปโดยจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งจนกลายเป็นเอทานอลหมดภายใน 28 ชั่วโมง

นอกจากนี้อาจมีการย่อยสลายแบบ catabolism ซึ่งเป็นการย่อยสลายที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์โดยจุลินทรีย์เพียงกลุ่มเดียว เนื่องจากจุลินทรีย์สามารถนำสารที่ได้จากการย่อยสลายสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ไปใช้ในรูปของแหล่งคาร์บอน แหล่งพลังงานหรือแหล่งอาหารในการเจริญเติบโตได้ ในหลายกรณีการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์จะได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น จุลินทรีย์ชนิดหนึ่งซึ่งพบทั่วไปในดิน แหล่งน้ำ น้ำขุ่น และของเสียสามารถย่อยสลาย พาราไธออนหรือ ไดอะซินอน แล้วนำไปใช้เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโตได้ โดยมีเอ็นไซม์ต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องกับกระบวนการสลายตัวดังกล่าว

12.4) ผลกระทบจากการใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

(1) ความเป็นพิษต่อมนุษย์

ผู้ได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในปริมาณมากจะเกิดอาการเฉียบพลัน (acute) โดยแสดงอาการที่อวัยวะภายในได้แก่ ปอด ทางเดินอาหาร หัวใจ ไต ต่อมเหงื่อและกล้ามเนื้อ หรืออาจแสดงอาการที่ปลายประสาทอาการที่สังเกตได้ คือ อาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย กล้ามเนื้ออ่อนแรง เหงื่อออกมาก ชักกระตุก สำหรับผู้ที่ได้รับปริมาณน้อยติดต่อกันเป็นเวลานานจะเกิดอาการแบบเรื้อรัง (chronic) คือ การทรงตัวผิดปกติ พฤติกรรมเปลี่ยนแปลง ซึมเศร้า จากการตรวจวัดระดับเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของเกษตรกรของกรมอาชีวอนามัย กระทรวงสาธารณสุขพบว่า ผลอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่ปลอดภัยและมีความในการเกิดเป็นพิษถึง 85,140 คน จากจำนวน 463,142 คน และคาดว่าจะมีผู้ป่วยจากสารดังกล่าวประมาณ 39,600 คนต่อปี ในเลือดของเกษตรกรสวนผัก พบว่ามีเกษตรกรที่มีระดับเอ็นไซม์ในเลือดต่ำกว่า 55 หน่วยถึงร้อยละ 6.89 โดยเฉพาะต้นและปลายฤดูเพาะปลูกซึ่งเกษตรกรใช้สารกำจัดศัตรูบ่อยครั้งกว่าช่วงอื่น ๆ

(2) ความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำอาจทำให้เกิดพิษเรื้อรังและความผิดปกติจากตัวอ่อนหรือสะสมในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำได้จากการสะสมของโมนิโครโทฟอสเฟตในเนื้อปลานิลแดงที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ ที่มีการปนเปื้อนของสารกลุ่มดังกล่าว นอกจากนี้ยังมีผลต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย (non target organism) ได้แก่แมลงศัตรูธรรมชาติ เช่น ตัวห้ำ ตัวเบียน ซึ่งช่วยควบคุมแมลงศัตรูพืชตามธรรมชาติ ตลอดจนจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตธรรมชาติที่มีประโยชน์ เช่น โมนาโครโทฟอส มีพิษสูงต่อผึ้งซึ่งเป็นแมลงผสมเกสร ไคอะซินอนมีความเป็นพิษต่อไส้เดือนดินสูง ทำให้พื้นที่ที่ใช้สารดังกล่าวขาดสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์และเสียสมดุลของระบบนิเวศตามธรรมชาติ

(3) การตกค้างในสิ่งแวดล้อม

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตส่วนใหญ่สามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมเนื่องจากสามารถละลายน้ำได้ดีและสลายตัวเนื่องจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสได้อย่างรวดเร็วแต่การใช้ในปริมาณสูงและต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ย่อมทำให้เกิดการตกค้างในพืช ดินและน้ำ ทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศเกิดการเปลี่ยนแปลงไปได้ เขตพื้นที่เกษตรกรรมที่ปลูกผักและผลไม้แบบเข้มข้น เช่น องุ่น พุทรา ชมพู หน่อไม้ฝรั่ง ฯลฯ ซึ่งใช้สารเคมีทางการเกษตรน้อยกว่าทั้งชนิดและบ่อยครั้งตลอดฤดูการเพาะปลูก จะมีการแพร่กระจายของสารพิษดังกล่าวสู่สิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะแหล่งน้ำมากกว่าเขตเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ที่ใช้สารเคมีทางการเกษตรน้อยกว่าทั้งชนิดและความถี่ในการใช้ เช่น พืชไร่ ข้าว สำหรับสารที่พบตกค้างในแม่น้ำท่าจีนซึ่งเป็นแหล่งรับน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมดังกล่าว พบการตกค้างของสารหลายชนิด ซึ่งบางชนิดถูกจัดให้อยู่ในระดับที่มีพิษร้ายแรงยิ่ง (extremely hazardous, class Ia) เช่น โมนาโครโทฟอส เมทนามิโดฟอส พาราไรซอน และบางชนิดถูกจัดอยู่ในระดับมีพิษร้ายแรง (highly hazardous, class Ib) เช่น ไคอะซินอน เฟนนิโตรโซน

(4) การตกค้างในดิน

การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน อาจเกิดจากละอองสารบางส่วนตกลงสู่พื้นดินโดยตรงเมื่อมีการฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช หรืออาจเกิดจากการชะล้างสารที่ตกค้างบนใบพืชจากการใช้น้ำหรือฝนตกลงสู่พื้นดิน การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืช ในดินขึ้นอยู่กับชนิดของสารและชนิดของดินซึ่งการตกค้างดังกล่าวจะพบมากที่สุดที่ระดับความลึกของดินจากผิวดินตั้งแต่ 0-10 เซนติเมตร และปริมาณการตกค้างจะลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มมากขึ้น

(5) การตกค้างในน้ำ

สารกำจัดศัตรูพืชสามารถแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำได้หลายทาง เช่น จากการใช้เพื่อกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำได้โดยตรงจากการแพร่กระจายของละอองสารเคมีที่เกษตรกร ฉีดพ่นหรือจากการชะล้างสารส่วนที่ตกค้างอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของพืชและพื้นดินลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้พบการตกค้างของสารดังกล่าวในน้ำเสมอ

สารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีใช้ในพื้นที่ทางการเกษตรสามารถแพร่กระจายลงสู่แหล่งน้ำที่ติดต่อกับหรือรับน้ำจากพื้นที่ทางการเกษตรกรรม เช่น แม่น้ำ ลำคลอง สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ดิน น้ำ จะมีการสลายตัวตามธรรมชาติจากปัจจัยต่าง ๆ เช่นการย่อยสลายของจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิต การดูดซับของพืชและสิ่งมีชีวิต เป็นต้น ทำให้สิ่งมีชีวิตดังกล่าวมีโอกาที่จะฟื้นฟูตัวเองหรือกลับสู่ธรรมชาติได้ แต่การที่มีการปนเปื้อนของสารดังกล่าวจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ย่อมทำให้เกิดการสะสมจนมีการปนเปื้อนในปริมาณที่สูงขึ้นจนสิ่งแวดล้อมไม่สามารถฟื้นฟูตัวเองได้และเสื่อมลงจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อทั้งในระยะสั้นและระยะยาวต่อระบบนิเวศและการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ตลอดจนทำให้ความเสี่ยงด้านสุขภาพอนามัยของประชากรเพิ่มสูงขึ้น

12.5) ตัวอย่างสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ไดซัลโฟตอน (disulfoton)

ออกฤทธิ์	เป็นสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ประเภทดูดซึม ที่มีความเฉพาะเจาะจงในการกำจัดแมลงมาก
ความเป็นพิษ	มีพิษเฉียบพลันทางปาก (หนู) 2.6-12.5 มก/กก. ทางผิวหนัง (หนู) 41 มก/กก. (4 ชั่วโมง)
แมลงที่กำจัดได้	ใช้กำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง และแมลงดูดอื่น ๆ รวมถึงชนิดต่าง ๆ ด้วย
พืชที่ใช้	ข้าว ยาสูบ ฝ้าย ข้าวโพด กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก กาแฟ ถั่วต่าง ๆ อ้อย มะเขือเทศ มันฝรั่ง และไม้ประดับทั่วไป
สูตรผสม	5% และ 10% จี และชนิดผงคลุกเมล็ด
อัตราการใช้	ชนิด 10% จี เมื่อใช้กับพืชทั่วไป ใช้อัตรา 2-4 กก/ไร่ ฝ้าย ใช้อัตรา 0.25-0.5 กรัม/หลุม ควรศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมจากฉลากก่อนใช้
วิธีใช้	กับพืชทั่วไปให้ใช้โรยตามแนวต้นพืชบริเวณโคนต้นและรดน้ำให้ชุ่มสำหรับฝ้ายใช้โดยการหยอดก้นหลุมพร้อมกับปลูก
อาการเกิดพิษ	มีอาการแน่นหน้าอก เหนื่อยออก ม่านตาปิด อาเจียน และท้องเดิน
การแก้พิษ	ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำและสบู่ทันที ถ้าเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง นานอย่างน้อย 15 นาที ถ้าเข้าปาก ต้องทำให้อาเจียนโดยการล้วงคอหรือดื่มน้ำเกลืออุ่น 1 แก้ว จนกว่าจะอาเจียนออกมาเป็นน้ำใส จึงนำส่งแพทย์ทันที สำหรับแพทย์ยาแก้พิษ คือ อะโทรปีน ซัลเฟต ถ้าอาการรุนแรงให้ใช้ 2-PAM ร่วมด้วย ห้ามใช้มอร์ฟีน
ข้อควรรู้	-ระยะเวลาที่ใช้ก่อนการเก็บเกี่ยว 6 สัปดาห์ -ซึมผ่านผิวหนังได้ ซึ่งเกิดพิษเมื่อสัมผัสถูก -เป็นอันตรายต่อปลาและผึ้ง -เป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยง อย่างปล่อยสัตว์เลี้ยงเข้าไปในพื้นที่ ๆ ใช้ยา

อย่างน้อย 6 สัปดาห์

- ผสมได้กับสารกำจัดศัตรูพืชอื่น
- ดูดซึมเข้าลำต้น โดยผ่านทางราก
- ให้ผลในการควบคุมและกำจัดศัตรูพืชได้ถึง 7 สัปดาห์

ชื่อการค้า ผู้ผลิตและจำหน่าย

ไดซิลตรอน บ.ไบเออร์

เฟนไธออน (fenthion)

ออกฤทธิ์	เป็นสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีพิษในการหายใจ พิษตกค้างออกฤทธิ์อยู่ได้นานวัน cholinesterase inhibitor
ความเป็นพิษ	มีพิษเฉียบพลันทางปาก 330 มก/กก. ทางผิวหนัง (หนู) 345 มก/กก.
แมลงที่กำจัดได้	แมลงวันทอง แมลงห่อ เพลี้ยจักจั่น หนอนกระทู้ หนอนเจาะสมอฝ้าย มวนแดง หนอนกอชนิดต่าง ๆ เพลี้ยไฟ ไร มด ยุงและแมลงสาบ
พืชที่ใช้	ข้าว ส้ม ฝ้าย ผักต่าง ๆ องุ่น ชา มะเขือเทศ ไม้ผล และไม้ประดับทั่วไป
สูตรผสม	50% อีซี และ 25%, 40% ดับบลิวพี และ และ 3% ผง
อัตราการใช้	ชนิด 50% อีซี โดยทั่วไปใช้อัตรา 20-30 ซีซี ผสมกับน้ำ 20 ลิตร ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมจากฉลากก่อนใช้
วิธีใช้	ผสมกับน้ำก่อนให้ผสมกันดีแล้วฉีดพ่นให้ทั่วต้นพืชใช้ซ้ำได้ตามความจำเป็น
อาการเกิดพิษ	จะมีอาการเวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งช่องท้อง ท้องร่วง ม่านตาหด หายใจหอบ เหงื่อออกมาก
การแก้พิษ	ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำและสบู่ให้มาก ๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดนาน ๆ ถ้าเข้าปากให้รีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์สำหรับแพทย์ใช้อะโทรปีนซัลเฟต ขนาด 2 มก. แล้วฉีดซ้ำด้วยขนาด 2 มก. ทุก ๆ 10-15 นาที จนกว่าอาการจะดีขึ้น 2PAM เป็นยาแก้พิษที่อาจใช้รักษาร่วมกับอะโทรปีนได้
ข้อควรระวัง	- เป็นพิษต่อสัตว์ปีกมากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม - เป็นพิษต่อสัตว์น้ำและผึ้ง อย่าใช้กับพืชในขณะที่กำลังออกดอก - ไม่เข้ากับสารกำจัดโรคศัตรูพืชที่มีสภาพเป็นด่างมาก

ชื่อการค้า ผู้ผลิตและจำหน่าย

เลไบซิล บ.ไบเออร์

เฟนไธเอท (phenthoate)

ออกฤทธิ์	เป็นสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย cholinesterase inhibitor
----------	--

ความเป็นพิษ	ใช้กำจัดศัตรูพืชได้อย่างกว้างขวาง เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ เพลี้ยแป้ง เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยกระโดด เพลี้ยหอย ไร หนอนกระทู้ หนอนเจาะลำต้น หนอนเจาะสมอ หนอนคืบ หนอนใยผัก และมวนต่าง ๆ
พืชที่ใช้	ข้าว ผักต่าง ๆ ถั่ว ส้ม กาแฟ อ้อย ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ชา ยาสูบ ไม้ผล องุ่น ไม้ดอกไม้ประดับทั่วไป
สูตรผสม	50% อีซี
อัตราการใช้	กำจัดแมลงศัตรูอ้อยและผัก ใช้อัตรา 40-80 ซีซี พืชอื่น ๆ ใช้ในอัตรา 20-30 ซีซี ผสมกับน้ำ 20 ลิตร
วิธีใช้	ใช้ผสมกับน้ำกวนให้ผสมกันดี แล้วฉีดพ่นให้ทั่วใบและต้นพืช เมื่อตรวจพบแมลงศัตรูพืช ใช้ซ้ำได้ตามความจำเป็น
อาการเกิดพิษ	จะมีอาการวิงเวียนศีรษะและปวดศีรษะ คลื่นไส้ เหงื่อออกมาก อ่อนเพลีย พูดไม่ชัดเจน รำมัว ปวดเกร็งช่องท้อง กล้ามเนื้อกระตุก และอาจชักได้
การแก้พิษ	ถ้าถูกผิวหนังให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่ ถ้าเข้าตาให้ล้างด้วยน้ำสะอาดนาน ๆ ถ้าเข้าปากหรือกลืนกินเข้าไป ควรรีบนำผู้ป่วยส่งแพทย์ สำหรับแพทย์ให้ล้างท้องคนไข้ด้วย sodium bicarbonate 5% ยาแก้พิษที่ใช้คือ อะโทรปีน ซัลเฟต ขนาด 2-4 มก. ฉีดแบบ IV หรือ IM ฉีดซ้ำทุก 5-10 นาที ตามความจำเป็น ห้ามใช้ยาที่มีมอร์ฟินผสม
ข้อควรระวัง	- เป็นพิษต่อปลาและเป็นอันตรายต่อผึ้ง - อย่าผสมกับสารที่มีฤทธิ์เป็นด่างสูง - ใช้ผสมกับสารกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ได้ (สุรศักดิ์ บุญธิมา และคณะ, 2547)

13) น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส มีกลิ่นควันไม้ ได้มาจากการควบแน่นของควันที่เกิดจากการผลิตถ่านไม้ ช่วงที่ไม้กำลังจะเปลี่ยนเป็นถ่านซึ่งจะเก็บในช่วงอุณหภูมิ 80-150 °C โดยอุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 °C สามารถเก็บได้ง่ายโดยอาศัยการถ่ายเทความร้อนจากปล่องดักควันสู่อากาศรอบปล่องดักควันความชื้นในควันจะควบแน่นเป็นหยดน้ำ ซึ่งมีปริมาณเพียง 8% ของน้ำหนักพืน หากต้องการปริมาณเพิ่มขึ้น โดยการนำท่อหล่อน้ำเย็นติดตั้งในปล่องดักควัน ซึ่งจะได้ถึง 15% น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเก็บจากเตาผลิตถ่าน ยังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากการเปลี่ยนเป็นถ่านไม้ได้เกิดขึ้นพร้อมทั้งเตา แต่จะเริ่มก่อนที่หน้าเตาด้านบนแล้วแผ่กระจายไปยังหลังเตาด้านล่าง ควันที่ออกมาจากปล่องจึงเป็นควันที่ผสมระหว่างควันอุณหภูมิต่ำและสูง เมื่ออุณหภูมิสูงถึง 310 °C ลิควินจะสลายตัว เกิดน้ำมันดินและสารระเหยง่ายปนออกมามีด้วย จึงต้องทำให้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์เสียก่อน โดยการปล่อยให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน โดยจะแบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใส ชั้นกลางเป็นของเหลวสีชาคือน้ำส้มควันไม้ และชั้นล่างเป็นของเหลวข้นสีดำคือน้ำมันดิน หากนำ

ผงถ่านมาผสมประมาณ 5% โดยน้ำหนัก จะตกตะกอนเร็วขึ้นประมาณ 45 วัน น้ำส้มควันไม้ที่ได้ก็นำมากรองซ้ำอีกครั้งจึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ (เคียงมูล พลังงานยั่งยืน, 2549)

13.1) ส่วนประกอบของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด สารประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำ 85 % กรดอินทรีย์ประมาณ 3 % และสารอินทรีย์อื่นๆ อีกประมาณ 12 % ซึ่งกรดอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำส้มควันไม้มีหลายชนิด ที่สำคัญ คือ กรดแอซิติก (acetic acid) กรดฟอร์มิก (กรดมด) ฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) เอซิล เอ็น วาเลอเรต (ethyl-n-valerate) เมทานอล (methanol) น้ำมันทาร์ (tar) อะซีโตน (acetone) และฟีนอล (phenol) ฯลฯ

13.2) สารประกอบที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้ (wood vinegar) มีรายละเอียดดังนี้

- (1) กรดแอซิติก (กรดน้ำส้ม) เป็นสารกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส
- (2) สารประกอบฟีนอล เป็นสารในกลุ่มควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและสารฆ่าแมลงใช้ล้างแผล ทำยาฆ่าพวกแอสไพริน และทำวัตถุหลอมเหลว
- (3) ฟอร์มัลดีไฮด์ เป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช
- (4) เอซิล เอ็น วาเลอเรต เป็นสารในกลุ่มเร่งการเจริญเติบโตของพืช
- (5) เมทานอล แอลกอฮอล์ที่ดื่มกินไม่ได้ (หากเข้าตาจะทำให้ตาบอด) เร่งการงอกของเมล็ด และรากใช้ฆ่าเชื้อโรคได้และเป็นสารในกลุ่มออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อไวรัส
- (6) อะซีโตน สารละลายวัตถุ ใช้ทำน้ำยาทาเล็บและเป็นสารเสพติด
- (7) น้ำมันทาร์ เป็นสารจับใบช่วยลดการใช้สารเคมี

13.3) ประโยชน์ทางการเกษตร

น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่าง ๆ มากมาย เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จะมีคุณสมบัติต่างๆ ดังนี้คือ เป็นสารปรับปรุงดิน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และสารเร่งการเติบโตของพืช บริเวณ ส่วนราก ลำต้น หัว ใบและดอกผลของพืชบางชนิด การใช้น้ำส้มควันไม้รดในดินปลูกพืช จะช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากไส้เดือนฝอย เชื้อรา นอกจากนั้น น้ำส้มควันไม้ยังมีคุณสมบัติเป็นฮอร์โมนพืชและในบางกรณีเป็นตัวยับยั้งการเจริญเติบโตส่วนต่างๆของพืชเมื่อใช้น้ำส้มควันไม้ในอัตราส่วนที่ต่างกัน น้ำส้มควันไม้จะมีพิษต่อพืชสูงเมื่อรดลงดินในปริมาณมาก หรือนำไปใช้กับพืชโดยไม่ผสมน้ำให้เจือจางจะเกิดผลเสียเช่นกัน

13.4) การนำน้ำส้มควันไม้ ไปใช้ด้านอื่น ๆ

นอกจากการนำไปใช้ทางด้านเกษตรและปศุสัตว์แล้ว ยังสามารถนำน้ำส้มควันไม้ไปใช้ด้านอื่น ๆ ได้

- (1) ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์ ใช้รักษาแผลสด แผลถูกน้ำร้อน รักษาโรคน้ำกัดเท้าและเชื้อราที่ผิวหนัง
- (2) น้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ 20 เท่า รวดทำลายปลวกและมด
- (3) น้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ 50 เท่า ใช้ป้องกันปลวก มด และสัตว์ต่าง ๆ เช่น ตะขาบ แมงป่อง
- (4) น้ำส้มควันไม้ผสมน้ำ 100 เท่า ใช้ฉีดพ่นถึงขยะเพื่อป้องกันกลิ่นและแมลงวัน ใช้ดับกลิ่นในห้องน้ำ ห้องครัวและ บริเวณชื้นแฉะ
- (5) ใช้ผลิตสารระงับกลิ่นตัว
- (6) ผลิตสารปรับผิวนุ่ม
- (7) ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารรมควัน ย้อมผ้า
- (8) ผลิตสารป้องกันเนื้อไม้จากเชื้อราและแมลง

13.5) ประโยชน์และการใช้น้ำส้มควันไม้

- (1) ด้านการเกษตร (คิดเป็นอัตราส่วน 1 ช้อนโต๊ะ = 10 CC หรืออัตราส่วน 1 ปีป = 20 ลิตร)

ตารางที่ 2.5 ประโยชน์และการใช้น้ำส้มควันไม้ด้านการเกษตร

ประโยชน์	วิธีใช้	อัตราส่วน	ตัวอย่างอัตราส่วน
1.1) ป้องกันโรครากและโคนเน่าจากเชื้อรา	ผสมน้ำฉีดพ่นลงดินก่อนปลูกพืช 15 วัน	1:100	น้ำส้ม 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 20 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป
1.2) เพื่อเร่งการเจริญเติบโต กระตุ้นความต้านทานโรค	ผสมน้ำรดโคนต้นทุก 7-15 วัน	1:200	น้ำส้ม 5 CC ต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 10 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป
1.3) ป้องกันศัตรูพืช ขับไล่แมลงทุกชนิดและเชื้อรา	ผสมน้ำฉีดพ่นที่ใบทุก 7-15 วัน	1:200	น้ำส้ม 5 CC ต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 10 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป
1.4) เพื่อช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลของพืช (ช่วยให้พืชผักและผลไม้มีรสหวาน)	ผสมน้ำฉีดพ่นผลอ่อน หลังติดผลแล้ว 15 วัน และพ่นอีกครั้งก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน	1:500	น้ำส้ม 2 CC ต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 4 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป
1.5) ป้องกันมดและปลวก	ผสมน้ำรดบริเวณที่มีมดและปลวก	1:20 หรือใช้เข้มข้น	น้ำส้ม 5 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป
1.6) แก้โรคเชื้อราในยางพารา	ทาหน้ายางพารา	1:20	น้ำส้ม 5 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปีป

ที่มา : เกษมมูล พลังงานยั่งยืน, 2549

* กรณีใช้ภูบ้านทุกวันหรือสัปดาห์ละ 4 ครั้ง เพื่อป้องกันมด แมลงสาบ สามารถใช้น้ำส้ม 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ลิตรได้

(2) ด้านปลูสดัว

(หากใช้ในอัตราส่วนที่เข้มข้นกว่า 1:20 ควรสวมถุงมือเนื่องจากกลิ่นจะติดมือหรือระมัดระวังในการใช้)

ตารางที่ 2.6 ประโยชน์และการใช้น้ำส้มควันไม้ด้านด้านปลูสดัว

ประโยชน์	วิธีใช้	อัตราส่วน	ตัวอย่างอัตราส่วน
2.1) ใช้ขับไล่เห็บ หมัด รักษาโรคเรื้อนของสัตว์	ผสมน้ำฉีดพ่นที่ตัวสัตว์ อาทิตย์ละ 2-3 ครั้ง	เข้มข้น	-
2.2) กำจัดกลิ่นและขับไล่แมลงในคอกสัตว์	ผสมน้ำราดพื้นคอกสัตว์ ทุก 7 วัน	1:100	น้ำส้ม 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 20 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปี๊ป
2.3) กำจัดกลิ่นขยะและป้องกันไม่ให้แมลงวางไข่	ผสมน้ำราดหรือพ่นกองขยะ	1:100	น้ำส้ม 1 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 1 ลิตร น้ำส้ม 20 ช้อนโต๊ะต่อน้ำ 1 ปี๊ป

ที่มา : เกียงมูล พลังงานยั่งยืน, 2549

2.2 งานวิจัยเกี่ยวข้อง

สุรศักดิ์ บุญธิมา และคณะ (2547) ศึกษาผลของการใช้ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 2,4 ไดคลอโรฟีนิลนอกซีอะซิติคแอซิดจากวัฒนธรรมการปลูกข้าวสมัยใหม่: กรณีศึกษาการปลูกข้าวบ้านนาควาย อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี โดยแบ่งดินเป็นสามกลุ่ม คือ ดินกลุ่มที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าหญ้า กลุ่มที่ 2 ยาฆ่าหญ้าและยาฆ่าหอย และดินกลุ่มที่ 3 ใช้ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าหญ้าและยาฆ่าหอย การศึกษาการตกค้างสารกำจัดวัชพืช 2,4-D พบว่าปริมาณการตกค้างของสารกำจัดวัชพืช 2,4-D ในเวลา 45 และ 90 วัน และ การสลายตัวของสาร 2,4-D ในตัวอย่างดินทั้งสามกลุ่มพบว่า ดินกลุ่มที่สามใช้ ปุ๋ยเคมี ยาฆ่าหญ้าและยาฆ่าหอยสลายตัวเร็วที่สุด รองลงมาคือคือยาฆ่าหญ้ากลุ่มที่ 2 ยาฆ่าหญ้าและยาฆ่าหอย และกลุ่มที่สลายตัวช้าที่สุดคือดินกลุ่มที่ 1 ใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าหญ้า ซึ่งการสลายตัว ความคงทนของสารเคมีชนิดหนึ่งในดินมิใช่ค่าคงที่เสมอทั้งนี้เนื่องจากความคงทนของสารขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 2 ประการ คือ ประการแรก คือสมบัติของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณและชนิดอนุภาคของดินเหนียว พิเศษของดิน ปริมาณน้ำในดิน และการระบายอากาศในดิน ชนิดและปริมาณของสิ่งมีชีวิตในดิน อุณหภูมิของดิน พีชพรรณที่เพาะปลูก การเกษตรกรรม ตลอดจนลักษณะหน้าดิน และประการที่สองที่สำคัญที่สุดคือ ชนิดและสมบัติของสารเคมีนั่นเอง จากการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดวัชพืช 2,4-D ในนาข้าว พบว่า 2,4-D สลายตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรด ดังจะเห็นได้จากดินกลุ่มที่ สาม มีการสลายตัวของ 2,4-D เร็วที่สุดและไม่เหลือตกค้างภายใน 90 วัน ทั้งที่เป็นกลุ่มดินที่มีการใช้สารเคมีมากที่สุด ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจาก ดิน

ในกลุ่มที่สามเป็นดินที่มีความเป็นกรดมากที่สุด ในเวลา 90 วัน คือ ประมาณ 5.39 กลุ่มดินที่ สองมีค่าพีเอช เท่ากับ 5.45 และกลุ่มดินที่ สามมีค่าพีเอช เท่ากับ 5.80 เนื่องจากสารกำจัดวัชพืช 2,4-D จะแตกตัวได้ง่ายในสภาวะที่เป็นกรด จึงทำให้การสลายตัวของดินกลุ่มที่สามเร็วที่สุดและไม่เหลือตกค้างในดินก่อนที่จะเริ่มทำนาในปีต่อมาแต่ผลที่ตามมาจากการใช้สารเคมีจำนวนมาก คือ เกิดภาวะดินเปรี้ยวมากที่สุดด้านซึ่งจะเป็นปัญหาในการทำนาครั้งต่อไปซึ่งน่าเป็นห่วงเป็นอย่างมากหากในปีต่อเกษตรกรกลุ่มนี้ยังคงใช้สารเคมีในการปลูกข้าวเหมือนปีที่ผ่านมาภาวะดินเปรี้ยวจะยิ่งรุนแรงมากขึ้น จนทำให้ไม่สามารถจะปลูกข้าวได้อีกต่อไป

พิมพ์พัฒน์ สิมะวัตนะ (2543) ได้ศึกษาหาสารพิษกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัสตกค้างในผักที่ปลูกในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 14 ชนิด 172 ตัวอย่าง พบว่ามีสารพิษตกค้าง 44 ตัวอย่าง คิดเป็น 25.55 % ของตัวอย่างทั้งหมด สารพิษตกค้างที่พบคือ othyl parathion, mevinphos และ methamidophos ผักคะน้า 63 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 29 ตัวอย่าง สารพิษที่พบคือ mevinphos และ methamidophos อยู่ในช่วง 0.1112-8523 ppm ซึ่งไม่เกินค่า MRL (ค่า MRL ของ mevinphos ไม่เกิน 1 ppm ของ methamidophos ไม่เกิน 1 ppm) ผักกวางตุ้ง 12 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 3 ตัวอย่าง สารพิษที่พบคือ ethyl parathion และ methamidophos อยู่ในช่วง 0.1517-0.8216 ppm ซึ่งค่า MRL กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 0.7 ppm ผักกาดเขียว 8 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 2 ตัวอย่าง สารพิษที่พบ คือ mevinphos 0.1116 ppm และ ethyl parathion 1.096 ppm ซึ่งเกินค่า MRL (ค่า MRL ของ ethyl parathion กำหนดไว้ไม่ให้เกิน 0.7 ppm) ผักบุ้ง 11 ตัวอย่าง พบ สารพิษตกค้าง 1 ตัวอย่าง สารพิษที่พบคือ ethyl parathion 0.8882 ppm ซึ่งเกินค่า MRL กะหล่ำปลี 15 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 4 ตัวอย่าง สารพิษที่พบคือ methamidophos และ mevinphos อยู่ในช่วง 0.1126-0.8862 ppm ซึ่งไม่เกินค่า MRL กะหล่ำดอก 4 ตัวอย่าง พบสารพิษตกค้าง 2 ตัวอย่าง สารพิษที่พบคือ mevinphos และ methamidophos อยู่ในช่วง 0.0569-0.7829 ppm ซึ่งไม่เกินค่า MRL ผักที่ไม่พบสารพิษตกค้างคือ ผักกาดหอม 46 ตัวอย่าง ผักโขม 5 ตัวอย่าง ปวยเล้ง 2 ตัวอย่าง พริก 1 ตัวอย่าง ถั่วฝักยาว 4 ตัวอย่าง บ๊วยเคอร์รี่ 1 ตัวอย่าง และคื่นฉ่าย 1 ตัวอย่าง

พงษ์ฤทธิ์ รักไทยและสุรเชษฐ์ ไชยดี (2544) วิเคราะห์หาสารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินในลำห้วยม่วง จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 3 จุด คือ บริเวณตอนต้น ตอนกลาง และตอนท้ายของลำห้วยม่วง โดยเก็บตัวอย่างดินจุดละ 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 15 วัน ผลการตรวจวิเคราะห์พบว่าตัวอย่างดินที่เก็บครั้งที่ 1 ของแต่ละจุด พบสารกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมากกว่าครั้งที่ 2 และ 3 โดยตรวจพบ 13 ชนิด คือ α -BHC, γ -BHC, δ -BHC, heptachlor, endosulfan I, heptachlor epoxide, endosulfan II, DDE, dieldrin, DDD, endrin aldehyde, endosulfan sulfate และ DDT ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสารพิษกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตรวจพบโดยเฉลี่ยคือ 22.44, 0.39, 3.27, 0.84, 4.9, 0.44, 0.43, 6.14, 0.19, 2.07, 0.86, 8.34 และ 0.049 ppm ตามลำดับ

ชุติกานุจน์ ศรีใสและคณะ (2548) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัส พบว่ามีปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 3.650 และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก 22.825 g/L นอกจากนี้ศึกษา

องค์ประกอบทางเคมีซึ่งได้แก่ acetaldehyde, ethyl acetate, methanol, isopropanol, propanol, isobutanol, isoamyl alcohol, furfural และ phenol โดย gas chromatograph พบว่ามี isopropanol, ethyl acetate, isoamyl alcohol, phenol, furfural, acetaldehyde และ methanol มีปริมาณที่สามารถตรวจพบคือ 48.89, 20029.18, 135.82, 458.50, 214.56, 1037.68 และ 509.14 g/L ตามลำดับ ค่า LOD ของ isopropanol, ethyl acetate, isoamyl alcohol, phenol, furfural, acetaldehyde และ methanol พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 1-5 ppm ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่าน้ำส้มควันไม้มีความเข้มข้นน้อยกว่าร้อยละ 4 (v/v) สามารถลดอัตราการเจริญของเชื้อราได้ และในระดับความเข้มข้นร้อยละ 4 (v/v) ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Fusarium* sp. ได้

Mason และคณะ (1990) ศึกษาการกำจัดสารกลุ่มคาร์บาเมตออกจากน้ำดื่ม ได้แก่ aldicarb, methomyl, carbaryl และ propoxur โดยนำสารทั้งสามมาทำปฏิกิริยากับ Cl_2 , ClO_2 และ O_3 carbaryl และ propoxur ไม่ทำปฏิกิริยากับ chlorine สารกลุ่มคาร์บาเมตทั้งสามไม่ทำปฏิกิริยากับ ClO_2 แต่ทำปฏิกิริยาอย่างว่องไวกับ O_3 ศึกษาโคเนตคัสของ aldicarb กับ Cl_2 และ methomyl กับ Cl_2 การศึกษาผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาระหว่าง aldicarb กับ Cl_2 ใช้ reverse-phase HPLC และ GC-MS ผลิตภัณฑ์พบ aldicarb-sulfoxide และ aldicarb-sulfone เป็นผลพลอยได้ จากกลไกพบว่า electrophilic ionic ทำปฏิกิริยากับ hypochlorous acid พบกลไก electrophilic ทำปฏิกิริยากับ ozone ทดสอบสมบัติทางชีวภาพเบื้องต้นโดยใช้ *Daphnia magna* เปรียบเทียบกับความเป็นพิษของ aldicarb และ chlorination by-products ของ aldicarb พบว่าผลพลอยได้มีความเป็นพิษน้อยกว่า ดังนั้นการกำจัดและการสลายตัวของ คาร์บาเมตสามารถใช้ Cl_2 และ/หรือ O_3 แต่ไม่สามารถใช้ ClO_2

Donald (2001) ได้ทดสอบ carbamate physostigmine (eserine) จาก calabar bean (*Physostigma venenosum*) และสารสังเคราะห์อนุพันธ์ neostigmine พบว่าสารประกอบที่มีขั้วสูงจะไม่ออกฤทธิ์ฆ่าแมลง aliphatic esters ของ carbamic acid ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นในต้นปี 1930s ออกฤทธิ์ต่อสมุนไพรรักษาหยาแต่ไม่ออกฤทธิ์ฆ่าแมลง carbamates ยังไม่เป็นที่สนใจจนกระทั่งกลางปี 1950s เมื่อนักวิจัยพบสารฆ่าแมลงมี anticholinesterase activity และเฉพาเจาะจงมากและมีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อยกว่า organophosphorus esters เมื่อนำไปใช้ จึงทำให้เกิดการสังเคราะห์ aryl esters ของ methyl carbamic

acid และสารนี้ก็กลายมาเป็นยาฆ่าแมลงในปี 1960s และ 1970s และสารกลุ่ม carbamate ก็ถูกสังเคราะห์ขึ้นจำนวนมาก และตลาดของยาฆ่าแมลงก็ถูกจำกัดให้มีน้อยกว่า 20 สาร

Torres-Vila และคณะ (2002) *Helicoverpa armigera* เป็นศัตรูพืชที่พบมากในพืชผลที่เก็บเกี่ยวใน europe, africa, asia และ australia จึงมีการนำยาฆ่าแมลงมาควบคุมตลอดฤดูกาล ซึ่งทำให้ยาฆ่าแมลงตกค้าง ยาฆ่าแมลงในการต้าน *H. armigera* มีข้อจำกัด สารฆ่าแมลง 11 ตัว ได้แก่ endosulfan, carbamates (carbaryl, methomyl, thiodicarb) และ organophosphates (chlorpyrifos, fenitrothion, methamidophos, azinphos-methyl, trichlorphon, acephate, monocrotophos) ได้ถูกนำมาทดลองใช้ 97% ของสารฆ่าแมลงแสดงค่า RF=1, RF=11-18 ความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงค่า RF=2-10 (157 of 162, 97%) carbamates มีความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงปานกลาง (carbaryl, methomyl and/or thiodicarb) ความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงของ *H. armigera* ใน spain ไม่สูงมากและไม่เป็นที่แพร่หลายเท่ากับพื้นที่อื่น ๆ ในโลก

Gupta (2007) organophosphates (OPs) and carbamates (CMs) ใช้เป็นสารกำจัดแมลงในการเกษตร อุตสาหกรรมใช้ตามบ้านและสวนทั่วโลก สารเคมีทั้งสองกลุ่มเป็นพิษโดยยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งจะไปขัดขวาง neurotransmitter acetylcholine (ACh) ที่ synapses ในเนื้อเยื่อประสาท และที่ neuromuscular junctions สารเคมีนี้เปรียบเสมือน anticholinesterases organophosphate (OP) and carbamate (CM) เป็นสารฆ่าแมลงที่ทันสมัยในการเกษตร Rachel Carson ได้ตีพิมพ์เกี่ยวกับสารฆ่าแมลงกลุ่ม organochlorine (OC) จำนวนมากเนื่องจากตกค้างในสิ่งแวดล้อม ในขณะที่ มีการใช้สารกลุ่ม OPs และ CMs อย่างแพร่หลายเพราะสลายตัวได้ง่ายในสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามแม้สารกลุ่ม OPs และ CMs สลายตัวได้เร็วและสะสมน้อยในสิ่งแวดล้อมสารกลุ่มนี้เป็นพิษต่อมนุษย์มากกว่าสารฆ่าแมลงกลุ่ม OC และเนื่องจากความเป็นพิษของสารกลุ่มนี้ต่อสุขภาพ รัฐบาลกลางจึงกำหนดระดับของสารฆ่าแมลงตกค้างที่อนุญาตให้มีในอาหาร อาหารสัตว์ และสิ่งแวดล้อม และกำหนดระดับสารฆ่าแมลงตกค้างในตัวอย่างอื่น ๆ

Zawiyah และคณะ (2007) ศึกษาสารฆ่าแมลงกลุ่ม organochlorine และ pyrethroid ที่ตกค้างในผลไม้และผักจากตลาดในมาเลเซีย ใช้ Gas chromatography (GC-ECD) ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของสารฆ่าแมลงตกค้างและใช้ SAX/PSA เป็น clean-up ตรวจพบ cypermethrin ในตัวอย่างผัก 38 ตัวอย่างจาก 302 ตัวอย่างด้วยค่าเฉลี่ย 0.47 mg/kg ค่าเฉลี่ยของ cypermethrin ใน tomato, chinese parsley, chinese celery, chilli, brinjal, french beans, green mustard และ capsicum อยู่ในช่วง 0.16 ถึง 1.48 mg/kg ค่าเฉลี่ยของทุกตัวอย่างต่ำกว่าค่าสูงสุดที่อนุญาตให้ตกค้างได้ (MRLs) ขององค์การอาหารของมาเลเซีย ส่วนตัวอย่างผลไม้ 206 ตัวอย่าง

Baimark และ Niamsa (2009) การตกตะกอนและสมบัติการต้านจุลชีพของน้ำส้มควันไม้ ในกระบวนการเตรียม *Hevea brasiliensis* แผ่นยางธรรมชาติถูกศึกษาและเปรียบเทียบกับกรดฟอร์มิกและกรดแอซิดิก น้ำส้มควันไม้จาก biomasses ได้แก่ พบว่า plasticity retention index, Mooney viscosity และ mechanical properties of NR coagulated ของน้ำส้มควันไม้ เหมือนกับใช้กรดแอซิดิกและดีกว่าใช้กรดฟอร์มิก ประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพของน้ำส้มควันไม้วัดจากพื้นที่การเจริญเติบโตของเชื้อราในแผ่น NR เรียงตามลำดับดังนี้: เปลือกในของมะพร้าว > ไม้ไผ่ \approx ไม้ยูคาลิปตัส > กรดแอซิดิก \approx กรดฟอร์มิก ประสิทธิภาพในการต้านจุลชีพของน้ำส้มควันไม้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารประกอบ phenolic และยืนยันการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Penicillium griseofulvum* บน potato dextrose agar