บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันเกษตรกรในประเทศไทยได้มีการใช้สารปราบศัตรูพืชกันอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการของประชากร ซึ่งบางครั้งอาจจะมีการใช้สารปราบศัตรูพืชมากเกินความจำเป็น จึงพบว่าอัตราการใช้สารปราบศัตรูพืชสูงขึ้นทุกปี ด้วยเหตุนี้ทำให้เกษตรกรมีโอกาสสัมผัสพิษจากสารปราบศัตรูพืชจากการทำเกษตรกรรมสูงขึ้นเช่นเดียวกัน เนื่องจากกลุ่มเกษตรกรเหล่านี้ได้ใช้สารปราบศัตรูพืชอยู่เป็นประจำนั้น ทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมตามมา ถ้าหากมีการใช้สารปราบศัตรูพืชโดยขาดความระมัดระวังเท่าที่ควร จะก่อให้เกิดปัญหาสารปราบศัตรูพืชตกค้างทั้งในอากาศ น้ำ และดิน (อู่แก้ว, 2531) อย่างไรก็ตามปัญหาเรื่องพิษภัยอันตรายจากสารปราบศัตรูพืช ยังคงมีแนวโน้มอยู่ในระดับสูง และคงจะมีอัตราที่ไม่ลดลงในช่วงระยะเวลานี้ สารปราบศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้สามารถแบ่งออกตามกลุ่มของสารปราบศัตรูพืชได้เป็น กลุ่มออร์กาโนคลอรีน กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มคาร์บาเมต กลุ่มไพรีทรอยด์ กลุ่มสารยับยั้งการลอกคราบ กลุ่มสารรมควันและกลุ่มสารปราบศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งไม่สามารถจัดอยู่ในกลุ่มใด ๆ ที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งสารปราบศัตรูพืชเหล่านี้กลุ่มที่เกษตรกรนิยมใช้กันมากที่สุด คือสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ปัจจุบันประเทศไทยมีการใช้อยู่มากกว่าประมาณ 65 ชนิด รองลงมาคือสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตที่ใช้อยู่มากกว่า 27 ชนิด การใช้สารปราบศัตรูพืชทั้งสองกลุ่มเมื่อรวมแล้วประมาณเกือบร้อยละ 80 ของสารปราบศัตรูพืชทั้งหมด สถิติการนำเข้าของสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ใน พ.ศ. 2533 พบว่า สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ปริมาณ 5,390 ตัน และกลุ่มสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต 2,441 ตัน ตามลำดับ (วิชาการเกษตร, กรม, 2533) ซึ่งคาดว่าในอนาคตยังคงมีการใช้สารปราบศัตรูพืชทั้งสองกลุ่มอีกต่อไป จากการออกฤทธิ์ค่อนข้างรวดเร็ว (พาลาก, 2535 ; Chamer and Levi, 1992) ทำให้อาจมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ จำเป็นต้องหาวิธีที่เหมาะสมที่จะทดสอบหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด เพราะว่าสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส สามารถตรวจวัดระดับเอนไซม์ดังกล่าวในเลือดได้ โดยเฉพาะเอนไซม์ชนิดสูโดโคลีนเอสเตอเรส (pseudocholinesterase) สามารถตรวจวัดได้ดีกว่าชนิดทรูโคลีนเอสเตอเรส (Ture cholinesterase) เพราะฉะนั้นถ้าสามารถแยกน้ำเลือดออกมาได้ควรตรวจชนิดสูโดโคลีนเอสเตอเรสแทนชนิดชนิดชนิดทรูโคลีนเอสเตอเรส (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538) สารปราบศัตรูพืชบางชนิดมีผลกระทบต่อการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด (Plasma cholinesterase) หรือการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง (Erythrocyte cholinesterase) สารปราบศัตรูพืชบางชนิดมีผลกระทบต่อ

เลือดทั้งชนิดในเลือด และในเม็ดเลือดแดง เป็นต้น (Lotti, 1995) สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต นั้นจะออกฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสชั่วคราวหลังการสัมผัสสารกลุ่มนี้ระยะเวลาหนึ่ง (Hayes, 1992) ส่วนสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น จะออกฤทธิ์ภายหลังการสัมผัสถาวรและยาวนานกว่าชนิดคาร์บาเมต (Smith, 1974 ; Wilson, 1996)

การตรวจหาระดับการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ทำได้โดยการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและเม็ดเลือด ซึ่งหากได้รับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มนี้สูง จะทำให้มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำ การทำงานของกล้ามเนื้อจะเสียไป ดังนั้นการตรวจหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดและในเลือด จะสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ความรุนแรงของการได้รับสารปราบศัตรูพืชได้ (Trundle and Marcial, 1988) ดังนั้นถ้าตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดต่ำลง แต่ระดับในเม็ดเลือดแดงยังคงอยู่ในเกณฑ์ปกติ แสดงว่าคนไข้ได้รับพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเพียงเล็กน้อย ให้หยุดพักงานระยะหนึ่งอาการจะดีขึ้น ถ้าตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดอยู่ในเกณฑ์ปกติ แต่ในระดับเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าปกติ แสดงว่าคนไข้ได้รับสารปราบศัตรูพืชเข้าไปค่อนข้างมาก คนไข้ต้องหยุดงานและสมควรได้รับการตรวจรักษาด้วย ถ้าตรวจพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด และในเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าปกติ แสดงว่าได้รับสารปราบศัตรูพืชรุนแรงมาก ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสปกติในเลือดมนุษย์ในเพศหญิงและชายจะแตกต่างกัน คือ ในเพศชาย ระดับปกติในเลือด 88 - 137 หน่วย ระดับปกติในเม็ดเลือดแดง 187 - 303 หน่วย ในเพศหญิง ระดับปกติในเลือด 81 - 135 หน่วย ระดับปกติในเม็ดเลือดแดง 167 - 302 หน่วย ตามลำดับ (ปกรณ์ และโกมล, 2524)

Ames et al. อธิบายถึงเหตุผลจากการศึกษาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกลุ่มเกษตรกรจากรัฐแคลิฟอร์เนีย ในปี ค.ศ. 1988 ซึ่งศึกษาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและในเม็ดเลือดแดง พบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือด ถูกยับยั้งการออกฤทธิ์เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 50 เป็นร้อยละ 60 ส่วนระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 60 เป็นร้อยละ 70 ในช่วงเดียวกัน (Ames et al., 1989) Wu et al. รายงานผลการศึกษาการทดสอบหาระดับเอนไซม์โคลีน เอสเตอเรสในเลือด ในกลุ่มคนงานที่มีอาชีพทำงานในโรงงานผลิตสารปราบศัตรูพืช จำนวน 43 คน จากทั้งหมด 515 คน พบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของกลุ่มทดลองลดลงมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งพบว่าไม่มีผู้ใดมีอาการผิดปกติจากสารปราบศัตรูพืชในกลุ่มควบคุม (Wu et al., 1989) Areckul et al. รายงานว่าการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด สามารถวินิจฉัยได้ดีในกลุ่มผู้ป่วยเฉียบพลัน เพราะว่าร่างกายมีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว (Areekul et al., 1981) โดยปกติการทดสอบระดับเอนไซม์โคลีนเอส

เตอเรสในเลือดนั้น สามารถปฏิบัติได้โดยการตรวจตัวอย่างเลือดทางห้องปฏิบัติการ ข้อจำกัดของการทดสอบโดยวิธีนี้คือใช้เวลาค่อนข้างนาน หรือแม้แต่การส่งคนงานจากพื้นที่ไปตรวจที่โรงพยาบาลก็ทำให้สูญเสียเวลาในการเดินทาง และการรอผลการทดสอบค่อนข้างนานเช่นเดียวกัน (Ames et al., 1989)

การตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ด้วยวิธีต่าง ๆ จะประสบความสำเร็จอย่างยิ่งหากสามารถนำผลการศึกษา ไปเป็นประโยชน์เพื่อประกอบการตัดสินใจอนุญาตคนงานให้กลับเข้าไปทำงานในพื้นที่เดิมได้ เพราะฉะนั้นการทราบผลการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างรวดเร็วจะเป็นผลดีสำหรับการป้องกันสุขภาพต่อคนงานอื่น ๆ ในอนาคตได้อีกด้วย มีผู้ศึกษาหลาย ๆ ท่านได้พยายามประยุกต์วิธีการตรวจวัดระดับโคลีนเอสเตอเรสในเลือด ที่จะทำให้มีความสะดวกยิ่งขึ้น และนำผลไปสนับสนุนการตัดสินใจประเมินสภาวะสุขภาพของคนงาน (Keifer and Ellen,1997)

ปัจจุบันมีวิธีการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและเม็ดเลือดแดงอยู่หลายวิธี เช่น สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) อิเลคโตรมิเตอร์ (electrometer) คัลเลอริมิเตอร์ (colorimeter) มาโนเมตริค (manometric) ทินโทเมตริค (tintometric) เรดิโอเมตริค (radiometric) เป็นต้น

วิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ได้มีผู้ศึกษาหลายท่านนำวิธีนี้มาใช้ทดสอบตรวจวัดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส การตรวจวัดใช้หลักการทำปฏิกริยาของการจับตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของสารตั้งต้นกับอะเซตทิลโคลีน คือ กรดอะซิติก กับ อินดิเคเตอร์ ชนิดต่าง ๆ เช่น ฟีนอล เรด (phenol red) และ บรอมไธมอล บลู (Bromthymol blue) ระดับของเอนไซม์จะได้จากอัตราการดูดแสงของสารละลายเริ่มต้น และเมื่อสิ้นสุดการตรวจไปอ่านค่าจากความโค้งของกราฟ เป็นต้น (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539) เพื่อวัดการเปลี่ยนสี ยังมีวิธีการทางสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงของระดับสารตั้งต้นโดยตรงเลย เช่นวิธีของแอลแมน (Ellman) ซึ่งเปลี่ยนสารซับเสตรท อะเซตทิลโคลีน (Substrate acetylcholine) เป็น อะเซตทิลไทโคลีน (Acetyl thicholine) ซึ่งเป็นสารที่สามารถสังเคราะห์ได้ โดยมีปฏิกิริยาเคมีดังนี้ อะเซตทิลไทโอโคลีน (Acetyl thiocholine) กรดอะซิติค ไทโอโคลีน (Acetic acid thiocholine) ⟶ ไทโอโคลีน (Thiocholine) + กรดไดไธโอบิสไนโตรเบนโซอิค (Dithiobisnitrobenzoic acid) จนกลายเป็นสีเหลือง (Yellow color) นิยมตรวจตรวจวัดภายในห้องปฏิบัติการเท่านั้น Meuling et al. ทำการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการตรวจวัดหาเอนไซม์ซูโดโคลีนเอสเตอเรสในกลุ่มเกษตรกรที่มีการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มที่มีการยับยั้งการออกฤทธิ์ของเอนไซม์ชนิดนี้ ตรวจวัดโดยวิธีของ

แอลแมน คัลเลอริเมตริค (Ellman's colorimetric) และเปรียบเทียบกับซับสเตรททั้ง 3 ชนิด ที่ถูกนำมาทดสอบ พบว่าได้ผลดีที่สุด คือ ซับสเตรทชนิดพิวรีริลไทโคลีนและอะซิทิล (เบตา-เมทิล) ไทโคลีน ยังพบว่าตัวอย่างเลือดที่ถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 18 เดือน การออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสยังไม่ถูกทำลาย (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย. 2539 ; Ellman, 1961 ; Meuling et al., 1992)

Michel ได้ศึกษาวิธีการตรวจวัดระดับเอนไซม์เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดโดยวิธีอิเลคโตรเมตริค (electrometric) เพื่อตรวจหาระดับเอนไซม์ดังกล่าว โดยดูจากค่าความเปลี่ยนแปลงของพีเอชของ สารละลายที่ใช้ตรวจ ซึ่งใช้เวลาทดสอบภายในเวลา 90 นาที ในปี ค.ศ. 1952 Nolfsic และ Winter ได้ดัดแปลงวิธีการตรวจหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยใช้ระดับเลือดในการตรวจวัดน้อยลง ซึ่งสามารถใช้เลือดจากปลายนิ้วแทนการใช้เลือดจากเส้นเลือดดำที่ข้อพับ นอกจากนั้นในปี ค.ศ. 1966 Witter ได้ดัดแปลงวิธีการของ Michel โดยสามารถลดเวลาในการตรวจตรวจวัดลงได้จาก 90 นาที เหลือ 60 นาที ในปี ค.ศ. 1963 (Witter, 1963)

ในปี 1953 Limperos และ Ranta ได้ทำการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสโดยวิธีที่เรียกว่าวิธีวิชวล คัลเลอริเมตริก (Visual colorimetric) มาใช้โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนสีของ อินดิเคเตอร์ คือ บรอมไทมอล บลู (Bromthymol blue) (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539) ต่อมา Gurry และ Holmstead ได้ศึกษาวิธีการตรวจสอบอย่างง่ายคือการตรวจตรวจวัดระดับเอนไซม์โดยกระดาษทดสอบที่เรียกว่า Substrate - impregnated indicator paper ขึ้นมาใช้ ซึ่งนับว่าวิธีที่ง่ายในการทดสอบ ใช้เวลาค่อนข้างน้อย ไม่ซับซ้อน (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539 ; Ryhanen and Hanninen, 1987) จากการศึกษาพบว่าวิธีอิเลคโตรนิเตกร์และคัลเลอริมิเตกร์ เหมาะสมสำหรับการเฝ้าระวังและการวิจัยภาคสนามในประเทศที่พัฒนาแล้ว และเหมาะสมต่อการเปรียบเทียบอ้างอิงกับผลในห้องปฏิบัติการของประเทศกำลังพัฒนาในการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดในกลุ่มคนที่ทำงานที่พื้นที่เสี่ยง

Witter et al. ได้ศึกษาเพื่อตรวจระดับเอนไซม์ด้วยวิธีมาโนเมตริก (Manometric method) ซึ่งระดับเอนไซม์ขึ้นอยู่ที่ระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซม์ วิธีนี้ใช้เวลาค่อนข้างสั้นประมาณ 20-30 นาที (Witter et al., 1963)

ส่วน McConnell and Magotti นั้นได้ศึกษาระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส จากกลุ่มเกษตรกร จำนวน 79 คน โดยวิธีทินโทเมตริก โคลีนเอสเตอเรสคิต (Tintometric cholinesterase kit) เปรียบเทียบกับการตรวจวัดทางห้องปฏิบัติการ พบว่าทั้งสองวิธีมีค่าสหสัมพันธ์ดีมาก (McConnell et al., 1990 ; McConnell and Magnotti, 1994) ส่วน Frakhri ทำการศึกษาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเกษตรกรที่สัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต โดยวิธีทินโทเมตริก มีระดับอุณหภูมิในบรรยากาศสูงสุดและต่ำสุดในวันที่ทำการเก็บข้อมูลคือ 78-99 องศาฟาเรนไฮท์ ส่วนค่าความชื้นในช่วงเช้าและช่วงบ่ายเท่ากับ ร้อยละ 82 และร้อยละ 40 ตามลำดับ ซึ่งได้ตรวจวัดค่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส 3 ช่วง คือ ก่อนที่จะทำการพ่นสารปราบศัตรูพืชดังกล่าว 2 วัน หลังจากนั้น 13 วัน และ 42 วัน ตามลำดับ พบว่า ค่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในวันที่ 11 ของช่วง 13 วันแรกนั้นลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สิ่งที่จะเป็นเกณฑ์เพื่อพิจารณาว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งในระดับเล็กน้อย ปานกลาง และรุนแรง นั้นสอดคล้องกับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสว่าลดลงร้อยละ 25 หรือ ร้อยละ 37.5 หรือ ร้อยละ 50 ตามลำดับ (Fakhri, 1993) การสัมผัสกับสารปราบศัตรูพืชนั้นมีโอกาสเสี่ยงสูงที่ทำให้ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลงอย่างมาก เช่น การศึกษากลุ่มเกษตรกร 1,680-3,800 คน ในช่วง ค.ศ. 1981-1991 พบว่า คนงานจำนวน 150 คน หรือร้อยละ 44 ที่มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลง จำเป็นที่จะต้องย้ายคนงานกลุ่มนี้ออกจากพื้นที่เสี่ยงอย่างรวดเร็ว (Yeary et al., 1993)

วิธีที่ได้ถูกนำมาใช้ตรวจวัดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดยังมีอีกหลายวิธีด้วยกันเช่นวิธีเรดิโอเมตริค (Radiometric) เป็นวิธีที่มีการใช้ C^{14} - labelled Substrate โดยระดับเอนไซม์ที่ตรวจวัดกำหนดได้จากระดับรังสีที่หายไปในระหว่างการเกิดปฏิกริยาทางเคมีในการย่อยสลายซับเสตรตของเอนไซม์ (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539)

Ryhanen and Hanninen นั้น ได้ทำการศึกษาตรวจวัดระดับเอนไซม์ชนิดสูโดโคลีนเอสเตอเรส ที่นิยมอีกวิธีหนึ่งคือวิธีการเซนตริฟิวส์ เพื่อแยกเม็ดเลือดแดงออกจากเลือดและตรวจวัดในสนาม ศึกษาโดยการเปรียบเทียบการตรวจวัดทั้งสองวิธีคือ วิธีการใช้กระดาษทดสอบ และวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่า มีความสัมพันธ์กันและการทดสอบโดยใช้กระดาษทดสอบนั้นมีความแม่นยำสูงมากเมื่อใช้ทดลองในภาคสนาม (Ryhanen and Hanninen, 1987) และในปี พ.ศ. 2530 กองอาชีวอนามัยได้ศึกษา และพัฒนาวิธีการทดสอบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสโดยกระดาษทดสอบ เรียกว่า "Reactive paper" มาใช้ตรวจวัดเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด ซึ่งใช้เวลาตรวจที่ค่อนข้างสั้นประมาณ 7 นาที ทางกองอาชีวอนามัยยังได้ทดลองใช้การตรวจวัดด้วยกระดาษทดสอบ เพื่อใช้เฝ้าคุมอันตรายในกลุ่มเกษตรกรที่มีการใช้สารปราบศัตรูพืชตั้งแต่ปี 2532 เป็นต้นมา (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539)

การตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสด้วยเทสต์คิตนั้น เป็นวิธีหนึ่งที่กำลังเป็นที่นิยมในการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและเม็ดเลือดแดง เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่แพงและเป็นที่ยอมรับจากเกษตรกร นอกจากนั้นยังมีความแม่นยำค่อนข้างสูง รวมทั้งเป็นเครื่องมือที่สามารถหิ้วไปยังพื้นที่ที่ทำการตรวจได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เครื่องมือชนิดเทสต์เมท โอพี คิต (Testmate OP Kit) เป็นเครื่องมือหิ้วชนิดใหม่ที่ใช้ทดสอบหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด ออกแบบเพื่อความเหมาะสมของการทดสอบในสภาพแวดล้อมในภาคสนาม (Magnotti et al., 1988) ซึ่งอาจจะเป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เครื่องมือชนิดนี้ใช้หลักการการกระจายของแสงไปยังความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืช สามารถตรวจวัดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสทั้งในเลือดและในเม็ดเลือดแดง โดยใช้เลือดจากปลายนิ้ว หรือเลือดจากข้อพับ จากการศึกษาการใช้เครื่องมือในกลุ่มเกษตรกรที่สัมผัสสารปราบศัตรูพืชในประเทศเม็กซิโกโดยการใช้เครื่องมือชนิดนี้นั้นมีความแม่นยำมากกว่าการตรวจทางห้องปฏิบัติการ การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาคาดหวังว่าเป็นอย่างยิ่งว่า ความสามารถของเครื่องมือต่อการตรวจวัดฮีโมโกลบินมีความแม่นยำสูงมากเช่นเดียวกัน (McConnell et al., 1992)

ส่วนการศึกษาของกองอาชีวอนามัย, กรมอนามัย ได้ศึกษาความสัมพันธ์การตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงด้วยชุดเทสต์เมต โอพีคิต (Test Mate OP Kit) โดยน้ำยาชุดตรวจโอริจินอล รีเอเจนท์ (Original reagent) กับผลการตรวจตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดด้วยกระดาษทดสอบ พบว่าค่า r = 0.862 ซึ่งแสดงว่าผลการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์ค่อนข้างมากและเป็นไปในทางเดียวกัน (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539)

ชุดตรวจวัดชนิดอีคิวเอ็ม เทสต์เมต โอพี คิต (EQM Testmate OP Kit) เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดชนิดใหม่สามารถหิ้วไปตรวจในภาคสนามได้สะดวก (Magnotti et al., 1988) ปัจจุบันนี้มีผู้นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เพื่อทดสอบการถูกยับยั้งการออกฤทธิ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสภายในภาคสนาม ซึ่งหลักการทำงานของอีคิวเอ็ม เทสต์เมทนั้น ใช้วิธีการของแอลแมน (Ellman) โดยสารอะเซตทิลไธโอโคลีน (acetylthiocholine) หรือบูไทริลไธโอโคลีน (butyrylthiocholine) จะถูกไฮโดรไลซ์โดยโคลีนเอสเตอเรสในเลือดและเม็ดเลือดแดง ตามลำดับ กรดคาร์บอกซิลิค (Carboxylic acid) และ ไทโอโคลีน (thiocholine) ซึ่งจะทำปฏิกริยากับสารรีเอเจนท์ (Ellman reagent) กรดไทโอไนโตรเบนโซอิค (Dithionitrobenzoic acid) จนกลายเป็นสีเหลือง ซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยวิธีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 450 nm (Magnotti et al., 1988)

ค่าความผิดพลาดของผลการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดโดยวิธีชุดตรวจแบบกระเป๋าหิ้วชนิดต่าง ๆ อาจจะเป็นตัวแปรปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อการทดสอบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดหลายประการ คือ

การปนเปื้อนของผิวหนังจากสารปราบศัตรูพืชในขณะที่ทำการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ผลการศึกษาผิดผลาด ซึ่ง London ทำการศึกษาแบบภาคตัดขวางโดยใช้เทสต์เมทเพื่อทดสอบหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดกับวิธีทางห้องปฏิบัติการ โดยการเก็บตัวอย่างเลือดหนึ่งครั้งจากกลุ่มที่สัมผัสสารปราบศัตรูพืชและไม่สัมผัสสารปราบศัตรูพืช และเปรียบเทียบค่าระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงและในเลือดผลจากการตรวจวัดทั้งสองวิธีหลาย ๆ ครั้ง ด้วยเครื่องเทสต์เมทพบว่า ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดไม่ค่อยดีเท่าที่ควรเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีทางห้องปฏิบัติการ (London et al., 1995) การใช้เลือดที่ปลายนิ้วเพื่อนำไปตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส คาดว่าผิวหนังอาจมีการปนเปื้อนสารปราบศัตรูพืชก่อนทำการตรวจวัด ทำให้ได้ผลที่ได้ไม่แม่นยำเท่าที่ควร ไม่เหมือนกับการเก็บตัวอย่างจากเส้นเลือดดำซึ่งเลือดจะถูกส่งถ่ายไปที่หลอดเก็บตัวอย่างโดยตรง Rasmussen et al. ได้ศึกษาปรากฏการณ์การถูกยับยั้งของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในกลุ่มคนงาน เมื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างเลือดที่เจาะจากปลายนิ้วและเส้นเลือดดำ (Rasmussen et al., 1965) ขณะทำการศึกษาพบว่าจะเกิดการปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืชที่ผิวหนัง พบว่าเลือดมนุษย์ที่ปนเปื้อนสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตยังคงหลงเหลือสารดังกล่าวในเลือด ภายหลัง 10 วินาทีที่มีการสัมผัส จึงสรุปว่าสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ที่ปนเปื้อนอยู่ที่ผิวหนังในระหว่างที่เก็บตัวอย่างเลือดจะมีผลกระทบต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและเม็ดเลือดแดงที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Yuknavage, 1995) การศึกษาอื่น ๆ สนับสนุนว่าสารปราบศัตรูพืชอาจจะปนเปื้อนอยู่ที่มือทั้ง ๆ ที่ทำความสะอาดแล้วอย่างดี (Kazen et al., 1974) เพราะฉะนั้นประเด็นปัญหาจากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความผิดพลาดของผลจากการตรวจวัดที่เกิดจากการปนเปื้อนของผิวหนังจากสารปราบศัตรูพืช ทำให้เกิดปฏิกริยายับยั้งระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดมากขึ้น ส่วนการศึกษาเปรียบเทียบโดยวิธีเทสต์คิต (Test kit) กับวิธีออฟ ติคอล เพลท รีดเดอร์ (Optical plate reader) พบว่ามีความสัมพันธ์กันมาก มีค่า r = 0.932 (Henderson et al., 1993)

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในบรรยากาศ อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่มีผลกระทบทำให้ผลการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส มีค่าผิดพลาดจากความเป็นจริงได้ (Baron, 1991)

ระยะเวลาเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการออกฤทธิ์ของสารปราบศัตรูพืชต่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ซึ่งระดับเอนไซม์ที่ถูกยับยั้งโดยสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นทราบกันดีว่าการออกฤทธิ์ค่อนข้างสั้นและถูกทำลายได้อย่างรวดเร็ว และเป็นสารที่ยับยั้งการออกฤทธิ์ของระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างชั่วคราว (Baron, 1991) จะถูกเมตาบอไลท์รวมทั้งกำจัดออกจากร่างกายได้ค่อนข้างมากและรวดเร็ว ส่วนสารปราบศัตรูพืชออร์กาโนฟอสเฟตจะยับยั้งการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอย่างถาวรตลอดชั่วอายุขัย ซึ่งระยะเวลาดังกล่าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสารปราบศัตรูพืช (Smith, 1974)

พบว่าปัจจัยอื่น ๆ อาจจะมีผลต่อการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด เช่น ระดับของพีเอช ซึ่งเคยมีการศึกษาในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับการตรวจหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดด้วยวิธีทดสอบที่นิยมใช้ในภาคสนาม พบว่า การตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในภาคสนามจะมีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงค่าเดิมกว่าวิธีทางห้องปฏิบัติการ นับว่ามีความสำคัญและแม่นยำมากขึ้นเพราะสามารถตรวจวัดในภาคสนามได้รวดเร็วกว่าการศึกษาโดยวิธีอื่น ๆ ที่ตรวจวัดภายใต้สภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ ส่วนการศึกษาเปรียบเทียบวิธีเทสต์เมท และวิธีพีเอช เบส โลวิบอน ทินโทเมตริคคิต (pH based lovibond tintometric kit) นั้น McConnell et al. พบว่า ความไวและความจำเพาะเจาะจงของเทสต์เมท จะมีมากกว่าวิธีพีเอช เบสฟิลด์ (pH-base field method) (McConnell et al., 1994)

2.1 ปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

จากการศึกษาของนักวิชาการหลาย ๆ ท่านนั้น พบว่าปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรได้รับอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชมีหลายประการเช่น พฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชของเกษตรกรที่ไม่เหมาะสม มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น ระดับความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืช รวมทั้งปัจจัยภายในตัวบุคคล เช่น ความรู้ การศึกษา ทัศนคติ อายุ เพศ และระยะเวลา เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชของเกษตรกร จะทำให้มีอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกรแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่เกษตรกรมีการใช้สารปราบศัตรูพืชโดยปราศจากความระมัดระวัง และมีความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ จะทำให้มีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมและสุขภาพอนามัยอย่างต่อเนื่อง ดังผลการศึกษากลุ่มเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา โดยส่วนใหญ่มีการปฏิบัติตัวขณะใช้สารปราบศัตรูพืชไม่ถูกต้อง ร้อยละ 93 พบว่าเกษตรกรจะอาบน้ำ ฟอกสบู่ และเปลี่ยนเสื้อผ้าทันทีหลังฉีดพ่นยา ร้อยละ 79 ใช้ผ้าหรืออุปกรณ์ปิดจมูกร้อยละ 70 ส่วนการสวมรองเท้า และถุงมือมีเพียงร้อยละ 31 และ 12 ตามลำดับ เคยแพ้และไปรักษาที่โรงพยาบาล หรือสถานีอนามัย ร้อยละ 31 (สาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา, สำนักงาน, 2532) เกษตรกรร้อยละ 6

มักจะใช้มือเปล่าคนสารปราบศัตรูพืชก่อนฉีดพ่นและร้อยละ 31 สวมเสื้อผ้าไม่รัดกุม (ศิริวิไล, 2527) ปทีป ศิริโพธิ์ และคณะศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยการใช้กระดาษทดสอบพิเศษ พบว่า การปฏิบัติตนเองและพฤติกรรมในการป้องกันตนเองมีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (ดรุณี, 2526 ; ปทีปและคณะ, 2533) นอกจากนั้นการใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลและการแต่งกายของเกษตรกรในขณะใช้สารปราบศัตรูพืชยังมีความสัมพันธ์กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอีกด้วย (ปทีปและคณะ, 2533 ; วาณี, 2536) สมชาย นาคะพินธุ และคณะ ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชในเกษตรกรสวนผักในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรชาวสวน จำนวน 170 คน โดยวิธีการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรสวนผักส่วนใหญ่มีการพ่นสารปราบศัตรูพืชป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตอนเย็น ฉีดพ่นทั้งช่วงเช้าช่วงเย็น ร้อยละ 22.94 ซึ่งส่วนใหญ่มีการปิดปากและจมูกมีเพียงร้อยละ 10.59 ที่มีการแต่งกายมิดชิดขณะพ่นสารปราบศัตรูพืช และหลังจากการฉีดพ่นแล้วส่วนใหญ่ร้อยละ 94.12 จะอาบน้ำทำความสะอาดร่างกายทันที (สมชาย, 2537)

ส่วนกองอาชีวอนามัยศึกษาปัญหาอาชีวอนามัยในเกษตรกรชาวสวนมะลิ จังหวัดนครปฐม พบว่า ร้อยละ 50 ของกลุ่มที่มีการปฏิบัติตัวเพื่อป้องกันอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชดังกล่าว ชาวสวนร้อยละ 1.04, 0.69 และ 2.80 มีการใช้ผ้าปิดจมูก สวมถุงมือ และรองเท้า ตามลำดับ (กองอาชีวอนามัย, กรมอนามัย, 2530) Fredric และ Miller ได้ค้นพบว่าผู้ป่วยที่เจ็บป่วยจากสารปราบศัตรูพืชในรัฐอิลินอยด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา ร้อยละ 25 ทำอาชีพเกษตรกรรมซึ่งมีสาเหตุการเจ็บป่วยเนื่องจากพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชไม่เหมาะสม (Fredric and Miller, 1990) นอกจากนั้นมีรายงานว่าผู้ป่วยได้รับสารปราบศัตรูพืชสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ชนิดเตตรา เอทธิล ไพโรฟอสเฟต (Tetra ethyl pyrophosphate) และเฮกซาโอทิล เตตราฟอสเฟต (Hexa othyl tetraphosphate) โดยมีสาเหตุจากพฤติกรรมการใช้ไม่ถูกต้อง โดยเฉพาะในช่วง ค.ศ. 1950 มีผู้ป่วยได้สารปราบศัตรูพืชจากสารพาราไธออน จำนวน 168 คน ซึ่งมีผู้เสียชีวิต จำนวน 7 คน (Hunter, 1976) ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มีอีกหลายประการ เช่น

1. ระดับความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืช เกษตรกรจำนวนไม่น้อยที่ใช้สารปราบศัตรูพืชที่มีขนาดมากเกินไปและขนาดที่ใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อสนองต่อความต้องการในผลผลิตที่มากขึ้น ดังเช่นการศึกษาของศิริวิไล แสงจันทร์โอภาส พบว่าร้อยละ 78 ของเกษตรกร ผสมสารปราบศัตรูพืชเข้มข้นกว่ากำหนด (ศิริวิไล, 2527) ทำให้เกษตรกรมีโอกาสได้รับอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชมากขึ้น ซึ่งจากการทดสอบค่าความเป็นพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตกับหนู พบว่าค่าความเป็นพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิดมีค่าแตกต่างกัน (สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย, 2538)

ตารางที่ 2-1 ค่าความเป็นพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตบางชนิด

สารปราบศัตรูพืช	LD 50 (มก./กก.) ในหนู (ตัวผู้)	
	ทางปาก	ทางผิวหนัง
ทีอีพี	1.1	2.4
เมวินฟอส	6.1	4.7
พาราไทออน	13	21
เมทิลพาราไทออน	14	67
ไดคลอวอส	80	107
ไดอะซินอน	108	200
ไดเมโทเอต	215	260
พาลาไทออน	1,375	>4,444

2. ความรู้ จากการศึกษาของวิศิษฐ์ วัชรเทวินทร์กุล พบว่าระดับความรู้ ไม่มีผลทำให้การปฏิบัติในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (วิศิษฐ์, 2523) ส่วนชูพร เครือตาชู พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ และทัศนคติเกี่ยวกับการใช้สารปราบศัตรูพืชไม่ถูกต้องนัก หากเกษตรกรยังไม่มีความรู้ถูกต้องตามหลักวิชาการ จึงมีวิธีการปฏิบัติตัวและการใช้สารปราบศัตรูพืชเพื่อการเกษตรไม่ถูกวิธี (ชูพร, 2528)

3. ระดับการศึกษา จากการศึกษาของอุกฤษ พัชราภา พบว่าเกษตรกรที่มีความแตกต่างกันในระดับการศึกษา จะทำให้เกษตรกรมีทัศนคติในการใช้สารปราบศัตรูพืชแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อุกฤษ, 2531) ส่วนรัฐ จำปาทอง พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติเมื่อบริโภคผักของแม่บ้าน พบว่าระดับการศึกษาสูงกว่า มศ. 3 เป็นปัจจัยตัวหนึ่งที่กำหนดความรู้ ทัศนคติ และการปฏิบัติตัวของแม่บ้าน (รัฐ, 2528) ซึ่งสอดคล้องกับ เสาวณีย์ ใจเที่ยง พบว่าการใช้สารปราบศัตรูพืชป้องกันและกำจัดแมลงของแม่บ้านจะถูกต้อง และไม่ถูกต้องแตกต่างกันตามระดับการศึกษา (เสาวณีย์, 2531) เช่นเดียวกับ Rosenstock พบว่าระดับการศึกษาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการกำหนดพฤติกรรมในการป้องกันสุขภาพอนามัย (Rosenstock, 1991) ส่วนการศึกษาของวิศิษฐ์ วัชรเทวินทร์กุล พบว่าเกษตรกรในเขตจังหวัดนครปฐม ว่าระดับการศึกษานั้นไม่มีส่วนกำหนดพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืช (วิศิษฐ์, 2523)

4. ทัศนคติ จากการศึกษาของอุกฤษ พัชราภา พบว่าเกษตรกรที่มีความแตกต่างในระดับการศึกษาของเกษตรกรจะทำให้เกษตรกรมีทัศนคติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (อุกฤษ, 2525) ส่วนกลิ่นจันทร์ เขียวเจริญ พบว่า ทัศนคติของเกษตรกรมีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติตัวของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) (กลิ่นจันทร์, 2533)

5. อายุ ประเสริฐ คำอ้าย ได้ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุ 20 - 59 ปี และกลุ่มที่มีอายุสูงกว่า พบว่าเกษตรกรที่มีอายุต่ำกว่าสามารถตอบคำถามในเรื่องของความรู้ พฤติกรรมรวมทั้งการใช้สารปราบศัตรูพืชได้ถูกต้องกว่า (ประเสริฐ, 2531) ส่วนศูนย์อาชีวอนามัยที่ 1 สำโรงใต้ ศึกษาพบว่าในเขตอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี เกษตรกรส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 36 - 45 ปี ผลการศึกษาพบว่าอายุมีสัมพันธ์กับระดับฮีโมโกลบินอีกด้วย (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2529) ส่วน Fredric และ Miller ได้ทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่าผู้ป่วยจำนวน 4,500 คน ซึ่งตัวอย่างที่มีอายุน้อย ๆ มักจะได้รับสารปราบศัตรูพืชทางปาก ในขณะที่กลุ่มอายุตั้งแต่ 21 ปีขึ้นไป ส่วนใหญ่มักได้รับสารปราบศัตรูพืชทางผิวหนัง และการหายใจ (Fredric and Miller, 1990) จากการศึกษาพบว่า อายุที่ผู้สัมผัสกับสารปราบศัตรูพืช อัตราป่วยสูงสุดอยู่ในช่วงอายุ 25-34 ปี และ 15-24 ปี โดยมีอัตราป่วยเท่ากับ 10.07 และ 8.27 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ

6. เพศ ศูนย์อาชีวอนามัยที่ 1 สำโรงใต้ ได้ทำการศึกษาเกษตรกรและครอบครัวในเขตอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี จำนวน 336 ตัวอย่าง มีเกษตรกรชายมากกว่าหญิง ชายจำนวน 245 คน และหญิง จำนวน 121 คน ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า เพศมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์การทำงานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่าเพศชายมีโอกาสเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายมากกว่าเพศหญิง (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2529) ส่วนเกษตรกรในเขตอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ กว่าร้อยละ 90 เป็นเพศชาย และเป็นผู้ที่มีโอกาสสัมผัสกับสารปราบศัตรูพืชได้มากกว่าเพศหญิง (ประเสริฐ, 2531) และ Wongphanich et al. ได้ทำการศึกษาการใช้สารปราบศัตรูพืชของเกษตรกรในเขตจังหวัดระยอง โดยเปรียบเทียบระดับความรู้ และการปฏิบัติตัวในการป้องกันอันตรายจากสารปราบศัตรูพืช ระหว่างเพศชายและเพศหญิง พบว่าเพศชายและเพศหญิง มีความรู้และการปฏิบัติตัวขณะใช้สารปราบศัตรูพืชไม่แตกต่างกัน (Wongphanich et al., 1985) อัตราการเจ็บป่วยของเกษตรกรนั้น พบว่า อัตราผู้ป่วยที่รับการรักษาในโรงพยาบาลจังหวัดระยอง เป็นเพศชายสูงกว่าเพศหญิง คือ ร้อยละ 2.5 และ 1.9 ตามลำดับ (Wongphanich et al., 1985)

7. ระยะเวลา จากการศึกษาของศูนย์อาชีวอนามัยที่ 1 สำโรงใต้ ศึกษาจากกลุ่มเกษตรกร เขตอำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี พบว่าระยะเวลาในการทำงานจะอยู่ในช่วง 6-10 ปีมากที่สุดช่วงอายุและประสบการณ์ในการทำงานมีความสัมพันธ์ทางสถิติต่อกัน (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2529) ส่วนการศึกษาในเกษตรกรที่ทำสวนมะลินั้น พบว่าเกษตรกรมีระยะเวลาในการทำงานมากกว่า 8 ปี หรือร้อยละ 61 มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำกว่ามาตรฐาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มที่อยู่ในระยะไม่เกิน 2 ปี จะพบว่า มีระดับเอนไซม์ต่ำกว่ากลุ่มหลัง ซึ่งผลการศึกษาสรุปว่า ระยะเวลาในการทำงานเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (อาชีวอนามัย, กอง กรมอนามัย, 2529) ส่วนการศึกษา

ของวิศิษฐ์ วัชรเทวินทร์กุล พบว่า ระยะเวลาที่เคยใช้สารปราบศัตรูพืชไม่มีส่วนกำหนดการปฏิบัติการใช้สารปราบศัตรูพืช เพราะเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในระดับต่างกันกับพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชไม่แตกต่างกัน (วิศิษฐ์, 2529)

2.2 สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) (พาลาภ, 2535)

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เป็นสารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้มากที่สุด ซึ่งโครงสร้างของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเป็นสารอินทรีย์ที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ และลักษณะจำแนกได้เป็น 4 กลุ่มย่อย คือ

1. สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษโดยการสัมผัส และมีคงทนต่ำ ละลายน้ำได้น้อย สลายตัวได้ง่ายโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) การออกฤทธิ์รวดเร็ว สารกลุ่มนี้ ได้แก่ เมวินฟอส

2. สารกลุ่มย่อยของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีพิษโดยการสัมผัส มีความคงทนปานกลาง สามารถซึมผ่านเข้าในพืชได้บ้าง สารกลุ่มนี้ได้แก่ คลอฟัยรัยฟอส และอะซันฟอสเมทิล

3. สารกลุ่มย่อยของออร์กาโนฟอสเฟต สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืชและละลายได้ในไขมันและน้ำ สารกลุ่มนี้ ได้แก่ ฟอเรต ไดเมโทเอท และโมโนโครโตฟอส

4. สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีพิษโดยการหายใจ มีค่าความดันไอค่อนข้างสูง มีการระเหยในสภาพอุณหภูมิปกติ สารกลุ่มนี้ ได้แก่ ไดคลอวอส

หากแบ่งสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตามชนิดของกลุ่มสารอินทรีย์นั้น สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอะลิฟาติคออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มฟีนิลออร์กาโนฟอสเฟต และกลุ่มเฮทเตอโรไซคลิกออร์กาโนฟอสเฟต (สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย, 2538)

1. กลุ่มอะลิฟาติกออร์กาโนฟอสเฟต สารกลุ่มนี้ คือ ไดคลอวอส (dichlorvos : DDVP) หรือวาโปนา สามารถออกฤทธิ์ได้เร็ว ไดเมโทเอต (dimethoate) เป็นสารที่ตกค้างค่อนข้างนาน มาลาไทออน (malathion) เป็นสารปราบศัตรูพืชที่นับว่าปลอดภัยที่สุด เนื่องจากเป็นสารที่มีพิษน้อย เหมาะสมต่อการใช้ในบ้านเรือน มีประสิทธิภาพดีในการกำจัดแมลง

2. กลุ่มฟีนิลออร์กาโนฟอสเฟต (phenylorganophosphate) สารกลุ่มนี้ คือ โฟโนฟอส (fonofos) ใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้ เมทิลพาราไทออน (Methyl parathion) เป็นสารที่มีพิษน้อยกว่าพาราไทออนโดยเฉพาะผิวหนัง พาราไทออน (parathion) เป็นสารปราบศัตรูพืชมากที่มีพิษมากต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นพิษได้ทั้งทางระบบทางเดินหายใจและซึมซับเข้าทางผิวหนัง เป็นสารที่คงสภาพและออกฤทธิ์ได้นานกว่ามาลาไทออน และกลุ่มเฮเตอโรไซคลิกออร์กาโนฟอสเฟต (Heterocyclic organophosphate) สารกลุ่มนี้เป็นสารที่มีฤทธิ์ยาวนานกว่า 2 กลุ่มแรก เช่น ไดอะซินอน (diazinon) ซึ่งพบว่ามีพิษค่อนข้างน้อยต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ตารางที่ 2-2 ประเภทของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ซึ่งแบ่งตามอัตรา หรือความเป็นพิษที่จำหน่ายในประเทศไทย

ประเภทสาร	สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต
I a	คลอเฟนวินฟอส, อีพีเอ็น, ไดซัลโฟตอน, โฟโนฟอส, เมโฟสฟอแลน เมวินฟอส, พาราไธออน, พาราไธออน เมทธิล, ฟอกซิม, ซัลโฟเทพ
II b	เอซินฟอส เอทธิล, เอซินฟอส เมทธิล, โพรโมฟอส-เอทธิล, คาร์โบฟีโนไธออน, ไดคลอวอส, ไดโครโตฟอส, เฟนไธออน, ไอซาโซฟอส, เมธามิโดฟอส, โมโนโครโตฟอส, ไดเมทโธเอท, ออกซีดีมีทอนเมทธิล, ไธเมทอน, ไตรอะโซฟอส, วามิโดไธออน
II	คลอไพริฟอส, ไดอะซินอน, ไดเมธโทเอต, อีไธออน, อีตรัมฟอส, เฟนนิไธออน, ฟอโมไธออน, เมทาครัยฟอส, นาลีด, เฟนโทเอท, โฟซาโลน, ฟอสเมท, โปรเฟโนฟอส, โปรไธโอฟอส, ควินนัลฟอส, ซัลโปรฟอส
III	อะเซพเฟท, อะซาเมทไธฟอส, โบรโมฟอส, มาลาไธออน, พิริมิฟอส-เมทธิล, เตตราไดฟอน, ไตรคลอฟอน

2.3 การเข้าสู่ร่างกายของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สารปราบศัตรูพืชนอกจากจะเป็นพิษต่อศัตรูพืชแล้ว ยังเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ โดยเฉพาะสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

1. ทางปาก ส่วนใหญ่จะได้รับสารปราบศัตรูพืชเข้าทางปากโดยปะปนมากับอาหาร หรือน้ำดื่ม ขณะที่ไม่ได้ล้างมือให้สะอาดก่อนหรืออาจเกิดจากวิธีจงใจรับประทานเพื่อฆ่าตัวตาย นอกจากนั้นยังอาจมีสาเหตุจากละอองสารปราบศัตรูพืชเข้าปากขณะทำการพ่นสารปราบศัตรูพืช การใช้ปากดูดท่อส่งยาหรือหัวฉีด และการใช้มือจับเสื้อผ้าที่เปื้อนสารปราบศัตรูพืชแล้วเช็ดปาก เป็นต้น

2. ทางผิวหนัง ผิวหนังมีพื้นที่ที่มากที่สุดในร่างกาย จึงเกิดการการสัมผัสได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม วิธีการเข้าของสารปราบศัตรูพืชคือ การหกรดส่วนต่าง ๆ ของร่างกายหรือเสื้อผ้าที่สวมอยู่ ละอองสารปราบศัตรูพืชจับอยู่กับผิวหนังขณะพ่น หรือการกระเด็นเข้าตาขณะผสมสารปราบศัตรูพืชใส่ภาชนะ เป็นต้น ส่วนใหญ่จะสัมผัสสารปราบศัตรูพืชในขณะผสมสารหรือใช้สารปราบศัตรูพืช ร่างกายจะมีอันตรายมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสารปราบศัตรูพืช และระยะเวลาที่สัมผัสกับสารปราบศัตรูพืช รวมทั้งสภาพของผิวหนัง โดยเฉพาะถ้ามีบาดแผลอยู่แล้วก็จะซึมผ่านได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสภาพดินฟ้าอากาศ เช่นทิศทางลม ขณะฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืช (International Agency for Research on Cancer, 1991) สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตสามารถซึมเข้าทางผิวหนังสู่ระบบไหลเวียนโลหิตของร่างกาย ทำให้เกิดพิษต่อมนุษย์ได้ ซึ่งโดยปกติอาการเป็นพิษจากการได้รับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วในเวลาเป็นนาทีจนถึง 2-3 ชั่วโมง และอาการคงอยู่ประมาณ 1-5 วัน ถ้าไม่ได้รักษามักเสียชีวิตภายในวันแรก อย่างไรก็ตามสารกลุ่มนี้สามารถสลายตัวได้แต่ค่อนข้างช้า เพราะฉะนั้นผู้ป่วยอาจเกิดอันตรายเนื่องจากมีการยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทีละน้อยเป็นระยะเวลานาน ๆ (พาลาภ. 2540) Wolfe et al. ศึกษาการดูดซึมของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดพาราไทออนและ มาลาไทออน ที่เข้าสู่ร่างกาย ซึ่งพบว่าสารกลุ่มดังกล่าว สามารถซึมเข้าสู่ผิวหนังร้อยละ 71 ทางปากร้อยละ 11 การหายใจร้อยละ 8 และอื่น ๆ ร้อยละ 10 ส่วน Maibach and Feldmann พบว่าพาราไธออนสามารถซึมผ่านผิวหนังได้ดีโดยเฉพาะบริเวณถุงอัณฑะเกือบร้อยละ 100 รักแร้ร้อยละ 63 รูหูร้อยละ 46 ฝ่ามือร้อยละ 36 หนังศีรษะร้อยละ 32 เท้าร้อยละ 14 ฝ่าเท้าร้อยละ 11 และแขนส่วนปลายร้อยละ 8.6 ส่วนมาลาไธออน จะดูดซึมได้น้อยกว่า (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538)

131956

3. ทางการหายใจ สารปราบศัตรูพืชสามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้โดยการหายใจเอาละอองไอของสารปราบศัตรูพืชเข้าไปกับลมหายใจ สารเหล่านี้จะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต และสะสมที่อวัยวะต่าง ๆ จนแสดงอาการเป็นพิษขึ้นมา ซึ่งวิธีการเข้าของสารปราบศัตรูพืชที่พบบ่อยคือ การสูบบุหรี่ขณะพ่นสารปราบศัตรูพืช หรือสูบบุหรี่ที่ปนเปื้อนสารปราบศัตรูพืช และการหายใจเอาละอองสารปราบศัตรูพืชเข้าโดยตรง (วิจิตร, 2530) สารปราบศัตรูพืชสามารถเข้าสู่

547.758
ค174ว

ระบบทางเดินหายใจได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปแบบที่เป็นผง ก๊าซ ไอระเหย เมื่อสารปราบศัตรูพืชผ่านเข้าสู่ร่างกายจะโดยทางใดก็ตาม สามารถเข้าไปทำลายระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย เช่น สมอง ระบบประสาท ไต ปอด ตับ เป็นต้น

2.4 กลไกการออกฤทธิ์ของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต นิยมใช้กันในรูปผงละลายน้ำ หรือเป็นของเหลวเข้มข้น หรือเม็ด (granules) ถูกสลายได้ง่ายในสภาพแวดล้อมทั่วไป ที่มีความชื้น แสงแดด หรือตัวกลางที่เป็นด่าง (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538) สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต จะมีกลไกการออกฤทธิ์ที่คล้ายกันมากคือ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยที่เอนไซม์ชนิดนี้จะมีการจับตัวระหว่างสาร 2 กลุ่ม (Lotti, 1995) คือ อะนิโอนิค (anionic) และเอสเตอริค (esteratic) ในร่างกายมนุษย์เท่านั้นจะมีเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดที่อยู่ในเลือด (plasma) หรือสูโดโคลีนเอสเตอเรส (pseudocholinesterase) พบได้ในเลือดและตับแต่ไม่ได้ทำหน้าที่อะไร อีกชนิดหนึ่งคือทรู (true) หรือโคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง (Erythrocyte cholinesterase) ซึ่งมีมากในเม็ดเลือดแดง และตรงรอยต่อของกล้ามเนื้อเส้นประสาท (Neuromuscular junction) ปฏิกิริยาของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส นั้น มีความสำคัญต่อสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ภายในร่างกาย ซึ่งจะทำให้อะเซตทิลโคลีนถูกไฮโดรไลส์กลายเป็นโคลีน (choline) และกรดอะซิติก (Acetic acid) (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538 ; Keifer and Ellen, 1997)

ซึ่งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เป็นสารสื่อประสาทที่สำคัญ หากมีการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส จะทำให้อะเซททิลโคลีนเกิดการสั่งสะสมการกระตุ้นของอะเซททิลโคลีน จำนวนมากที่ปลายประสาท จะทำให้เกิดอาการเป็นพิษขึ้น (พาลาภ, 2535 ; Ecobichon, 1996) สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นก่อให้เกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีคือจะยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทั้งในเลือดและเม็ดเลือดแดง ทำให้การออกฤทธิ์ของเอนไซม์ลดลง นอกจากนั้นสารปราบศัตรูพืชกลุ่มนี้ ยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ชนิดโคลีนเอสเตอเรส ในปลายประสาทต่าง ๆ ทำให้เกิดภาวะเป็นพิษ (พาลาภ, 2538) เพราะฉะนั้นการตรวจทางห้องปฏิบัติการจึงมีความจำเป็นอย่างมากเพื่อช่วยประเมินภาวะเป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืชที่ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Keifer and Ellen, 1997 ; Lotti, 1995)

การสัมผัสกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มดังกล่าว ทำให้เอนไซม์สูโดโคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำลงนั้น ระดับเอนไซม์มักจะลดลงหลังหรือภายในเวลา 12-24 ชั่วโมง จนถึง 2-3 สัปดาห์ ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง ยังคงมีระดับต่ำลงเรื่อย ๆ เป็นเวลานานกว่าในเลือด เวลา 1-3 เดือน (Lotti, 1995)

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต จะมีกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันคือ สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต จะยับยั้งการทำงานเอนไซม์อะเซตทิลโคลีน (acetylcholine) แบบถาวร (Irreversible process) ซึ่งสารกลุ่มนี้จะจับกับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ทำให้เป็นสารประกอบของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ไม่สามารถกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ และไม่สามารถทำลายเอนไซม์อะเซตทิลโคลีน จากการศึกษาในสัตว์ทดลองเพื่อหาค่าครึ่งชีวิตของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในระบบประสาทของสัตว์ พบว่ามีค่าประมาณ 5-7 วัน (Lotti, 1992) ส่วนสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นจะยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสแบบชั่วคราว (Reversible process) ระยะเวลาที่เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งจึงสั้นกว่าการถูกยับยั้งด้วยสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (สุภาณี, 2537 ; Ecobichon, 1996)

2.5 การเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1. การเกิดพิษเฉียบพลัน (Acute poisoning)

การเกิดพิษเฉียบพลันจากการได้รับสารปราบศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายโดยทางปาก ระบบทางเดินอาหาร หรือระบบทางเดินหายใจ ความรุนแรงของการเกิดพิษขึ้นอยู่ที่ปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาวะสุขภาพอนามัยและความต้านทานของแต่ละคน ปริมาณการได้รับของสารปราบศัตรูพืช หากได้รับสารเข้าสู่ร่างกายในขนาดที่สูงเพียงครั้งเดียวอาการพิษก็จะเกิดอย่างรวดเร็ว ส่วนคุณสมบัติของสารปราบศัตรูพืชหากได้รับสารปราบศัตรูพืชที่สามารถละลายน้ำภายในร่างกายได้จะถูกดูดซึมได้ง่าย นอกจากนั้นเพศและอายุ ยังเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอันตรายแตกต่างกันอีกด้วย รวมทั้งวิธีการป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะใช้สารปราบศัตรูพืช อาการเฉียบพลันจะเกิดขึ้นตั้งแต่ผู้ป่วยได้รับสารปราบศัตรูพืชภายใน 12 ชั่วโมง หรือถ้าได้รับสารปราบศัตรูพืชเข้าร่างกายในขนาดสูงเพียงครั้งเดียว อาการพิษจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วตามปกติภายในครึ่งถึงหนึ่งชั่วโมง หรืออาจช้าไป 2-3 ชั่วโมงถ้าได้รับสารปราบศัตรูพืชเข้าทางผิวหนัง (Lotti, 1995) ระยะแรกผู้ป่วยมักมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน อ่อนเพลียทางกาย อาการหายเป็นปกติใน 2-3 สัปดาห์ หลังจากนั้น มีน้ำมูกและ

เสมหะมาก เจ็บและแน่นหน้าอก ไอ หอบ ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้มีอาการหน้ามืด กระวนกระวาย หงุดหงิด เดินเซ ซึม สับสน ความจำเสื่อม อารมณ์แปรปรวน เลื่อนลอย ฝันร้าย ซึมเศร้า ขาดสมาธิ สับสน ตอบสนองต่อคำถามช้าลง และมีอาการอ่อนแรง ชัก หายใจหอบเขียว ความดันเลือดต่ำ การหมุนเวียนโลหิตถูกกด ระบบกล้ามเนื้อลาย การทำงานของกล้ามเนื้อไม่ประสานกัน กล้ามเนื้อกระตุก มือสั่น คลื่นไส้ อาเจียน จะเกิดตะคริวโดยเฉพาะการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อช่วยหายใจ จะทำให้เกิดอาการ หอบ เหนื่อย เขียว ระบบทางเดินอาหาร มีอาการเบื่ออาหาร น้ำลายมาก จุกเสียด แน่นท้อง ท้องเสีย ท้องร่วง กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ น้ำลาย และน้ำตาไหล อาการทางโรคจิตจะมีอาการคลุ้มคลั่งและมีพฤติกรรมที่ผิดปกติ หัวใจเต้นช้าลง ระบบการหายใจถูกกด อาจเสียชีวิต (อาชีวอนามัย, กอง, 2538 ; Lotti, 1995)

2. การเกิดพิษชนิดเรื้อรัง (Chronic poisoning)

การได้รับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตในขนาดปานกลางติดต่อกันไปทุกวัน อาจทำให้เกิดอาการกล้ายไข้หวัดใหญ่ คือ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ไม่สบาย ผู้ป่วยบางรายหลังจากได้รับสารปราบศัตรูพืชแล้วจะมีอาการทางโรคประสาทแตกต่างกันไป อาการของโรคจะเกิดขึ้นช้า ๆ บางครั้งได้รับสารปราบศัตรูพืชไปแล้วยังไม่เกิดอาการเป็นเวลาหลายวัน อาการที่พบมากคือ ชาที่แขนและขา ปวดกล้ามเนื้อ อ่อนเพลีย บางคนอาการกลับคืนปกติภายใน 2-3 สัปดาห์ บางคนกล้ามเนื้อกลับทำให้เป็นอัมพาตบางส่วน ผลกระทบต่อการมองเห็น ความสามารถในการมองเห็นลดลง สายตาสั้นเพิ่มขึ้น ประสาทตาบวม ระบบประสาทส่วนกลางนั้นมักมีอาการซึมเศร้า ความทรงจำเริ่มผิดปกติสูญเสียสมาธิ และบุคลิกภาพแปรปรวน อาการที่พบบ่อยคือ กระสับกระส่าย สมาธิลดลง พูดช้าลง ความทรงจำลดลง ส่วนการป่วยเป็นมะเร็งปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานยืนยันว่าสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตก่อให้เกิดโรคมะเร็งในมนุษย์ ยกเว้นในสัตว์ทดลอง อาการและอาการแสดงจะปรากฏให้เห็นชัดเจนเมื่อระดับ เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงและในเลือดลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ส่วนผู้ป่วยที่ได้รับสารดังกล่าวระดับน้อย ๆ แต่สะสมในระยะเวลานาน ๆ อาการแสดงของโรคจะแสดงชัดเจนเมื่อระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งมากกว่าร้อยละ 70-80 (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538)

2.6 ผลกระทบของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่อร่างกาย

1. ผลกระทบต่อเส้นประสาทภายในร่างกาย

ผลกระทบที่เกิดจากสัมผัสสารปราบศัตรูพืชเป็นระยะเวลานานนั้น อาจจะมีผลกระทบต่อร่างกายทั้งที่ระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย (Bidsturp et al., 1953) ทำให้เกิดอาการแสดงต่าง ๆ กันคือ สูญเสียความทรงจำ สูญเสียสมาธิ ไหวพริบและปฏิภาณ นอกจากนั้นยังทำให้มีความรู้สึกวิตกกังวลสูง ชาแขนขา และกล้ามเนื้ออ่อนแรง เป็นต้น (Ecobichon, 1994) สารปราบศัตรูพืชหลายชนิด นอกจากจะมีผลกระทบต่ออวัยวะเป้าหมาย คือ ระบบประสาทแล้วนั้น ยังมีผลกับอวัยวะอื่นๆ อีกด้วยโดยจะรบกวนกระบวนการทำงานของเซลล์ต่าง ๆ ทำให้การทำหน้าที่ต่าง ๆ ของร่างกายเสียไป (Hayes and Wayland, 1982 ; Hayes and Laws, 1991) สารปราบศัตรูพืชบางชนิดจะมีผลกระทบต่อทั้งระบบประสาทส่วนปลาย (PNS) และระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) (Keifer and Rodericle, 1997)

ระบบประสาทส่วนปลาย เป็นอวัยวะเป้าหมายที่เป็นที่ต้องการของสารปราบศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งเป็นสารกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งการออกฤทธิ์ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส โดยจะรบกวนการสื่อสารของ สารโคลิเนอจิค ทำให้มีผลกระทบต่อมัสคารินิค (muscarinic) และนิโคตินิค รีเซปเตอร์ (Nicotinic receptor) ในระบบประสาทส่วนปลาย ผลกระทบเรื้อรังจากสารปราบศัตรูพืชต่อระบบประสาทส่วนปลาย ยังรวมถึงระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งผลกระทบของสารปราบศัตรูพืชต่อระบบประสาทส่วนกลางนั้นที่พบอยู่เสมอ คือการเกิดความผิดปกติในการรับรู้เนื่องจากระบบประสาทส่วนกลางถูกรบกวน เช่น บุคลิกภาพแปรปรวน พฤติกรรมผิดปกติ เป็นต้น (O'Donoghue, 1985 ; Tilson and Mitchell, 1992) นอกจากนั้นยังมีผลกระทบจากการดูดซึมของสารปราบศัตรูพืชที่มีโอกาสดูดซึมเข้าสู่ระบบ Blood-brain-barrier ทำให้รบกวนการทำหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางตามมา บริเวณต่าง ๆ ภายในสมองที่มีโอกาสเสี่ยงต่อการสะสมของสารปราบศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ คือ ระบบลิมบิค (Limbic system) ฮิปโปแคมปัส (Hippocampus) เบซัลแกลงเกลีย (Basal ganglia) และซีรีเบลลั่ม (cerbellum) ทำให้หน้าที่ของสมองทำงานผิดปกติไปได้ (Tilson, 1992)

ปัญหาที่มักพบบ่อย คือ การรับความทรงจำ สมาธิ และพฤติกรรมการแสดงออกต่าง ๆ ของกระบวนการสื่อสาร ความสามารถทางด้านไหวพริบปัญญา และการใช้ภาษาบกพร่อง (Tilson, 1992) เพราะฉะนั้นการรายงานอาการผู้เป็นโรคพิษจากสารปราบศัตรูพืชได้นั้นจะขึ้นอยู่กับอาการและอาการแสดงของพิษ การแปลผลทางด้านคลินิก และควรจะมีเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดการรับรู้ และบุคลิกภาพต่อผู้ปฏิบัติงาน (Moser and MacPhail, 1992 ; Taylor et al., 1980)

2. ผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนปลาย

จากผลการศึกษาในประเทศเยอรมันซึ่งได้ถูกรายงานเมื่อปี ค.ศ. 1953 พบผู้ป่วยจำนวน 2 คน ที่ป่วยเป็นโรคระบบประสาทส่วนปลาย เนื่องจากการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Bidstrup et al., 1953) ซึ่งทั้งสองคนได้รับความทุกข์ทรมานการเป็นพิษจากสารดังกล่าวมาก หลังจากที่อาการทุเลาลงแต่ยังคงหลงเหลืออาการทางระบบประสาทส่วนปลายอยู่ เมื่อไม่นานมานี้ได้พบผู้ป่วยที่มีอาการผิดปกติที่ระบบประสาทส่วนปลายอีก เนื่องจากใช้สารปราบศัตรูพืชชนิดพาราไทออนเป็นระยะเวลานาน ส่วนสารอื่น ๆ ที่ไม่ใช่สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น ซึ่งทราบกันดีว่าสามารถชักนำทำให้เกิดโรคระบบประสาทส่วนปลายได้ คือ สารประกอบชนิดฟอสฟอรัยเลต เอสเทอร์ (Phosphorylated ester) ซึ่งใช้ในการบำบัดรักษาโรควัณโรค อาการทางคลินิคที่พบว่ามีผลต่อประบบประสาท คือ ข้อเท้า และสะโพกตก (Foot and wrist drop) รวมทั้งทำให้กล้ามเนื้อยังลีบอีกด้วย โรคระบบประสาทส่วนปลายถูกทำลายจากการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต รู้จักกันดีคือ "Organophosphate-Induced Delayed Polyneuropathy (OPIDP) (Keifer and Mahurin, 1997 ; Morgan et al., 1978)

OPIDP นั้นอาจจะรู้จักกันอย่างกว้างขวางว่าสารปราบศัตรูพืชกลุ่มดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนปลาย ซึ่งลักษณะเฉพาะของ OPIDP คือจะเกิดขึ้นหลังจากมีอาการเป็นพิษอย่างรุนแรง อาการเฉียบพลันนั้นจะเกิดในช่วงเวลา 2-5 สัปดาห์ หลังการสัมผัสและอาการเริ่มแรกมักจะเริ่มที่ระบบประสาทรับความรู้สึกเปลี่ยนแปลงไป คือ ชาบริเวณขาและแขน ตะคริวที่ขา และมีอาการอ่อนแรงตามมา ที่สำคัญที่สุดจะนำไปสู่การเป็นโรคเท้าตก และลุกลามมาขึ้นทำให้เกิดอัมพาตตามลำดับ หลังจากที่อาการดีขึ้นมักจะยังคงมีอาการบางอย่างหลงเหลืออยู่ เช่น กล้ามเนื้ออ่อนแรง สูญเสียการปฏิกริยาการตอบโต้ และระบบประสาทรับความรู้สึกเปลี่ยนแปลง (Lotti et al., 1986 ; Kaplan et al., 1993)

การศึกษาผลกระทบของสารปราบศัตรูพืชต่อระบบประสาทส่วนปลายทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังนั้น การกระจายของโรคจากสารดังกล่าว จากผลการศึกษาในกลุ่มเกษตรกรมักจะสัมผัสสารปราบศัตรูพืชหลาย ๆ ชนิด เช่น สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มออร์กาโนคลอรีนและคาวินอน จากรายงานการศึกษาวิจัยแบบกลุ่มควบคุมเพื่อศึกษาผลกระทบต่อระบบประสาทจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และออร์กาโนคลอรีนในคนงานจำนวน 441 คน พบความผิดปกติของระบบประสาทร้อยละ 16 ของคนงาน ร้อยละ 13 ของผู้ที่สัมผัสกับ สิ่งแวดล้อมทั่ว ๆ ไป และร้อยละ 6 ในกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้สัมผัสกับสารปราบศัตรูพืช สิ่งที่พบว่าผิดปกติคือ การตอบสนองเปลี่ยนแปลง การควบคุมการทรงตัวสูญเสียไป (Davignon et al., 1965 ; Rayner et al., 1972) ส่วน McConnel ศึกษาในกลุ่มเกษตรกร ในประเทศนิคาราก้ัว และพบว่าคนงานในกลุ่มควบคุมมีความไวต่อการรับความรู้สึกต่าง ๆ ลดลง (McConnel et al., 1994) การรับความรู้สึกที่ลดลงนี้เกิดจากพิษของเมทาสตาฟอส นอกจากนั้นยังพบในผู้ป่วยที่เป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กลุ่มอื่น ๆ อีกด้วย (McConnel, 1994) Steenland ยังพบว่าคนงานสูญเสียความรู้สึกและมีความผิดปกติที่ระบบประสาทมากขึ้นในคนงานที่เคยมีประวัติเป็นพิษจากสารสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งพบว่ากลุ่มทดลองมีแนวโน้มของความผิดปกติสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งอุบัติการณ์ความรุนแรงของการเจ็บป่วยนั้นคาดการณ์ได้จากระยะเวลาที่เจ็บป่วยเนื่องจากความเป็นพิษ (Steenland et al., 1994) ในสหรัฐอเมริกามีผลิตภัณฑ์สารปราบศัตรูพืชหลายชนิดที่ถูกตรวจสอบการออกฤทธิ์ของสารต่อสัตว์ทดลองก่อนที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (EPA) จะลงนามยอมรับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตหลาย ๆ ชนิด (Shaw et al., 1995 ; Soliman and Farmer, 1984)

อาการทางคลินิกที่เกิดจากพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น มักจะเรียกว่าอินเตอร์มิเดียต ซินโดรม (Intermediate syndrome) เพราะว่าอาการจะปรากฏหลังจากเกิดผลกระทบจากการยับยั้ง สารโคลิเนอจิค (cholinergic) เป็นอาการเริ่มแรกและจะค่อย ๆ พัฒนาเป็น OPIDP การเป็นอินเตอร์มิเดียตซินโดรม นั้น จะมีอาการผิดปกติประกอบด้วยกล้ามเนื้ออ่อนแรง ไม่มีอาการต่อระบบประสาทสัมผัสอื่น ๆ นอกจากจะพบอาการกล้ามเนื้อที่คออ่อนแรง ทำให้อาจมีผลกระทบที่มีผลเกี่ยวเนื่องถึงความอ่อนแรงของกล้ามเนื้อที่ช่วยในการหายใจดังเช่นพบผู้ป่วยจำนวน 4 คน จาก 10 คน ที่ประเทศศรีลังกา ที่ต้องเจาะคอเพื่อใส่เครื่องช่วยหายใจ (Senanayake and Karalliedde, 1987) สารปราบศัตรูพืชที่มีส่วนเกี่ยวข้องทำให้เกิดโรคนี้ คือ สารปราบศัตรูพืชชนิดเฟนไทออน, ไดเมโทเอท, โมโนโครโตฟอส และ เมทามิดาฟอส ส่วนจากการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยที่รักษาตัวในโรงพยาบาลในประเทศเบลเยี่ยมด้วยโรคพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต De Blecker ได้รายงานว่า 8 ใน 19 คนนั้นได้พัฒนาอาการป่วยเป็นโรคอินเตอร์มิเดียตซินโดรม (De Blecker et al., 1993)

3. ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตจะมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลางได้อย่างมาก ซึ่งสารประกอบกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้นจึงถูกศึกษามากกว่าสารปราบศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ เพราะว่ามีการใช้สารกลุ่มนี้อย่างกว้างขวาง ผลกระทบของสารนี้จะมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง พบว่าจะมีผลทำให้เกิดความผิดปกติต่าง ๆ ตามมา เช่น การสูญเสียความทรงจำ การใช้ภาษาบกพร่อง (Ecobicon and Joy, 1994) ความวิตกกังวลสูง ความซึมเศร้า สับสน ซึ่งเรียกว่า Mental confusion (Levin, 1976) ความสามารถในการทำงานลดลง เป็นต้น (Keifer and Mahurin, 1997)

การทดสอบการความเป็นพิษจากการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น สามารถทำได้หลายวิธีทั้งจากกลุ่มคนงานที่เป็นกลุ่มเสี่ยงจากโรงงานอุตสาหกรรมและจากงานด้านเกษตรกรรมที่ได้สัมผัสสารดังกล่าว หากสัมผัสระยะเวลายาวนานจะมีอาการเรื้อรังทำให้เกิดความผิดปกติเกี่ยวกับสูญเสียไหวพริบและการรับรู้ สามารถทดสอบโดยวิธีเวชเลอร์ อดัลท์ อินเทลลิเจนซ์ สเกล (Wechsler Adult Intelligence Scale) และในการทดสอบ วิธีเบนตอล วิชวล รีเทนชั่น (Benton Visual Retension Test) (Metcalf and Holmes, 1985) ส่วนการศึกษาอื่น ๆ โดยการใช้ วิธีฮอลสตีท รีเทน นิวโรไซโคโลจิคอล (Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery) (HRNTB) ทดสอบการทำหน้าที่ของระบบประสาทซึ่งนิยมใช้กันบ่อยในการทดสอบทางคลินิค (Korsak and Kato, 1977) ผู้ที่เคยผัสสารปราบศัตรูพืชในขนาดที่มากกว่า ระบบประสาทในร่างกายจะแสดงการตอบสนองได้ช้ากว่าผู้สัมผัสสารในขนาดที่น้อยกว่า สำหรับการทดสอบโดยวิธีเบนตอล วิชวล รีเทนชั่น (Benton Visual Retension Test) (Metcalf and Holmes, 1985) ซึ่งการทดสอบชนิดหลังนั้นใช้ทดสอบการรับรู้ ความไว ของประสาทสัมผัส นอกจากนั้นสารกลุ่มนี้ยังมีผลทำให้หน้าที่ด้านความจำสูญเสียไปทั้งความทรงจำที่เกิดจากการมองเห็นและการรับรู้ และยังคงมีอาการทางด้านระบบประสาทที่หลงเหลืออยู่ (Jusic, 1987)

จากผลของการเกิดพิษอย่างเฉียบพลันจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ด้วยการใช้ HRNTB ทดสอบในกลุ่มคนงานในประเทศนิคารากัวนั้น พบว่าผู้เป็นโรคพิษเฉียบพลันจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตนั้น ระบบประสาทสูญเสียหน้าที่ในการทำงาน (Rosenstock et al., 1991)

ส่วนองค์การอนามัยโลกได้ศึกษาแบบย้อนหลังในกลุ่มเกษตรกรหลังจากเกิดโรคพิษแบบเฉียบพลันจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต 2 ปี พบว่าคนงานกลุ่มนี้มีความผิดปกติในเรื่องการรับรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาในรัฐแคลิฟอเนียร์ พบอาการผิดปกติหลงเหลืออยู่หลังจากที่หายจากการเจ็บป่วยอย่างเฉียบพลัน (Steenland et al., 1994) ในกลุ่มที่เป็นโรคมีอาการตอบสนองทางระบบประสาทช้ากว่ากลุ่มควบคุมอย่างชัดเจนทั้งทางด้านการมองเห็นและอารมณ์ ซึ่งจะนำไปสู่ความบกพร่องที่มากขึ้นทั้งการทำหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทส่วนปลาย (Steenland et al., 1994)

บุคลิกภาพที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น เกิดจากความเป็นพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต อาการที่เปลี่ยนแปลงนั้นคล้าย ๆ กับอาการที่พบจากการทดลองผลของสารประกอบชนิดที่ยับยั้งการสร้างเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ซึ่งจะพบอาการต่างๆ คือ วิตกกังวลสูง กระสับกระส่าย พักผ่อนไม่ได้ เครียด (Ecobichon and Joy, 1982 ; Levin, 1974) ส่วนอารมณ์ที่เปลี่ยนแปลงง่ายนั้นพบได้จากการทดสอบบุคลิกภาพ โดยการใช้การทดสอบชนิดเทเลอร์ เมนิเฟสแอน ไซท์ตี้ สเกล (Taylor Manifest Anxiety Scale) สรุปว่าการเปลี่ยนแปลงทางบุคลิกภาพนั้นจะเกี่ยวข้องกับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดของคนเราด้วย อาการผิดปกติต่าง ๆ ดังกล่าวอาจจะยังคงอยู่อีกหลายเดือนหลังจากระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเข้าสู่ระดับปกติ (Levin, 1974; Levin et al., 1976 ; Namba, 1971 ; Russel, 1974)

2.7 สารปราบศัตรูพืชคาร์บาเมต (carbamate)

สารกลุ่มสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นเป็นสารที่นิยมนำมาใช้ในการปราบศัตรูพืช ซึ่งสูตรมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ คาร์บอน (C) ไนโตรเจน (N) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) โครงสร้างทั่วไปคือ R_1-NH-CO-OR_2 สารกลุ่มนี้มีสูตรโครงสร้างแตกต่างกันกว่า 27 ชนิด มีลักษณะเป็นผลึกแข็ง สามารถกลายเป็นไอได้ที่มีความดันสูงไม่มาก ละลายน้ำได้น้อย ละลายได้บ้างในเอทานอล, เมทานอล, อะซิโตน นิยมใช้ในรูปฝุ่น เม็ด และของเหลว นิยมใช้ปราบศัตรูพืชได้หลายชนิด เช่น ไส้เดือนฝอย หอยทาก แมลงต่าง ๆ เป็นต้น มีหลายชนิดที่รู้จักกันดี ได้แก่ คาร์บาริล คาร์โบฟูราน เมโธมิล และเปอร์ริมิคาร์บ แบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอารีลเมทธิลสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต เป็นเอสเตอร์ของฟีนอล ได้แก่ คาร์บาริล, โปรปอกเซอร์ และเมทธิโอคาร์บ คาร์บาริลนั้นเป็นสารปราบศัตรูพืชในลักษณะสัมผัสตาย มีพิษต่อมนุษย์และสัตว์ค่อนข้างต่ำ เพราะว่ามีอัตราการเผาผลาญในสัตว์อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้นยังมีกลุ่มเฮทเทอโรไซคลิกโมโนเมทธิล และไดเมทธิล สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตได้แก่ คาร์โบฟูราน คาร์โบซัลแฟน และพิริมิคาร์บ คาร์โบฟูราน สามารถดูดซึมผ่านเข้าทางรากและลำเลียงจากรากไป

ทั่วลำต้นได้ มีพิษในลักษณะกินตายและสัมผัสตาย มีพิษสูงต่อปลา มีพิษเฉียบพลันต่อสัตว์เลือดอุ่นโดยทางปากสูงมากซึ่งมากกว่าคาร์บาริลประมาณ 50 เท่า ส่วนคาร์โบซัลแฟน มีความเป็นพิษต่ำกว่าสัตว์เลือดอุ่น ต่ำกว่าคาร์โบฟูแรน รวมทั้งกลุ่มเอ็น-เมททิล สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตเป็นอนุพันธุ์ของออกซัมที่สำคัญมี 3 ชนิด คือ อัลดิคาร์บ เมทโธมิล และออกซามิล ทุกชนิดมีพิษมากต่อสัตว์เลือดอุ่น

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มนี้สามารถยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเนื้อเยื่อประสาทเพียงชั่วคราว และกลับคืนสภาพปกติได้ รวมทั้งถูกแปลี่ยนแปลงในร่างกายอย่างรวดเร็ว อาการและอาการแสดงของการเกิดพิษเฉียบพลันจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต จึงคล้ายกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตต่างกันที่ระยะเวลา และความรุนแรงของการเกิดพิษ การเกิดพิษก็อาจทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ในช่วงเวลาสั้น ๆ เมื่อได้รับในระดับที่สูง ๆ (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538)

ตารางที่ 2-3 ประเภทของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ซึ่งแบ่งระดับอันตรายหรือความเป็นพิษที่จำหน่ายในประเทศไทย

ประเภทสาร	สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต
Ia	อัลดิคาร์บ
Ib	เบนฟูราคาร์บ, คาร์โบฟูแรน, คาร์โบซัลแฟน, ไดออกซาไธออน, ฟอเมทโธเอท, ไฮโดรตลอไรด์, เมทโธมิล, ออกซามิล, ไทโอฟานอกซ์
II	เบนไดโอคาร์บ, คาร์บาเมิล, คาร์แทป ไฮโดรคลอไรด์, ฟีโนบูคาร์บ, ไอโซโปรคาร์บ, เมทโธคาร์บ, พิริมิคาร์บ, โปรมีคาร์บ, โปรปอกเซอร์, ไธโอดิคาร์บ

2.8 การเข้าสู่ร่างกายของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต สามารถเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางเช่นเดียวกันกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เช่น การกลืนเข้าไปในปาก การเข้าทางผิวหนังและทางลมหายใจ แต่พบได้มากที่สุดคือทางผิวหนัง เช่น ถูกดูดซึมเข้าทางผิวหนังได้ถึงร้อยละ 74 (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538) ข้อมูลการศึกษาของกองอาชีวอนามัยในระหว่างปี พ.ศ. 2532-2536 รายงานว่า ข้อมูลการเกิดพิษยังขาดอีกมาก และไม่ได้รายงานอย่างครบถ้วนในส่วนของโรงพยาบาลต่าง ๆ (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539)

2.9 กลไกการออกฤทธิ์ของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

กลไกการออกฤทธิ์ของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตนั้นคล้ายคลึงกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต เพราะสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส แต่จะแตกต่างจากคุณสมบัติของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คือ สลายตัวได้ง่าย ไม่ทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส เสื่อมสภาพจึงมีฤทธิ์ ในการยับยั้งเอนไซม์แบบย้อนกลับได้ แต่อาการทางคลินิคไม่รุนแรง สารกลุ่มนี้ถูกดูดซึมเข้าระบบประสาทส่วนกลางได้น้อยและไม่รุนแรง และการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส กระทำได้ยาก เนื่องจากเอนไซม์กลับคืนสู่ภาวะปกติได้เร็วมาก ดังนั้นจึงไม่สามารถตรวจได้ชัดว่าได้รับสารปราบศัตรูพืชจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตหรือกลุ่มอื่น อาการเกิดพิษอาจมีอยู่ในขณะที่ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดกับคืนสู่สภาพปกติแล้ว การตรวจวัดควรเลือกวิธีที่สามารถตรวจระดับโคลีนเอส เตอเรสที่ได้ผลรวดเร็ว (Keifer and Ellen, 1997)

2.10 อันตรายที่เกิดจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต

อันตรายจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตสามารถแบ่งได้ว่าเป็นพิษแบบเฉียบพลันหรือพิษแบบเรื้อรัง พิษเฉียบพลันนั้นจะมีอาการต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งระบบทางเดินหายใจจะถูกกดทำให้หายใจไม่สะดวก หอบ ปอดบวมน้ำ ส่วนระบบประสาทส่วนกลางมีอาการผิดปกติ เช่น ปวดศีรษะ มึนงง หน้ามืด ตาพร่ามัวมองภาพไม่ชัด ม่านตาเล็กลงหรือน้ำลายออกมาก นอกจากนั้นยังมีความผิดปกติในระบบอื่น ๆ ด้วย เช่น คลื่นไส้อาเจียน หรือท้องเสีย แขนขาสั่น เป็นอัมพาต ชัก หมดสติ หัวใจเต้นผิดจังหวะ ความดันโลหิตสูง หัวใจล้มเหลว จากรายงานการศึกษาส่วนมากอาการเกิดพิษเป็นอยู่ประมาณ 2-3 ชั่วโมง และมีความรุนแรงน้อยกว่าการเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และอาการจะดีขึ้นค่อนข้างเร็ว แต่ในการตรงกันข้ามถ้าได้รับการสัมผัสสารดังกล่าวต่อไปอีก หรือได้รับมากเกินไป อาการผิดปกติจะเกิดขึ้นเร็วขึ้น และมีอาการคงอยู่มากกว่า 24 ชั่วโมง หลังจากที่ได้รับสารเข้าสู่ร่างกาย (Keifer และ Ellen, 1997) ส่วนการเกิดพิษเรื้อรัง จะเกิดขึ้นค่อนข้างเร็วเพราะว่าสารปราบศัตรูกลุ่มคาร์บาเมต สามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538)

2.11 ผลกระทบของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตต่อร่างกาย

1. ผลต่อระบบประสาทส่วนปลาย

การออกฤทธิ์ของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มกลุ่มคาร์บาเมตนั้นจะคล้ายคลึงกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีอวัยวะเป้าหมายเดียวกันคือยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส และนำสู่การเกิดการสะสมระดับอะเซตทิลโคลีนมากเกินไป แต่จะไม่เหมือนกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตรงที่สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต ไม่สามารถกลับมาออกฤทธิ์เพื่อยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสได้อีก ซึ่งจะทำหน้าที่ยับยั้งการสร้างเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส การออกฤทธิ์ของสารตัวนี้จะเร็วมาก ฤทธิ์จะไม่ตกค้างและทำลายในระบบประสาท มีรายงานฉบับหนึ่งโดย Branch and Jacquez ได้รายงานว่ามีผู้ป่วยอายุ 75 ปี รอดชีวิตจากการเจ็บป่วยหลงเหลือความผิดปกติทางระบบประสาท ซึ่งชายผู้นี้ได้รับความทุกข์ทรมานมากจากการรับสัมผัสสารปราบศัตรูพืชที่ประกอบด้วย คาร์บาริลความเข้มข้นร้อยละ 10 ในบ้านเป็นระยะเวลานาน ๆ (Branch and Jacquez, 1986) ซึ่งชายผู้นั้นมีอาการสับสน อ่อนแรง สูญเสียความทรงจำ เป็นตะคริวที่กล้ามเนื้อเบื่ออาหาร มากกว่า 10 เดือน และหลังจากถูกเคลื่อนย้ายออกจากแหล่งสัมผัส เขามีอาการชาบริเวณมือตามมา (Branch and Jacquez, 1986)

ส่วนศึกษาในประเทศญี่ปุ่นเกี่ยวกับการเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต อธิบายว่ามีผู้ป่วยมีอาการทางระบบประสาทบริเวณส่วนบนและส่วนล่างของร่างกาย ในผู้หญิงอายุ 55 ปีผู้หนึ่งซึ่งได้รับประทานสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต 200 ซีซี เข้าไป (Umehara et al., 1991) ผู้ป่วยมีระบบทางเดินหายใจผิดปกติอย่างรุนแรงต้องการใช้เครื่องช่วยหายใจในระหว่างเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน หลังจากนั้น 6 วัน มีอาการชาช่วงล่างของร่างกายหลังการรับประทานสารตัวนี้เข้าไป (Umegara et al., 1991)

2. ผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง

ผลของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตต่อระบบประสาทส่วนกลางนั้นคล้ายกันกับผลข้างเคียงกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ที่ออกฤทธิ์ยับยั้งกลไกการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (Stopford, 1985) ซึ่งอาการต่าง ๆ รวมถึงการสูญเสียความทรงจำ ความบกพร่องในการมองเห็น (Ecobichon and Joy, 1982, Branch and Jacquez, 1986) บุคลิกภาพแปรปรวนและก้าวร้าว ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์ต่อการเกิดพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต (Bear et al., 1986)

ตารางที่ 2-4 ค่าความเป็นพิษของสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตบางชนิด

สารปราบศัตรูพืช	ทางปาก	LD 50 (มก./กก.)	
		ในหนู (ตัวผู้)	ในกระต่าย
อัลดีคาร์บ	1.8	3.0	-
คาร์โบฟูซาน	11	-	2,550
โปรปอกเซอร์	50	> 5,000	-
พิริมิคาร์บ	147	> 500	-
คาร์บาริล	283	> 4,000	-

(สุโขทัยธรรมาธิราช, มหาวิทยาลัย,2538)

2.12 การเจ็บป่วยจากการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส

จากการศึกษาของรุจ ศิริสัญลักษณ์ พบว่า สาเหตุที่เกษตรกรมีพฤติกรรมการใช้สารปราบศัตรูพืชไม่เหมาะสม ทำให้เกษตรกรร้อยละ 44 มีอาการผิดปกติตามมา ซึ่งอาการผิดปกติคือ วิงเวียนศีรษะ อ่อนเพลีย ง่วงนอน และแน่นหน้าอก อย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งอย่าง (รุจ, 2526)

Coye et al. รายงานว่าเกษตรกรผู้ที่สัมผัสกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตชนิดเมวินฟอส จำนวน 31 คน ซึ่งเกษตรกรกลุ่มนี้มีอาการผิดปกติที่ระบบประสาท รวมทั้งอาการระคายเคืองที่ตาและผิวหนัง ยิ่งไปกว่านั้นมีเกษตรกร จำนวน 22 คน ที่มีอาการผิดปกติมากกว่า 3 อย่างขึ้นไปจากเกษตรกร จำนวน 22 คน หรือร้อยละ 76 พบว่ามีเกษตรกร จำนวน 2 คน ที่มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าช่วงค่าปกติ คนงาน จำนวน 29 คน ที่มีอาการผิดปกติต่าง ๆ หลงเหลืออยู่และพยายามหาวิธีในการดูแลตนเองอย่างถูกต้อง ซึ่งพบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและในเม็ดเลือดแดง มีระดับที่สูงขึ้นในวันที่ 14 หลังการสัมผัส ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดถูกยับยั้งประมาณร้อยละ 15.6 ($p< 0.01$) และค่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง ถูกยับยั้งประมาณร้อยละ 5.6 ($p< 0.01$) (Coye et al., 1986)

Fillmore and Lessenger ศึกษาในกลุ่มเกษตรกรในรัฐแคลิฟอเนียร์ ประเทศสหรัฐอเมริกา พบผู้ป่วยอายุ 28 ปี มีอาชีพเกี่ยวกับการพ่นสารปราบศัตรูพืชกลุ่มที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสหลายชนิดด้วยกัน พบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในช่วงแรกทั้งในเลือดและเม็ดเลือดแดง เท่ากับ 846 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร และ 12,181 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร ตามลำดับ ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับระดับของค่าเฉลี่ยที่ตรวจวัดในครั้งแรกซึ่งเท่ากับ 3,153 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร และ 13,103 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร (Fillmore and Lessenger, 1993) และรายงานว่าขณะทำการศึกษาระยะเวลา 2 ปี ในเขตชนบทเมือง Kern และ Fresno รัฐแคลิฟอเนียร์ พบผู้ป่วยอายุ 35 ปี มีอาชีพเป็นลูกจ้างในฟาร์มซึ่งมีการใช้สารปราบศัตรูพืชชนิดคลอฟิยริฟอสและเมทิลาไธออนอยู่เป็นประจำ บันทึกระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสครั้งแรกไว้ในช่วงกลางเดือนมีนาคม ค.ศ. 1989 หลังจากนั้นเขายังทำการพ่นสารปราบศัตรูพืชดังกล่าวอย่างต่อเนื่องและได้ตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด วันที่ 6 กรกฎาคม ค.ศ. 1989 พบว่าระดับเอนไซม์ลดลงต่ำถึงร้อยละ 51.5 ของค่าที่ตรวจวัดในครั้งแรก ส่วนระดับเอนไซม์ในเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ในช่วงแรกพบว่าไม่มีอาการผิดปกติทางกาย แต่หลังจากนั้น 2 วัน เขาต้องเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลถึง 10 วัน ด้วยอาการตาพร่า (Blurred vision) มองภาพซ้อน (Double vision) ชาบริเวณแขน (Numbness of the hands) น้ำลายไหล (salivation) และมีรสโลหะภายในปาก (Metallic taste in the mouth) ได้เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากแหล่งสัมผัสและตรวจวัดระดับเอนไซม์ในเลือดหลังจากนั้น 1 สัปดาห์พบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดกลับสูงขึ้นถึงร้อยละ 81 ของค่าที่ตรวจวัดในครั้งแรกไม่มีอาการผิดปกติเพิ่มเติมและอนุญาตให้ไปทำงานได้ตามปกติรวมทั้งติดตามผลระดับเอนไซม์ในเลือด ทุก ๆ เดือน (Fillmore and Lessenger, 1993)

นอกจากนี้พบว่าคนงานชายซึ่งทำงานบริษัทฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืชชนิดเมทิลาไธออน มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดและในเม็ดเลือดแดงต่ำลงจากค่าที่ตรวจวัดในครั้งแรกถึงร้อยละ 80 และ 97 หลังจากนั้นเขาไม่ได้สัมผัสสารปราบศัตรูพืชอีกประมาณ 4 เดือน พบว่าระดับเอนไซม์ในเลือดและเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าระดับที่ตรวจวัดครั้งแรกร้อยละ 52 และ 83 หลังจากนั้นอีกประมาณ 1 เดือน มีระดับเอนไซม์ต่ำกว่าระดับจากค่าที่ตรวจวัดในครั้งแรกร้อยละ 23 และ 77 ตามลำดับ ผู้ป่วยถูกนำเข้ารักษาในโรงพยาบาล 3 สัปดาห์ ด้วยอาการตาพร่ามองภาพไม่ชัดเจน เจ็บหน้าอกและท้องเสียประมาณ 1/2 สัปดาห์ ผลการตรวจร่างกายทั่วไปปกติ และติดตามการเจาะเลือดเพื่อหาระดับเอนไซม์ทุก ๆ สัปดาห์ ในระยะเวลาหลังจาก 2 เดือนผ่านไป (Fillmore and Lessenger, 1993) และผู้ป่วยอายุ 49 ปี ทำงานอยู่ในครอบครัวที่มีอาชีพทำฟาร์มซึ่งใช้สารปราบศัตรูพืชชนิดเมทโธมิล, เมทธิไดไธออน ตรวจวัดระดับเอนไซม์คลอรีนเอสเตอเรส ครั้งแรกในเลือดและเม็ดเลือดแดงเท่ากับ 2,755 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร และ 11,161 มิลลิยูนิต/มิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่ดีหากเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่าปกติ หลังจากนั้นประมาณ 1 เดือน ระดับเอนไซม์ใน

เลือดลดลงร้อยละ 58 จากค่าที่ตรวจวัดครั้งแรก ส่วนในเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เขาเล่าว่ามีอาการชามือ ขา และเท้าทั้งสองข้าง หายใจสั้น กระสับกระส่าย และในช่วงที่มีอาการผิดปกติเขายังคงดื่มสุราอยู่เป็นประจำ ซึ่งทราบว่าดีกว่าอัลกอฮอล์นั้นจะทำให้เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งและการเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชสูงขึ้น (Ames et al., 1989 ; Chu, 1985 ; Fillmore and Lessenger, 1993) ส่วนองค์กรอนามัยโลกสรุปว่า ถึงแม้ว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะลดต่ำลงร้อยละ 50 ของค่าที่ตรวจวัดครั้งแรก จะมีความสัมพันธ์กับการเกิดพิษอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามมีผู้ป่วยจำนวนมากที่ไม่มีอาการเป็นพิษใด ๆ เลย (Namba, 1971)

Wu et al. ศึกษาโดยการทดสอบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในกลุ่มคนงานในโรงงานผลิตสารปราบศัตรูพืชที่อยู่ในขบวนการผลิต พบว่าคนงาน จำนวน 43 คน จาก 515 คน ที่มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสถูกยับยั้งมากขึ้น ศึกษาเปรียบเทียบกับกลุ่มคนงานที่ไม่อยู่ในขบวนการผลิต อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีจำนวนคนงานที่มีอาการเป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืช (Wu et al., 1989)

การเจ็บป่วยที่สัมพันธ์กับปริมาณสารปราบศัตรูพืชที่ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสนั้น เป็นแรงผลักดันให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการแพทย์ที่รัฐแคลิฟอเนีย์ สหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาเฝ้าระวังเกษตรกรที่เป็นกลุ่มเสี่ยงมากขึ้น จากการศึกษาแบบย้อนหลัง (Retrospective cohort study) กลุ่มตัวอย่างเกษตรกร จำนวน 103 คน จากผลการศึกษาพบว่าคนงานร้อยละ 24 ได้ถูกเคลื่อนย้ายจากพื้นที่เกษตรกรรม เพราะว่าเกษตรกรกลุ่มนี้มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลงร้อยละ 60 ของค่ามาตรฐาน ร้อยละ 5 ที่มีอาการเป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืชระดับปานกลาง (Fillmore and Lessenger, 1993)

ซึ่งความรุนแรงของอาการและอาการแสดงผู้เป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืชนั้นแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับระดับของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 อาการและอาการแสดงพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต กับระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงที่ถูกยับยั้ง (Lotti, 1991)

ความรุนแรงของความเป็นพิษ ร้อยละเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดง	อาการและอาการแสดง
เล็กน้อย , มากกว่าร้อยละ 40	คลื่นไส้อาเจียน ท้องเสีย, หลอดลมตีบ เสมหะมาก, หัวใจเต้นผิดปกติ ผิดปกติ, ปวดศีรษะ, วิงเวียนศีรษะ
ปานกลาง, มากกว่าร้อยละ 20, น้อยกว่าร้อยละ 40	เหมือนข้างบน ร่วมกับไม่สามารถควบคุม การขับถ่ายปัสสาวะ, อุจจาระได้
รุนแรง, น้อยกว่าร้อยละ 20	เหมือนข้างบน ร่วมกับมีอาการชัก, หมดสติ

ถ้าพบระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดอยู่ในระดับต่ำที่เป็นเครื่องชี้ว่าร่างกายได้รับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต หรือสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตเข้าไปมากเกินไป และสารกลุ่มนี้จะไปยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสให้มีระดับต่ำลงจากปกติ

สลักจิตร ชุกะวัฒน์ รายงานว่าผู้ที่ใช้สารปราบศัตรูพืชมีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสแตกต่างจากผู้ที่ไม่เคยใช้สารปราบศัตรูพืช อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สลักจิตร, 2529) ส่วนสาวิตร วรรณพิณ ศึกษาตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเกษตรกรแล้วพบว่า ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสของกลุ่มคนปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 79 ยูนิต และกลุ่มผู้ป่วยที่ได้รับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31 ยูนิต ตามลำดับ (สาวิตร, 2521)

จากการศึกษาปัญหาสารปราบศัตรูพืชตกค้างในพืชและสิ่งแวดล้อมกับโครงการผลิตผักอนามัย พบว่าในตัวอย่างเลือดจากเกษตรกรผู้เกี่ยวข้องกับการใช้สารปราบศัตรูพืช ในเขตจังหวัดปราจีนบุรี ฉะเชิงเทรา และกรุงเทพมหานคร จำนวนทั้งสิ้น 45 คน ผลตรวจวัดพบว่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสต่ำกว่าเกณฑ์ปกติเท่ากับ 55 หน่วย คิดเป็นร้อยละ 6.89 ของกลุ่มตัวอย่างเกษตรกร (สมปอง, 2530) อ้างใน ประเสริฐ ผลรัตน์ ถึงการศึกษาสารปราบศัตรูพืชตกค้างในร่างกายเกษตรกรที่ใช้สารปราบศัตรูพืชในแต่ละพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกพืชที่แตกต่างกัน พบว่าเกษตรกรทุกพื้นที่เพาะปลูกที่ทำการศึกษามีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำกว่าปกติ แต่ละปีมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกพื้นที่ (ประเสริฐ, 2534)

การเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชในประเทศไทยนั้นจากข้อมูลการเฝ้าระวังโรคของกองระบาดวิทยา สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 จนถึง พ.ศ. 2536 มีรายงานการเกิดพิษจากสารปราบศัตรูพืชต่อประชากร 100,000 คน มีแนวโน้มสูงมากระหว่างปี พ.ศ. 2530-2533 และมีแนวโน้มที่ลดลงหลังปี พ.ศ. 2533 เป็นต้นมา (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2539)

ผลจากการศึกษาตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดของเกษตรกร อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม จำนวน 32 คน พบว่ามีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส อยู่ในช่วง 72-128 ยูนิต หรือ 109.5 ยูนิต โดยเฉลี่ย ส่วนระดับปกติที่คณะแพทย์ศิริราชพยาบาล ได้สำรวจในคนไทยคือ 85-135 ยูนิต ผู้มีระดับเอนไซม์ต่ำกว่าปกติ จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.25 (อู่แก้ว, 2531) ส่วน Rama และ Jaga ได้ศึกษาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในกลุ่มเกษตรกรที่สัมผัสสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตในแอฟริกาใต้ ซึ่งทำการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสพบว่า ร้อยละ 77 ของคนงานมีค่าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงต่ำกว่าปกติ ส่วนระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำกว่ามาตรฐานร้อยละ 27 (Keifer and Ellen, 1997)

ในปี พ.ศ. 2536 พบว่ามีผู้ป่วยที่ได้รับสารปราบศัตรูพืชทั่วประเทศ 3,170 คน (ระบาดวิทยา, กอง, 2536) จากการศึกษาของกลุ่มเกษตรกร พบว่า ร้อยละ 1.8 ของเกษตรกรในเขตอำเภอวังทอง และอำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก อำเภอด่านสารหอยและอำเภอศรีมาส จังหวัดสุโขทัย มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดผิดปกติ กลุ่มเกษตรกร อำเภอบรรพตพิสัย อำเภอเก้าเลี้ยว และอำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ พบว่ามีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส ในเลือดต่ำกว่าปกติ ร้อยละ 1.4 มานิต ธีระตันติกานนท์ และคณะ ได้สำรวจการใช้สารปราบศัตรูพืชในเกษตรกร อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา พบว่าเกษตรกรมีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดอยู่ในระดับปลอดภัยร้อยละ 83.6 มีความเสี่ยงร้อยละ 13.3 (มานิต และคณะ, 2535) และจากผลการศึกษาปัญหาการใช้สารปราบศัตรูพืช ในชาวสวนมะลิ จำนวน 143 คน ในเขตอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม โดยการตรวจระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือด พบว่าเกษตรกร จำนวน 68 คน มีระดับเอนไซม์ต่ำกว่ามาตรฐาน (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2530)

สภาพปัญหาที่เกิดจากการเป็นพิษจากการใช้สารปราบศัตรูพืช โดยปราศจากการระมัดระวังตัว และขาดประสบการณ์ดังกล่าว ทำให้ประชาชนได้รับอันตรายจากสารเหล่านี้เป็นจำนวนมาก โดยส่วนใหญ่เกิดจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต สารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต และสารกำจัดวัชพืช ดังตารางที่ 2-6 (ระบาดวิทยา, กอง, กระทรวงสาธารณสุข, 2537)

ตารางที่ 2-6 จำนวนประชาชนที่ได้รับอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ

สารปราบศัตรูพืช	2536	2537
ออร์กาโนฟอสเฟต	660	614
คาร์บาเมต	187	148
ออร์กาโนคลอรีน	35	15
ไพรีทรอยด์และสารสังเคราะห์จากไพรีทรอยด์	19	24
สารกำจัดวัชพืช	272	281
สารกำจัดหนู	33	27
ไม่ทราบกลุ่ม	101	188
ไม่ระบุชนิด	1,992	1,868
รวม	**3,299**	**3,165**

ส่วนข้อมูลการเฝ้าระวังการได้รับพิษจากสารปราบศัตรูพืชในโรงพยาบาล 3 จังหวัด คือ โรงพยาบาลบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลในเขตชุมชนชนบท โรงพยาบาลพิจิตร จังหวัดพิจิตร และโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา พบว่าโรงพยาบาลบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ รายงานผู้ป่วยที่ได้รับพิษย้อนหลังประมาณ 4 ปี ในช่วง พ.ศ. 2534-2538 มีอัตราป่วย 26 คนต่อประชากรแสนคน 28.3 คนต่อประชากรแสนคน 28.3 คนต่อประชากรแสนคน 26.4 คนต่อประชากรแสนคน และ 23.5 คนต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราที่สูงเมื่อเทียบกับโรคอื่น ๆ จำนวนผู้ป่วยชายต่อหญิงประมาณ 2 : 1 อายุเฉลี่ย 27 ปี เป็นช่วงที่อยู่ในวัยหนุ่มสาว สถิติที่พบจะมากในช่วงที่เป็นฤดูการเพาะปลูก และเก็บเกี่ยวโดยเฉพาะอย่างยิ่งเดือนมิถุนายนถึงพฤศจิกายนของทุกปี สาเหตุการได้รับสารปราบศัตรูพืชที่พบบ่อยไม่เป็นปัญหาในการรักษา ได้แก่ การรับสารเข้าร่างกายทางผิวหนังและการหายใจเอาละอองสารปราบศัตรูพืชเข้าร่างกาย แต่อย่างไรก็ตามพบว่าปัญหาที่ทำให้ผู้ป่วยเหล่านี้เสียชีวิตจากการกินเพื่อฆ่าตัวตาย ส่วนโรงพยาบาลพิจิตร จังหวัดพิจิตร นั้น รายงานว่าผู้ป่วยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2538 พบว่ามีผู้เข้ารับการรักษาปีละประมาณ 60-80 ราย และยังมีอีกกลุ่มหนึ่งที่รักษาที่ห้องผู้ป่วยนอกซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอาการน้อย ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากสาร

ปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ส่วนสารปราบศัตรูพืชกลุ่มสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมต พบได้น้อยมาก สาเหตุจากการได้รับสารปราบศัตรูพืชมักมาจากการฆ่าตัวตาย ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ต้องรับไว้รักษาไว้ในโรงพยาบาล ส่วนการสูดดมขณะทำงานหรือได้รับโดยบังเอิญ เช่น การรับประทานผักที่ปนเปื้อนสารปราบศัตรูพืชมักมีอาการไม่รุนแรง สถิติจะพบมากในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์

ตารางที่ 2-7 รายงานจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับพิษจากสารปราบศัตรูพืชในโรงพยาบาลพิจิตร จังหวัดพิจิตร พ.ศ. 2536-2538

สารปราบศัตรูพืช	2536	2537	2538
ออร์กาโนฟอสเฟต	29	44	35
คาร์บาเมต	2	3	3
พาราควอท	10	23	12
สารกำจัดแมลงอื่น ๆ	11	15	10
รวม	**52**	**85**	**60**

และโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา ได้รายงานผู้ป่วยที่ได้รับพิษตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534-2538 พบว่ามีผู้เข้ารับการรักษาปีละประมาณ 160 ราย ส่วนใหญ่มักจะเป็นผู้ป่วยหนักที่โอนย้ายมาเพื่อรับการรักษาต่อ สถิติการรับผู้ป่วยในแต่ละเดือนไม่แตกต่างกัน ในจำนวนนี้ผู้ป่วยเสียชีวิตประมาณร้อยละ 30 ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ส่วนสารปราบศัตรูพืชกลุ่มคาร์บาเมตพบน้อยกว่า สาเหตุการได้รับพิษมักมาจากการฆ่าตัวตาย

ตารางที่ 2-8 รายงานจำนวนผู้ป่วยและผู้เสียชีวิตจากสารปราบศัตรูพืชในโรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2534-2538

สารปราบศัตรูพืช	2534		2535		2536		2537		2538	
	ผู้ป่วย	เสียชีวิต	ผู้ป่วย	เสียชีวิต	ผู้ป่วย	เสียชีวิต	ผู้ป่วย	เสียชีวิต	ผู้ป่วย	เสียชีวิต
ออร์กาโนฟอสเฟต	185	45	118	34	126	29	133	41	129	44
คาร์บาเมต	5	1	10	-	5	-	20	1	5	-
พาราควอท	13	5	9	6	7	1	25	11	18	6
ดีดีที	-	-	5	1	2	-	2	-	1	1
รวม	**203**	**51**	**142**	**41**	**140**	**30**	**180**	**53**	**153**	**51**

2.13 แนวทางการเฝ้าระวังอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชในเกษตรกร

ปัจจุบันนี้แนวโน้มการใช้สารปราบศัตรูพืชในกลุ่มเกษตรกรเพิ่มเรื่อย ๆ การใช้สารปราบศัตรูพืชเหล่านี้มักเพิ่มขึ้นทั้งขนาดและปริมาณซึ่งไม่ได้ควบคุมอย่างถูกวิธี รวมทั้งวิธีการปฏิบัติต่อการใช้สารปราบศัตรูพืชก็ไม่ถูกต้องเท่าที่ควร เช่น ไม่ได้ใช้เครื่องป้องกันอันตรายส่วนบุคคลขณะใช้สารปราบศัตรูพืช การสูบบุหรี่ขณะใช้สารปราบศัตรูพืช เป็นต้น ทำให้สารปราบศัตรูพืชมีพิษต่อสุขภาพและชีวิตของมนุษย์ได้ ศูนย์อาชีวอนามัยที่ 1 ได้ทำการศึกษาเกษตรกรสวนมะลิที่ใช้สารปราบศัตรูพืช ที่อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม จำนวน 143 ราย พบว่า มีเกษตรกรจำนวนร้อยละ 50 ที่ใช้เครื่องป้องกันอันตรายจากสารปราบศัตรูพืช และร้อยละ 47.55 มีผลระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดต่ำกว่าระดับมาตรฐาน (อาชีวอนามัย, กอง, ศูนย์อาชีวอนามัยที่ 1, 2530) นอกจากนั้นยังมีผลการศึกษาจากนักวิชาการจำนวนมากดังได้กล่าวมาแล้ว จึงควรที่จะมีแนวทางในการเฝ้าระวังอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชอย่างเคร่งครัดและต่อเนื่อง

การศึกษาเฝ้าระวังสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานกลุ่มเสี่ยงนั้น ควรที่จะกระทำอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่องเพื่อวินิจฉัยความเป็นพิษจากสารปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต และทำการรักษาคนงานกลุ่มเสี่ยงในระยะเวลาอันรวดเร็วที่สุดซึ่งสิ่งที่สำคัญที่สุดคือการตรวจวัดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสระยะเริ่มแรกเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน (Baseline data) จากการสำรวจคนงานชาวเม็กซิกันที่ทำงานในโรงงานผลิตสารฆ่าแมลง จำนวน 23 คน พบว่าทั้ง 23 คน ทั้งกลุ่มที่สัมผัสและไม่สัมผัส มีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสอยู่ในระดับปกติ ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีระดับเอนไซม์ดังกล่าวใกล้เคียงกัน ระดับ

เอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสจะมีค่าสัมประสิทธ์ความแปรปรวนของค่าฮีโมโกลบินร้อยละ 12 (Hemoglobin adjusted erythrocyte cholinesterase) จะมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนลดลงร้อยละ 7.4 (ร้อยละ 90 ของค่าช่วงความเชื่อมั่น) ของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสเท่ากับ 24.9-31.7 ยูนิตต่อฮีโมโกลบิน แม้ว่าระดับเอนไซม์ข้อมูลพื้นฐานนั้นจะอยู่ในระดับปกติ แต่ควรจะพึงตระหนักว่าผลระดับเอนไซม์ไม่ควรจะต่ำร้อยละ 78 ของค่าที่ตรวจวัดครั้งแรก (McConnell et al., 1992) อย่างไรก็ตามถึงแม้ระดับเอนไซม์จะอยู่ในระดับปกติ แต่ควรจะเฝ้าระวังอย่างต่อเนื่อง

Kasima ได้ทำการศึกษาและกำหนดระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดไว้เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมสุขภาพของเกษตรกรดังนี้

1. ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลงร้อยละ 25 จากค่ามาตรฐานแสดงว่าร่างกายได้รับสารปราบศัตรูพืชมากเกินไป เกษตรกรควรจะดูแลและป้องกันตัวเองจากการสัมผัสกับสารปราบศัตรูพืช

2. ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลงร้อยละ 50 จากค่ามาตรฐานแสดงว่าร่างกายได้รับสารปราบศัตรูพืชมากเกินไป เกษตรกรควรจะหลีกเลี่ยงการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชโดยการเปลี่ยนงานจนกว่าระดับจะเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดจะเข้าสู่ภาวะปกติ

3. ระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดลดลงร้อยละ 75จากค่ามาตรฐาน แสดงว่าร่างกายได้รับสารปราบศัตรูพืชมากเกินไปอย่างรุนแรง เกษตรกรควรจะหลีกเลี่ยงการสัมผัสสารปราบศัตรูพืช โดยการหยุดงาน และรับการรักษาตัว จนกว่าระดับจะเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดจะเข้าสู่ภาวะปกติ

ส่วนองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้ให้คำแนะนำผู้ประกอบอาชีพที่ต้องใช้สารปราบศัตรูพืช ดังนี้ (อาชีวอนามัย, กอง, กรมอนามัย, 2538)

1. ควรตรวจเลือดหาระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสทุกสัปดาห์

2. ถ้าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงร้อยละ 25 ต้องมีมาตรการเฝ้าระวังเป็นพิเศษ

3. ถ้าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงร้อยละ 37.5 ต้องสืบสวนหาสาเหตุของความผิดปกติ

4. ถ้าระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสลดลงร้อยละ 50 ต้องแยกบุคลากรออกจากพื้นที่อย่างรวดเร็ว

5. จากข้อ 4 ต้องงดการทำงานในพื้นที่เสี่ยงอย่างน้อย 2 สัปดาห์ หรือจนกว่าระดับเอนไซม์จะมีระดับที่ปกติ

ตารางที่ 2-9 การเฝ้าระวังสภาวะสุขภาพของการสัมผัสสารปราบศัตรูพืชที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรส (WHO, 1986)

ร้อยละของเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเม็ดเลือดแดงที่ถูกยับยั้ง (Erythrocyte AchE % inhibition)	ข้อควรปฏิบัติ
20 - 30	ตรวจสุขภาพ
30 - 50	ตรวจสุขภาพและเคลื่อนย้ายพื้นที่เสี่ยง
50 - 60	ตรวจสุขภาพ เคลื่อนย้ายพื้นที่เสี่ยง และเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล

นอกจากนั้นควรมีหลักการและแนวทางในการป้องกันอันตรายจากสารปราบศัตรูพืชในเกษตรกร ดังนี้

1. ให้ความรู้แก่กลุ่มเกษตรกรถึงลักษณะอาการของผู้ได้รับสารปราบศัตรูพืช และอันตรายของสารปราบศัตรูพืช

2. ให้ความรู้ด้านการปฐมพยาบาลเบื้องต้น เพื่อขจัดสารปราบศัตรูพืชก่อนนำส่งโรงพยาบาล เช่น การขจัดสารปราบศัตรูพืชออกจากกระเพาะอาหารโดยการป้องกันการดูดซึม โดยการทำให้อาเจียนทำได้โดยใช้นิ้วล้วงคอ หรือให้ดื่มน้ำเกลือ ใช้เกลือ 1 ช้อนโต๊ะต่อน้ำอุ่น 1 แก้ว การป้องกันการดูดซึมของสารปราบศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังนั้น โดยการถอดเสื้อผ้าล้างบริเวณที่เปื้อนด้วยน้ำมาก ๆ และการป้องกันการรับสารปราบศัตรูพืชเข้าระบบทางเดินหายใจนั้น โดยการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากบริเวณที่เสี่ยงต่อสารปราบศัตรูพืชและทำให้ผู้ป่วยไปอยู่ที่โล่งเหนือลม

3. ให้ความรู้เรื่องการใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล ขณะปฏิบัติงาน เช่น หน้ากากป้องกันทางเดินหายใจ แว่นตา ถุงมือ รองเท้า เป็นต้น

4. การดูแลทำความสะอาดร่างกายหลังใช้สารปราบศัตรูพืชทุกครั้ง เพื่อป้องกันการ ปนเปื้อนของผิวหนัง

5. การประเมินสุขภาพเกษตรกรก่อนเข้าทำงาน ซึ่งคนปกติจะต้องมีระดับเอนไซม์โคลีนเอสเตอเรสมากกว่าร้อยละ 70

6. ให้ความรู้แก่เกษตรกรได้ตระหนักถึงความรับผิดชอบต่อชีวิตผู้อื่น