บทที่ 2 : ทบทวนวรรณกรรม

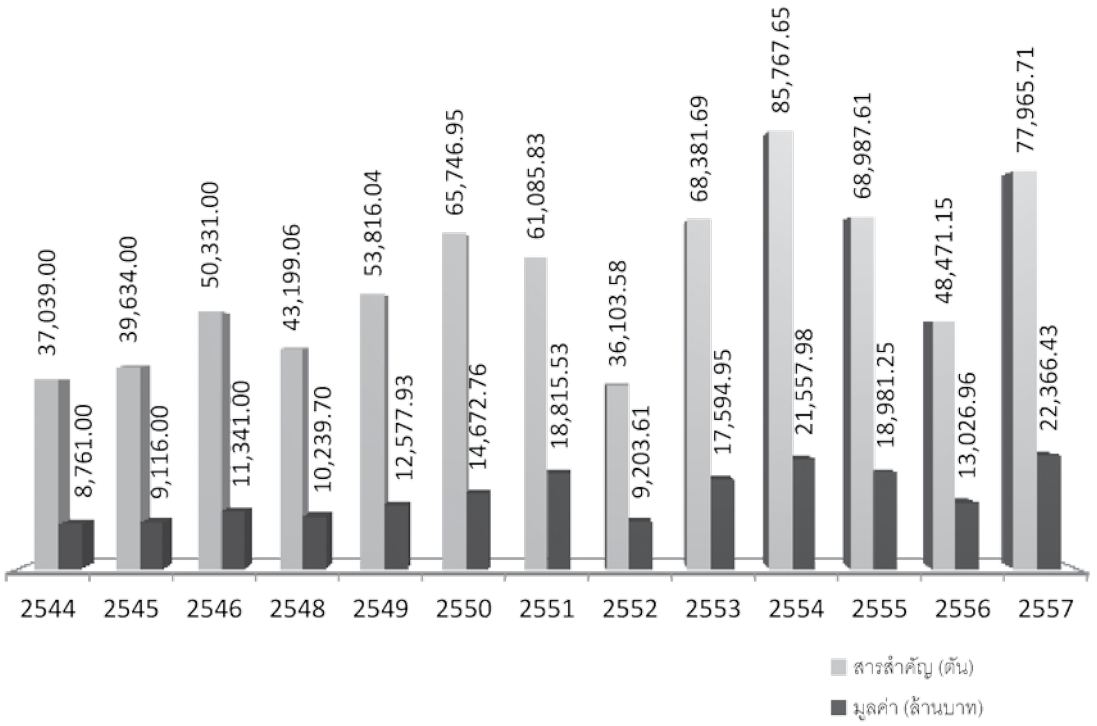
2.1 สถานการณ์การเกษตรและการใช้สารเคมี

ในประเทศไทยภาคการเกษตรเป็นภาคที่มีสัดส่วนโดยประมาณร้อยละ 10 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533-2546[1] ทั้งนี้มีมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์และปัจจัยการเกษตรในระหว่างปี พ.ศ. 2543-2552 คิดเป็นประมาณร้อยละ 20 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งประเทศ (ตารางที่ 2-1) และจากนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งให้ประเทศไทยเป็นครัวของโลก โดยการส่งออกสินค้าอาหารไปยังตลาดโลก จึงส่งผลให้มีการผลิตเพิ่มขึ้น และมีการขยายพื้นที่การผลิตมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง[6] ผลจากการขยายพื้นที่การผลิตพืชอาหารเพื่อการส่งออกเหล่านี้ ทำให้ความต้องการปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะสารเคมีทางการเกษตร โดยพบว่าการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยในทศวรรษที่ผ่านมามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2557 มีการนำเข้าสารออกฤทธิ์ จำนวน 77,965.71 ตัน คิดเป็นมูลค่า 22,366.43 ล้านบาท ซึ่งมากกว่าสองเท่าของข้อมูลในปี พ.ศ. 2544 ที่มีการนำเข้าสารออกฤทธิ์ จำนวน 37,039 ตัน และคิดเป็นมูลค่า 8,761 ล้านบาท[3] (ภาพที่ 2-1) สารกำจัดศัตรูพืชจัดเป็นปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อต้นทุนโดยตรงของเกษตรกร พบว่าในรอบทศวรรษที่ผ่านมาสารกำจัดศัตรูพืชมีราคาสูงขึ้นตามกระแสเศรษฐกิจโลก ส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจากรายงานสถิติการปลูกข้าวในประเทศไทย กลับพบว่าแม้จะมีพื้นที่การผลิตเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตที่ได้กลับมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ (ตารางที่ 2-2) ในขณะที่ราคาของผลิตผลการเกษตรที่จำหน่ายได้ไม่คงที่และอาจมีทั้งราคาที่ลดต่ำลงหรือสูงขึ้นตามกระแสเศรษฐกิจโลก (ตารางที่ 2-3) นั่นย่อมเป็นเหตุให้รายได้สุทธิของเกษตรกรลดลง หรือไม่สามารถดำรงชีพอยู่ได้อย่างพอเพียง

ตารางที่ 2-1 มูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2543-2552

ปี	สินค้าส่งออกทั้งหมด (ล้านบาท)	สินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์และปัจจัยการเกษตร	
		(ล้านบาท)	สัดส่วน (ร้อยละ)
2543	2,764,352	626,286	22.66
2544	2,880,463	685,148	23.79
2545	2,917,709	694,403	23.80
2546	3,325,630	804,349	24.19
2547	3,867,224	883,177	22.84
2548	4,431,016	733,048	16.54
2549	4,930,194	842,478	17.09
2550	5,296,507	886,857	16.74
2551	5,850,777	1,087,172	18.58
2552	5,196,970	988,653	19.02

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)[6]



ที่มา: สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร (2557)[3]

ภาพที่ 2-1 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2544-2557
(สารเคมีกำจัดศัตรูพืช หมายถึง สารป้องกันกำจัดแมลง โรคพืช วัชพืช หนู หอยและหอยทาก ไร และ ไส้เดือนฝอย)

ตารางที่ 2-2 พื้นที่เพาะปลูกข้าวและผลผลิตต่อไร่จากการผลิตข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) ของเกษตรกรไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2552

ปี	เนื้อที่เพาะปลูก (1,000 ไร่)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
2543	66,492	418
2544	66,272	443
2545	66,440	464
2546	66,404	464
2547	66,565	457
2548	67,677	474
2549	67,616	467
2550	70,187	481
2551	69,825	474
2552	71,542	460

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2553)[6]

ตารางที่ 2-3 ราคาผลิตผลที่เกษตรกรจำหน่ายได้ ระหว่าง ปี พ.ศ. 2545-2554

พ.ศ.	ข้าวเปลือกเจ้านาปี 105 100%		ข้าวเปลือกเจ้านาปรัง ความชื้น 14-15%		หอมแดงหัวใหญ่		กระเทียมสด	
	ราคาเฉลี่ย (บาท/เกวียน)	ราคาเพิ่ม/ลด	ราคาเฉลี่ย (บาท/เกวียน)	ราคาเพิ่ม/ลด	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาเพิ่ม/ลด	ราคาเฉลี่ย (บาท/กก.)	ราคาเพิ่ม/ลด
2544	5,725	x	4,099	x	15.24	x	5.6	x
2545	5,328	-397	4,487	388	17.44	2.20	7.42	1.82
2546	6,940	1,612	4,693	206	15.03	-2.41	8.32	0.90
2547	8,460	1,520	5,349	656	8.36	-6.67	6.48	-1.84
2548	7,685	-775	6,617	1,268	14.8	6.44	5.12	-1.36
2549	8,032	347	6,726	109	22.09	7.29	8.91	3.79
2550	8,875	843	6,427	-299	11.09	-11.00	11.86	2.95
2551	12,536	3,661	12,127	5,700	14.56	3.47	4.24	-7.62
2552	13,819	1,283	9,909	-2,218	x	x	7.23	2.99
2553	13,171	-648	8,040	-1,869	x	x	14.69	7.46
2554	15,289	2,118	8,447	407	x	x	15.83	1.14

x หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ที่มา: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555)[7]

2.2 การปนเปื้อนและแพร่กระจายของสารกำจัดศัตรูพืช

สารกำจัดศัตรูพืชอาจปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ในทุกขั้นตอนและกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่กระบวนการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต การขนส่ง เคลื่อนย้ายและการกระจายไปสู่ผู้ใช้ กระบวนการนำไปใช้เพื่อการผลิตพืชผลทางการค้าไปจนถึงการใช้ในบ้านเรือน โดยกิจกรรมที่เป็นแหล่งก่อกำเนิดการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมนั้น ได้แก่

➢ โรงงานผลิตสารกำจัดศัตรูพืช ทั้งโรงงานที่ผลิตสารสำคัญตั้งต้น ซึ่งมักเป็นโรงงานขนาดใหญ่และมีจำนวนไม่มากในโลกนี้ และโรงงานที่บรรจุหรือแบ่งบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อวางจำหน่ายในท้องตลาด โดยมีตั้งแต่โรงงานขนาดใหญ่ไปจนถึงขนาดเล็กและมีจำนวนมากมายกระจายอยู่ในพื้นที่ท้องถิ่นทั่วไปทุกภูมิภาคของโลก การปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในขั้นตอนนี้อาจเกิดได้จากสาเหตุดังนี้ เช่น

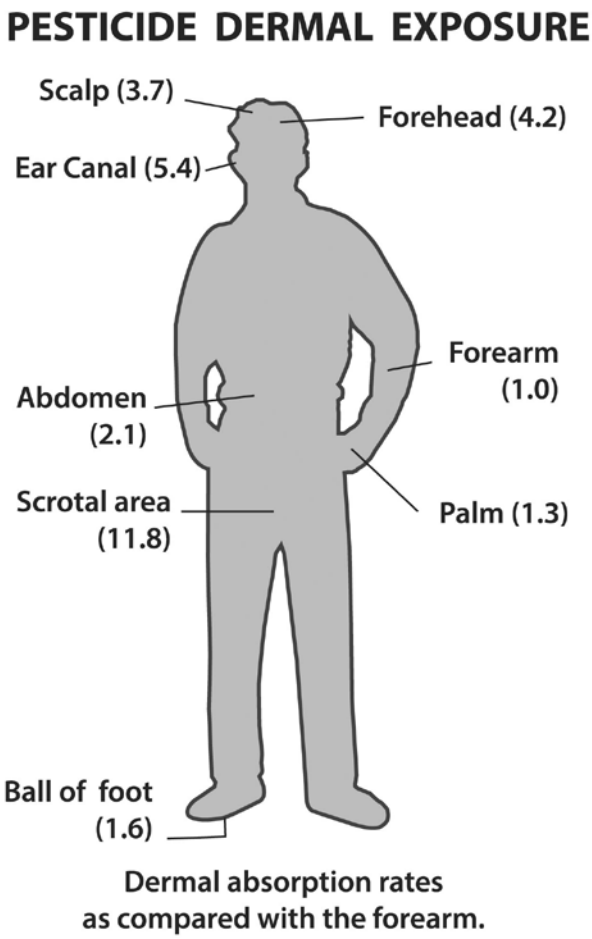
- ระบบการผลิตที่ไม่ถูกต้องตามหลักอาชีวอนามัยและความปลอดภัย อาจทำให้เกิดการแพร่กระจายไปในอากาศ และพื้นที่โดยรอบบริเวณการผลิต
- การหมดสภาพหรือหมดอายุของวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต ถังบรรจุสาร เช่น ปั๊มดูดสาร หรือ วาล์วปิด-เปิด ไม่ทำงาน หรือการหมดสภาพของบรรจุภัณฑ์สำเร็จที่เตรียมจัดส่งไปยังผู้ซื้อ
- ลักษณะสภาพแวดล้อม เช่น สภาพอากาศร้อน ที่อาจทำให้สารบางชนิดเกิดการระเหยเป็นไอที่มีแรงดันจนเกิดการระเบิด หรือ รั่วซึมของบรรจุภัณฑ์ได้
- ความประมาทเลินเล่อของพนักงานภายในโรงงาน ทำให้เกิดการตกหล่น[8]

- โรงงานผลิตเครื่องเฟอร์นิเจอร์ หรือเครื่องใช้ประเภทไม้ ซึ่งมีความจำเป็นต้องใช้สารกำจัดศัตรูไม้ในระหว่างกระบวนการผลิต หรือระหว่างการเก็บรักษาไม้ที่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต
- ร้านจำหน่ายหรือร้านค้าปลีกสารเคมีการเกษตร
- กิจกรรมการรับจ้างพ่นสารเคมีในการเกษตร
- กิจกรรมการเกษตร ซึ่งลักษณะการใช้และชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชปลูกและฤดูกาลเพาะปลูก
- การใช้ในบ้านเรือน ชุมชน สวนสาธารณะ และสันทนาการ เช่น สนามกอล์ฟ

ระดับความเข้มข้นของสารกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจพบในขณะที่เกิดการปนเปื้อน มักจะสูงเป็นสิบเท่าหรือพันเท่าของความเข้มข้นในขณะที่นำไปใช้ และที่ระดับความเข้มข้นสูงนี้อัตราการสลายตัวโดยธรรมชาติจะเป็นไปอย่างช้ากว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการปนเปื้อนในระดับความเข้มข้นที่ต่ำ เช่น การศึกษาของ Wolf และคณะ[9] พบว่าสาร parathion ความเข้มข้น 95,000 ppm ที่ตกค้างบนผิวดินชั้นบน ในระดับไม่เกิน 2.5 ซม. นั้น จะลดลงเหลือ 15,000 ppm แม้จะผ่านไปนานถึง 6 ปี หรือการรายงานของ Yong[10] ว่า สาร 2,4-D ในดินจากพื้นที่ที่ใช้เป็นแหล่งเก็บสารนั้นจะต้องใช้เวลานานกว่า 2 ปี จึงจะลดความเข้มข้นลงได้ร้อยละ 10 ของระดับความเข้มข้นตั้งต้น หรืออีกกรณีหนึ่ง คือ การฝังถังบรรจุสาร 2,4-D ในสหรัฐอเมริกาในปี 1966 ทำให้ดินเกิดการปนเปื้อนด้วยสาร 2,4-D นั้น หลังจากผ่านไปเป็นเวลานานมากกว่า 30 ปี คือ ในปี 1997 มีการขุดพบโดยบังเอิญและจากการตรวจวิเคราะห์พบว่าสารยังมีความเข้มข้นในดินในระดับหลายพัน ppm นอกจากในดินแล้ว ยังพบการรายงานการปนเปื้อนในแหล่งน้ำใต้ดินด้วย เช่น การศึกษาในสหรัฐอเมริกาพบการปนเปื้อนของสาร chlorpyrifos ในระดับ 0.02 - 10.5 ppb ซึ่งไม่พบปนเปื้อนในดินในบริเวณใกล้เคียง[11] และการสำรวจในพื้นที่ทำการเกษตร พบว่าในพื้นที่ที่เกษตรกรทำการเตรียมสารกำจัดศัตรูพืชสำหรับการฉีดพ่นบริเวณใกล้บ่อน้ำจะมีแนวโน้มการตรวจพบสารกำจัดวัชพืช triazine หรือ alachlor มากกว่าในพื้นที่ที่เกษตรกรไม่ได้เตรียมสารกำจัดศัตรูพืชบริเวณใกล้บ่อน้ำ[12] ชี้ให้เห็นว่าการทิ้งน้ำที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชในบริเวณใกล้แหล่งน้ำโดยขาดการควบคุมที่ดีนั้นจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนในบ่อน้ำได้[13]

2.3 ความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืช[14]-[18]

สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดมีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์ อันตรายมักเกิดจากการใช้อย่างไม่ระมัดระวัง ไม่ปฏิบัติตามคำแนะนำ หรือเกิดจากอุบัติเหตุ เช่น การชำรุดแตกหัก รั่วไหล ของอุปกรณ์การฉีดพ่น และภาชนะบรรจุ รวมทั้งการกำจัดภาชนะที่ใช้แล้วอย่างไม่ถูกต้อง มนุษย์อาจได้รับสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่น การกลืนกิน การหายใจ การสัมผัสทางผิวหนังหรือดวงตา ผู้ที่มีหน้าที่พ่นสารกำจัดศัตรูพืชจะมีโอกาสได้รับสารผ่านทางผิวหนังมากที่สุด พื้นผิวของร่างกายแต่ละแห่งจะมีอัตราการซึมผ่านของสารกำจัดศัตรูพืชได้แตกต่างกัน (ภาพที่ 2-2) โดยสารเคมีจะสามารถซึมผ่านผิวหนังบริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ ช่องหู หน้าผาก กะโหลกศีรษะ ท้อง ฝ่าเท้า และ ฝ่ามือ ได้เร็วกว่าการซึมผ่านทางผิวหนังบริเวณท้องแขนได้ 11.8 5.4 4.2 3.7 2.1 1.6 และ 1.3 เท่า ตามลำดับ นอกจากนั้นรอยแผลบนผิวหนัง การเป็นโรคผิวหนังหรือภูมิแพ้ที่ผิวหนัง และอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้มีการดูดซึมสารเข้าสู่ร่างกายได้มากขึ้นด้วย กรณีที่ผู้พ่นสารกำจัดศัตรูพืชไม่ทำความสะอาดร่างกายทันทีที่ทำงานเสร็จสิ้น หรือชำระร่างกายได้ไม่สะอาดเพียงพอ จะทำให้ระยะเวลาในการรับสัมผัสสารนานขึ้น จึงมีโอกาสได้รับสารเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้นด้วย



ภาพที่ 2-2 อัตราการดูดซึมผ่านผิวหนังของสารเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับท้องแขน[14]

➢ สารกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate Insecticides)

รูปแบบส่วนใหญ่ของสารกลุ่มนี้ เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสแบบถาวร เมื่อได้รับเข้าสู่ร่างกายทั้งทางปาก ผิวหนัง และสูดดม จะมีอาการคลื่นไส้ วิงเวียน อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อหดตัวเป็นหย่อมๆ แน่นหน้าอก อาเจียน ท้องเดิน ตาพร่า น้ำลายออกมากกว่าปกติ ในกรณีที่มีอาการพิษรุนแรงจะหมดสติ น้ำลายฟูมปาก อุจจาระและปัสสาวะราด ชัก หายใจลำบาก และหยุดหายใจ ตัวอย่างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตที่มีจำหน่ายและค่าความเป็นพิษของสารเคมีซึ่งจำแนกตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) แสดงในตารางที่ 2-4 และ 2-5

ตารางที่ 2-4 ตัวอย่างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต

ชื่อสามัญ	ตัวอย่างชื่อการค้า	ความเป็นพิษ[1/] (LD_{50})	ระดับความเป็นพิษ[2/]	ผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง
อะซีเฟต (acephate)	ออธีน (Orthene)	866-945	III ต่ำ	อาจก่อมะเร็งและอาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
อะซินฟอส-เมทธิล (azinphos-methyl)	กูไธออน (Guthion)	5-20	Ia สูงมาก	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
คาร์โบฟีโนไธออน (carbophenothion)	ไตรไธออน (Trithion)	6.8-36.9	Ib สูง	ไม่พบ
คลอร์เฟนวินฟอส (chlorfenvinphos)	เบอร์เลน (Birlane)	9.6-39	Ib สูง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos)	ลอร์สแบน (Lorsban) เดิสแบน (Dursban)	97-270	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
คูมาฟอส (coumaphos)	ไบมิกซ์ (Baymix) อะซุนโทล (Asuntol)	13-41	Ib สูง	ไม่พบ
ไซยาโนเฟนฟอส (cyanofenphos)	ซัวไซด์ (Surecide)	89	II ปานกลาง	ไม่พบ
ดีมีตอน (demeton)	ซีสทอก (Systox)	8.2-14	Ib สูง	ไม่พบ
ไดอะซินอน (diazinon)	ไดอะซินอน (Diazinon)	300 - 400	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
ไดคลอวอส (dichlorvos)	วาโปน่า (Vapona) ดีดีวีพี (DDVP)	25 - 80	Ib สูง	เป็นสารก่อมะเร็งและอาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
ไดโครโตฟอส (dicrotophos)	ไบดริน (Bidrin) คาร์ไบครอน (Carbicron)	22	Ib สูง	อาจก่อมะเร็ง
ไดเมทโธเอท (dimethoate)	ไดเมทโธเอท (dimethoate)	180-330	II ปานกลาง	อาจก่อมะเร็งและอาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
ไดซัลโฟตอน (disulfoton)	ไดซิสตอน (Disyston) โซลวิเร็กซ์ (Solvirex)	2 - 12	Ia สูงมาก	ไม่พบ
อี พี เอ็น (EPN)	คูมิฟอส (Cumiphos) ทาโมฟอส (Tamophos)	14-42	Ia สูงมาก	ไม่พบ

[1/] ปริมาณของสารที่ให้หนูทดลอง (rat) กินและทำให้ตายไปจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนหนูทั้งหมด หรือ Lethal Dose มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารต่อน้ำหนักตัวของหนูทดลอง 1 กิโลกรัม (LD_{50}: มก./กก.)

[2/] ระดับความเป็นพิษตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ตัวอย่างชื่อการค้า	ความเป็นพิษ[1/] (LD_{50})	ระดับความเป็นพิษ[2/]	ผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง
เฟนิโตรไธออน (fenitrothion)	ซูมิไธออน (Sumithion) โพลิไธออน (Polythion)	250-800	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เฟนไธออน (fenthion)	เลไบซิด (Lebaycid) ไบเท็กซ์ (Baytex)	180-298	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เฟนวาเลอเรท (fenvalerate)	ซูมิไซดิน (Sumicidin) มอสเคด (Moscade)	451	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
มาลาไธออน (malathion)	มาลาไธออน (Malathion) มาลาท็อกซ์ (Malatox)	1,000	II ปานกลาง	อาจก่อมะเร็งและ อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เมธามิโดฟอส (methamidophos)	ทามารอน (Tamaron) โมนิเตอร์ (Monitor)	19-21	Ib สูง	ไม่พบ
เมวินฟอส (mevinphos)	เมวินฟอส (Mevinphos) ฟอสดริน (Fosdrin)	3-12	Ia สูงมาก	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
โมโนโครโตฟอส (monocrotophos)	อโซดริน (Azodrin) โมโนครอน (Monocron)	17-20	Ib สูง	ไม่พบ
นาเลด (naled)	ไดบรอม (Dibrom)	50-281	II ปานกลาง	ไม่พบ
โอเมโธเอท (omethoate)	โฟลิแมท (Folimat)	50	Ib สูง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
อ็อกซิดีมีตอน-เมทธิล (oxydemeton-methyl)	เมตาซิสท็อกซ์-อาร์ (Matasystox-R)	65-75	Ib สูง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
พาราไธออน (parathion)	โฟลิดอล (Folidol) เมตาฟอส (Mataphos)	2-30	Ia สูงมาก	อาจก่อมะเร็งและ อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
โฟเรท (phorate)	ไทแมท (Thimat)	1.1-3.7	Ia สูงมาก	ไม่พบ
ฟอสซาโลน (phosalone)	โซโลน (Zolone)	90-205	II ปานกลาง	ไม่พบ
ไพริมิฟอส-เมทธิล (pirimiphos-methyl)	แอคเทลลิก (Actellic)	2050	III ต่ำ	ไม่พบ

[1/] ปริมาณของสารที่ให้หนูทดลอง (rat) กินและทำให้ตายไปจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนหนูทั้งหมด หรือ Lethal Dose มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารต่อน้ำหนักตัวของหนูทดลอง 1 กิโลกรัม (LD_{50}: มก./กก.)

[2/] ระดับความเป็นพิษตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ชื่อสามัญ	ตัวอย่างชื่อการค้า	ความเป็นพิษ[1/] (LD_{50})	ระดับความเป็นพิษ[2/]	ผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง
โปรพีโนฟอส (profenophos)	คูราครอน (Curacron) ซีลีครอน (Selecron)	358	II ปานกลาง	ไม่พบ
โปรไธโอฟอส (prothiophos)	โตกูไธออน (Tokuthion)	875-2000	II ปานกลาง	ไม่พบ
โปรโธเอท (prothoate)	แฟค (Fac)	8	Ib สูง	ไม่พบ
ควินัลฟอส (quinalphos)	เอคาลักซ์ (Ekalux)	62-137	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
ซัลโปรฟอส (sulprofos)	โบลสตาร์ (Bolstar)	65-304	II ปานกลาง	ไม่พบ
ไตรอะโซฟอส (triazophos)	ฮอสตาไธออน (Hostathion)	64-68	Ib สูง	ไม่พบ
ไตรคลอร์ฟอน (trichlorfon)	ดิพเทอร์เร็กซ์ (Dipterex) พร็อกซอล (Proxol)	150-649	II ปานกลาง	เป็นสารก่อมะเร็งและอาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ

[1/] ปริมาณของสารที่ให้หนูทดลอง (rat) กินและทำให้ตายไปจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนหนูทั้งหมด หรือ Lethal Dose มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารต่อน้ำหนักตัวของหนูทดลอง 1 กิโลกรัม (LD_{50}: มก./กก.)

[2/] ระดับความเป็นพิษตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2-5 การจำแนกความเป็นพิษของสารเคมีอันตรายตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO)

WHO Toxicity Classification		Rat LD_{50} (mg/kg)			
		Oral		Dermal	
Class	Description	Solids	Liquids	Solids	Liquids
Ia	Extremely hazardous	<5	<20	<10	<40
Ib	Highly hazardous	5-50	20-200	10-100	40-400
II	Moderately hazardous	50-500	200-2,000	100-1,000	400-4,000
III	Slightly hazardous	>500	>2,000	>1000	>4,000

ที่มา: Pesticide Action Network[17]

➢ สารกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate Insecticides)

รูปแบบส่วนใหญ่ของกลุ่มนี้ เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสแบบชั่วคราว ระยะเวลาออกฤทธิ์สั้น และสลายตัวได้เร็ว ทำให้ความเป็นพิษลดลง เมื่อได้รับทางปาก ผิวหนังและสูดดมจะมีอาการ มึนงง ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย กระวนกระวาย ม่านตาหรี่ คลื่นไส้ อาเจียน น้ำตาและน้ำลายไหล เหงื่อออกมาก ปวดท้องเกร็ง ชีพจรเต้นช้า และกล้ามเนื้อเกร็ง ตัวอย่างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมตที่มีจำหน่ายและค่าความเป็นพิษของสารเคมีซึ่งจำแนกตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก แสดงในตารางที่ 2-6

ตารางที่ 2-6 ตัวอย่างของสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาเมต

ชื่อสามัญ	ตัวอย่างชื่อการค้า	ความเป็นพิษ[1/]	ระดับความเป็นพิษ[2/]	ผลกระทบต่อสุขภาพแบบเรื้อรัง
ออลดิคาร์บ (aldicarb)	เทมมิค (Temik)	0.5-7	Ia สูงมาก	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เบนดิโอคาร์บ (bendiocarb)	ฟีแคม (Ficam) ไดคาร์บ (Dycarb)	34-156	II ปานกลาง	ไม่พบ
เบนฟูราคาร์บ (benfuracarb)	ออนโคล (Oncol)	105-205	II ปานกลาง	ไม่พบ
บีพีเอ็มซี (BPMC)	ฟีโนบูคาร์บ (Fenobucarb) ไบขาบ (Baycarb)	410-700	II ปานกลาง	ไม่พบ
คาร์บาริล (carbaryl)	เซพวิน (Savin)	250-850	II ปานกลาง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
คาร์โบฟูแรน (carbofuran)	ฟูราดาน (Furadan) คูราแทร์ (Curatarr)	5-13	Ib สูง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เมทธีโอคาร์บ (methiocarb)	เมซูโรล (Mesurol)	15-35	Ib สูง	ไม่พบ
เมทโธมิล (methomyl)	แลนเนท (Lannate) นิวดริน (Nudrin)	17-24	Ib สูง	อาจมีผลกระทบต่อต่อมไร้ท่อ
เอ็มไอพีซี (MIPC)	เอ็มไอพีซี (MIPC)	450-500	II ปานกลาง	ไม่พบ
อ๊อกซามิล (oxamyl)	ไวย์เดท (Vydate) อ๊อกซามิล (Oxamyl)	5.4	Ib สูง	ไม่พบ
โปรมีคาร์บ (promecarb)	คาร์บามัลท์ (Carbamult)	60-90	II ปานกลาง	ไม่พบ
โปรโพเซอร์ (propoxur)	ไบกอน (Baygon) อุนเด็น (Unden)	95-104	II ปานกลาง	อาจก่อมะเร็ง
ไธโอดิคาร์บ (thiodicarb)	ลาร์วิน (Larvin)	192-325	II ปานกลาง	อาจก่อมะเร็ง

[1/] ปริมาณของสารที่ให้หนูทดลอง (rat) กินและทำให้ตายไปจำนวนครึ่งหนึ่งของจำนวนหนูทั้งหมด หรือ Lethal Dose มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารต่อน้ำหนักตัวของหนูทดลอง 1 กิโลกรัม (LD_{50}: มก./กก.)

[2/] ระดับความเป็นพิษตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก (ตารางที่ 2-5)

2.4 ผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ

➢ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ผลจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณมากเพื่อรักษาผลผลิตให้มีคุณภาพและปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของตลาด ส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนของสารเหล่านั้น ดังมีการรายงานพบการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชทั้งในสิ่งแวดล้อม เช่น ในดินและในน้ำ ไปจนถึงในผลผลิต ดังตัวอย่างต่อไปนี้

วิเชียร เรืองประวัติ[19] ศึกษาการแพร่กระจายของสาร endosulfan จากนาข้าวลงสู่แม่น้ำท่าจีนในอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินและตัวอย่างดินจากนาข้าว คลองระบาย และบริเวณที่คลองไหลลงบรรจบแม่น้ำท่าจีน ในพื้นที่ 4 ตำบล พบว่าหลังการฉีดพ่นสาร 1 วัน ตรวจพบปริมาณ endosulfan ในน้ำผิวดินเฉลี่ยระหว่าง 0.531 - 7.622 ไมโครกรัม/ล. และหลังการฉีดพ่นสาร 5 วัน ปริมาณสารที่ตรวจพบลดลง โดยมีค่าตั้งแต่ ตรวจไม่พบ - 1.358 ไมโครกรัม/ล. ส่วนในดินตรวจพบระหว่าง 24.8 - 327.8 ไมโครกรัม/กก. และตั้งแต่ ตรวจไม่พบ - 17.36 ไมโครกรัม/กก. หลังการฉีดพ่นสาร 1 และ 5 วัน ตามลำดับ ผลการศึกษายังสรุปได้ว่าสาร endosulfan จะสะสมในแปลงนามากกว่าคลองระบายและบริเวณที่คลองไหลบรรจบแม่น้ำท่าจีน

พันชัย เม่นฉาย[20] รายงานผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม organochlorine ที่ตรวจพบในพื้นที่นาข้าว ในระหว่างฤดูร้อนและฤดูฝนในตำบลคลองโยง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม พบสาร endosulfan sulfate ค่าสูงสุดในน้ำและดิน ที่ 11.33 ppb และ 1.28 ppm ตามลำดับ และสามารถสรุปได้ว่าฤดูไม่มีผลต่อการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้

กรมควบคุมมลพิษ[21] รายงานการวิเคราะห์สารตกค้างในดินนาข้าวภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ ในปี พ.ศ. 2546 พบสาร p,p-DDE ตั้งแต่ น้อยกว่า 0.001 - 0.016 ppm สาร heptachlor epoxide ตั้งแต่ น้อยกว่า 0.001 - 0.012 ppm สาร endosulfan sulfate ตั้งแต่ น้อยกว่า 0.001 - 0.19 ppm สาร methyl parathion ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.574 ppm สาร monocrotophos ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.068 ppm สาร dimethoate ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.034 ppm สาร carbofuran ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.056 ppm สาร 2,4-D ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.149 ppm และสาร paraquat ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.083 ppm โดยส่วนใหญ่พบปริมาณสูงสุดในภาคกลาง รองลงมา คือ ภาคใต้ ส่วนในน้ำพบสาร p,p-DDE ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.043 ppb สาร heptachlor epoxide ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.02 ppb สาร endosulfan sulfate ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.41 ppb สาร malathion ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.48 ppb สาร monocrotophos ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.48 ppb สาร dimethoate ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.328 ppb สาร dichlorvos ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.102 ppb สาร carbofuran ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.42 ppb สาร 2,4-D ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 0.026 ppb และ สาร paraquat ตั้งแต่น้อยกว่า 0.001 - 4.72 ppb โดยส่วนใหญ่พบสูงสุดในภาคกลาง รองลงมา คือ ภาคใต้ ยกเว้น paraquat พบสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ธัญวรัตม์ รอบคำ[22] ได้ศึกษาผลกระทบจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีที่มีต่อดินในเขตพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าดินจากแปลงปลูกกะหล่ำปลีที่ระดับความลึกของดิน 15-30 ซม. มีการตกค้างของสารในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ phosalone ในปริมาณ 0.01-0.25 มก./กก. chlorpyrifos ปริมาณ 0.03 มก./กก. และ monocrotophos ปริมาณ 0.16 มก./กก.

การรายงานการตกค้างในผลผลิต ได้แก่ การศึกษาชนิดและปริมาณสารพิษตกค้างในตัวอย่างข้าวเหนียวและข้าวเจ้า จากแหล่งจำหน่ายทั่วประเทศระหว่างปี พ.ศ. 2534 - 2536 รวม 316 ตัวอย่าง วิเคราะห์สารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนและกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต พบว่า มากกว่าร้อยละ 70 ของจำนวนตัวอย่าง ตรวจพบสารกลุ่มออร์กาโน

คลอรีน โดยสารที่ตรวจพบ ได้แก่ α-BHC β-BHC lindane heptachlor heptachlor-epoxide aldrin dieldrin endrin และ DDTและอนุพันธ์ สำหรับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ตรวจพบ dichlorvos malathion chlopyrifos-methyl และ malathion ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 10 ของจำนวนตัวอย่าง[23]

เกษสิริ ฉายาวงศ์[24] รายงานการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ในข้าวกล้องและข้าวขาว พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และ เหลืองประทิว 123 ในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี สระแก้ว และฉะเชิงเทรา พันธุ์โพธิ์เงิน-โพธิ์ทอง ในพื้นที่จังหวัดปราจีนบุรี และฉะเชิงเทรา และพันธุ์ช่อไสว และ เหลืองอมร ในพื้นที่จังหวัดนครนายก พบข้าวกล้องมีปริมาณสารฆ่าแมลงตกค้างมากกว่าข้าวขาว โดยเฉพาะสาร DDT dicofol และ HCH และพบสาร endosulfan มีปริมาณเกินค่าสูงสุด ที่กำหนดให้มีได้ในข้าว จำนวน 2 ตัวอย่าง โดยค่าสูงสุดที่กำหนดให้มีได้ในข้าว คือ 100 ppb

อนันต์ ปัญญาเพิ่ม[25] ศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดแมลงในกะหล่ำปลี ภายใต้ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งปลูกโดยชาวเขาเผ่าม้งและชาวเขาเผ่ากระเหรี่ยง จากการสุ่มตัวอย่างกะหล่ำปลีทั้งหมด 40 ตัวอย่าง พบไซเพอร์เมทรินตกค้าง จำนวน 7 ตัวอย่าง ที่ระดับความเข้มข้นระหว่าง 0.17-2.48 มก./กก.

➢ <u>ผลกระทบต่อสุขภาพประชาชน</u>

การรายงานผู้ป่วยได้รับพิษจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ระหว่างปี 2543-2552 ชี้ให้เห็นว่าในช่วง 3 ปีหลัง (2550-2552) มีแนวโน้มของอัตราผู้ป่วยที่ได้รับพิษของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากการทำงานและสิ่งแวดล้อม (ไม่รวมการฆ่าตัวตาย) เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าจำนวนผู้ป่วยจะสูงสุดในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่เกษตรกรหลายพื้นที่เริ่มต้นฤดูกาลเพาะปลูกและมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกจำนวนมากเช่นกัน มีการรายงานว่าผู้ป่วยจากภาคเหนือมีมากที่สุดถึงร้อยละ 48.02 รองลงมา ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ร้อยละ 27.30, 20.52, และ 4.14 ตามลำดับ

สิ่งที่น่าสังเกต คือ กลุ่มอายุของผู้ป่วยได้รับพิษจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช พบว่าการรายงานในช่วงระหว่างปี 2530-2539 กลุ่มอายุที่มีอัตราป่วยสูงสุด 2 กลุ่ม ได้แก่ 15-24 ปี และ 25-34 ปี แต่รายงานในช่วงระหว่างปี 2543-2552 กลับพบว่า กลุ่มอายุที่มีอัตราป่วยสูงสุด 2 กลุ่ม ได้แก่ 55-64 ปี และ 0-4 ปี นอกจากนี้กลุ่มอาชีพของผู้ป่วยที่เป็นเด็กในปกครองและเด็กนักเรียน มีรายงานสูงถึงร้อยละ 26.49 เมื่อเทียบกับผู้ป่วยอาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 41.04)[26]-[27] ชี้ให้เห็นว่าผลกระทบที่เกิดได้ขยายวงกว้างไปยังบุคคลซึ่งไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับสารกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น เช่น เด็ก และผู้สูงอายุ ทั้งนี้ในกลุ่มผู้สูงอายุนั้น อาจเป็นได้ทั้งจากการได้รับสารโดยไม่ตั้งใจเนื่องจากอุบัติเหตุ หรือ อาจเนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรมีช่วงอายุในวัยดังกล่าว ในขณะที่กลุ่มวัยรุ่น หรือ วัยหนุ่มสาว ไม่นิยมประกอบอาชีพเกษตรกรรม หรือ อยู่ในช่วงเล่าเรียน

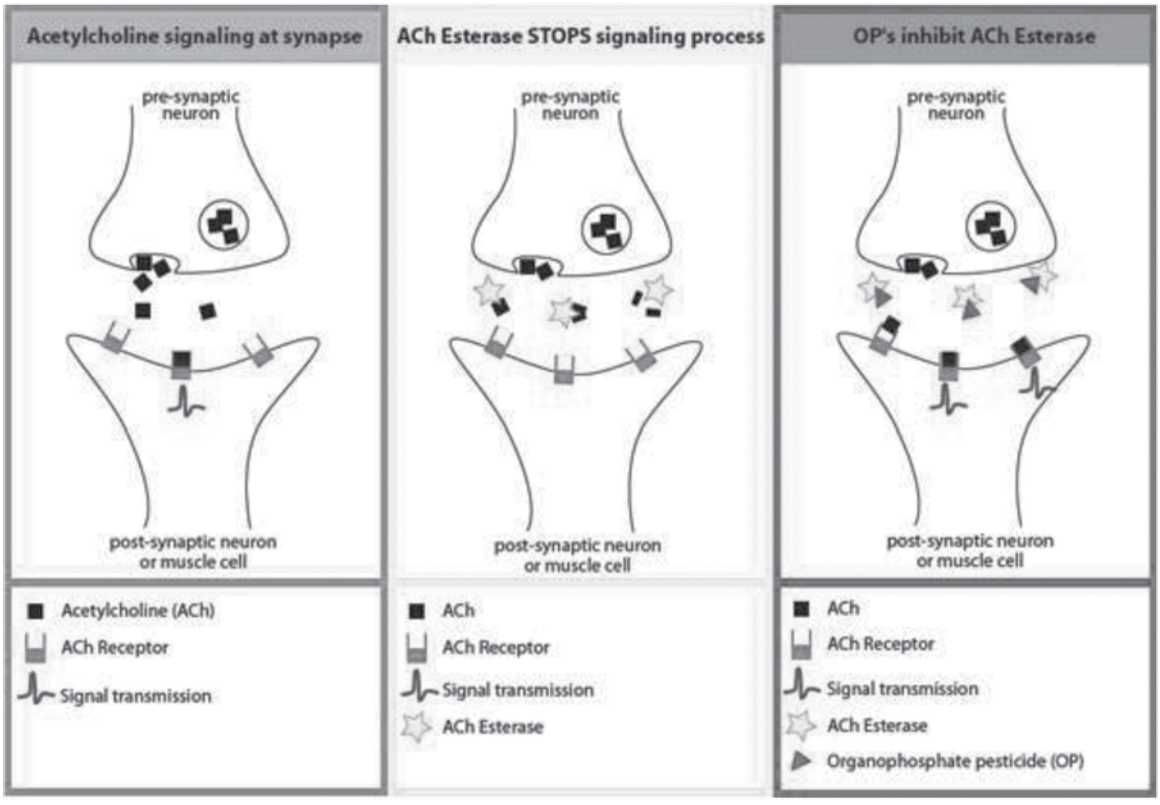
นอกเหนือจากการรายงานการเจ็บป่วยจากการได้รับพิษสารกำจัดศัตรูพืชโดยตรงแล้ว ยังมีรายงานการตรวจวัดระดับเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเกษตรกร เพื่อดูภาวะความเสี่ยงจากการได้รับอันตรายจากสารกำจัดศัตรูพืช พบว่าร้อยละ 20-60 ของเกษตรกรกลุ่มตัวอย่าง มีความเสี่ยงต่อการได้รับอันตรายจากสารกำจัดศัตรูพืช[28]-[34] และจากรายงานการรับสัมผัสสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่เกษตรกร เช่น ประชาชนทั่วไปและนักเรียน เป็นต้น ยังชี้ให้เห็นว่าประชาชนทั่วไปอาจได้รับสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชที่วางขายในท้องตลาดนั่นเอง[5]

➢ <u>การตรวจวัดผลกระทบจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อสุขภาพ</u>

ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการประเมินการสัมผัสสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่นิยมใช้ในการศึกษา ได้แก่ เอ็นไซม์โคลินเอสเตอเรส (Cholinesterase enzyme หรือ ChE) และ สารไดอัลคิลฟอสเฟต เมตาโบไลท์ (Dialkylphosphate metabolites หรือ DAPs)

เอ็นไซม์โคลินเอสเตอเรส (Cholinesterase enzyme หรือ ChE)[35]-[39]

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมต เป็นสารที่มีกลไกการทำลายเอ็นไซม์เอสเทอเรส (Esterase enzyme) ในร่างกายของมนุษย์และแมลง โดยผลระยะเฉียบพลันจะก่อให้เกิดการกระตุ้นระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับสารเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดการทำงานมากเกินไป โดยปกติเอ็นไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรส (Acetylcholinesterase) จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายของสารสื่อประสาท หรือ อะซีติลโคลีน (Acetylcholine) ในบริเวณช่องว่างระหว่างปลายประสาท (ภาพ2-3 (a) และ (b)) เมื่อสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตเข้าสู่ร่างกาย จะทำปฏิกิริยากับอะซีติลโคลีน (ภาพ 2-3 (c)) ทำให้ปริมาณสารสื่อประสาทเกิดการคั่งค้างในระบบประสาทและส่งผลให้เกิดการทำงานของระบบประสาทอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาและมากเกินไป จนแสดงอาการต่างๆ ได้แก่ เบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเดิน น้ำตาไหล น้ำลายไหล เหงื่อออก หัวใจเต้นช้า ม่านตาหรี่ ถ่ายอุจจาระและปัสสาวะโดยกลั้นไม่อยู่ เกิดอาการเกร็งของหลอดลม หลอดลมมีเมือกและเสมหะมาก ซึ่งผลกระทบเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นได้ในทันทีที่ได้รับสาร หรือ เกิดขึ้นหลังจากได้รับสารแล้วหลายชั่วโมงก็ได้



ภาพที่ 2-3 การสื่อสารในระบบประสาทและการยับยั้งโดยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต: (a) และ (b) การสื่อสารในกรณีปกติ (c) การยับยั้งการสื่อสารโดยสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต[35]

การตรวจวัดระดับของเอ็นไซม์อะซีติลโคลีนเอสเทอเรสในเม็ดเลือดแดง (RBC acetylcholinesterase; AChE) และในน้ำเลือด (Plasma pseudocholinesterase) ที่มีระดับลดลงจะสามารถบ่งชี้ถึงการได้รับสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมทได้ โดยหากได้รับสารเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลให้ระดับของเอ็นไซม์ดังกล่าวลดลงภายในระยะเวลาตั้งแต่ 2-3 นาที ไปจนถึงหลายชั่วโมงหลังจากได้รับสารนั้นในจำนวนที่มากพอ สารแต่ละชนิดในกลุ่มนี้อาจส่งผลกระทบต่อระดับเอ็นไซม์ในน้ำเลือดหรือเม็ดเลือดแดงแตกต่างกันไป โดยปกติระดับเอ็นไซม์ในน้ำเลือดจะลดลงเป็นเวลาหลายวันไปจนถึง 2-3 สัปดาห์ แต่ในกรณีของเม็ดเลือดแดงระดับของเอ็นไซม์จะลดลงอย่างช้าๆ จนถึงระดับต่ำสุดของการได้รับผลกระทบ และจะคงสภาพดังกล่าวอยู่เป็นเวลานานกว่าจะกลับฟื้นคืนสู่สภาพปกติที่มีเอ็นไซม์ชุดใหม่เข้ามาแทนที่เอ็นไซม์ที่ถูกทำลายโดยสารเคมีไป ซึ่งอาจจะใช้เวลานานถึง 1-3 เดือน ปกติระดับเอ็นไซม์ในร่างกายของมนุษย์จะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล ดังนั้นการตรวจวัดระดับเอ็นไซม์ก่อนและหลังการได้รับสารจะช่วยยืนยันถึงการได้รับผลกระทบจากสารดังกล่าว โดยหากมีระดับเอ็นไซม์ในน้ำเลือดและในเม็ดเลือดแดงลดลงมากกว่าร้อยละ 20 และ 15 ตามลำดับ จะหมายถึงการได้รับสารเข้าสู่ร่างกายในระดับที่มากพอที่จะส่งผลกระทบต่อร่างกาย

ในร่างกายของมนุษย์มีอะซิทิลโคลีนเอสเทอเรส 2 ชนิด ได้แก่ 1) plasma cholinesterase หรือ pseudocholinesterase หรือ butyrylcholinesterase (BuChE) โดยปกติแล้วอยู่ในเลือด แต่ไม่มีหน้าที่ในร่างกาย และ 2) RBC cholinesterase หรือ true cholinesterase ซึ่งจะอยู่ในเม็ดเลือดแดง และระบบประสาท ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ภาวะพิษของออร์กาโนฟอสเฟต ได้ดีกว่า plasma cholinesterase

สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มคาร์บาเมต มีคุณสมบัติยับยั้งเอ็นไซม์ ทั้ง truecholinesterase (AChE) และ psuedocholinesterase (BuChE) การตรวจวัดระดับเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสจึงใช้เป็นดัชนีชี้วัดการเกิดพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังจากสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองกลุ่มนี้ได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลให้ระดับ BuChE ในเลือดลดต่ำลงได้ เช่น ผู้ป่วยในระยะที่ต้องรักษาด้วยรังสีและเคมีบำบัด ภาวะทุพโภชนาการ ภาวะโลหิตจาง ภาวะกล้ามเนื้อหัวใจตายจากการขาดเลือด โรคตับ และ ภาวะพร่อง BuChE จากพันธุกรรม เป็นต้น ส่วน AChE ยังไม่พบข้อมูลของปัจจัยที่มีผลต่อระดับ AChE ในเลือด

สารไดอัลคิลฟอสเฟต เมตาโบไลท์ (Dialkylphosphate metabolites หรือ DAPs)[40]-[41]

ร่างกายสามารถย่อยสลายสารออร์กาโนฟอสเฟต และได้สารใหม่ คือ alkyl phosphates และ phenols ซึ่งจะถูกขับออกมาทางปัสสาวะ และสามารถตรวจวัดสารนี้ได้ในระยะ 48 ชั่วโมงหลังการได้รับสารเคมี จึงถูกนำมาใช้ในกรณีพิสูจน์ยืนยันและดูปริมาณการได้รับสารของบุคคลที่สงสัยว่าจะได้รับสารเข้าสู่ร่างกายได้ เนื่องจากการตรวจวัดสารกลุ่มนี้ ทำได้แม้ในกรณีที่ร่างกายได้รับสารเคมีในปริมาณที่น้อยซึ่งอาจจะยังไม่ก่อให้เกิดการลดลงของระดับเอ็นไซม์ในร่างกาย และยังไม่พบอาการผลกระทบทางร่างกาย จึงใช้เป็นการศึกษาในกรณีการได้รับสารเคมีแบบเรื้อรัง (รับในปริมาณน้อยแต่ยาวนาน)

DAPs แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ 1) Dimethyl metabolites มี 3 ชนิด ได้แก่ dimethyl phosphate (DMP) dimethylthiophosphate (DMTP) และ dimethyldithiophosphate (DMDTP) และ 2) Diethyl metabolites มี 3 ชนิด ได้แก่ diethylphosphate (DEP) diethylthiophosphate (DETP) และ diethyldithiophosphate (DEDTP)

สาร DAPs ทั้ง 6 ชนิดนี้ จะถูกขับออกมาในปัสสาวะ หลังการได้รับสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตเข้าสู่ร่างกาย และเนื่องจากสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิดจะถูกทำปฏิกิริยาภายในร่างกายแล้วให้สาร DAPs ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2-7 ดังนั้นการตรวจวัดระดับของสาร DAPs จากร่างกาย จึงสามารถใช้ประเมินชนิดของสารเคมีที่ร่างกายได้รับด้วย

ตารางที่ 2-7 สารกลุ่ม Dialkyl phosphate metabolites (DAPs) ที่เกิดจากสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตแต่ละชนิด[37]

สารกำจัดศัตรูพืช	Dimethyl metabolites			Diethyl metabolites		
	DMP*	DMTP	DMDTP	DEP	DETP	DEDTP
Dichlorvos (DDVP)	✓	-	-	-	-	-
Dicrotophos	✓	-	-	-	-	-
Monocrotophos	✓	-	-	-	-	-
Naled	✓	-	-	-	-	-
Tetrachlorvinphos	✓	-	-	-	-	-
Trichlorfon	✓	-	-	-	-	-
Chlorpyrifos methyl	✓	✓	-	-	-	-
Fenitrothion	✓	✓	-	-	-	-
Fenthion	✓	✓	-	-	-	-
Isozaphos-methyl	✓	✓	-	-	-	-
Oxydemeton-methyl	✓	✓	-	-	-	-
Methyl parathion	✓	✓	-	-	-	-
Pirimiphos-methyl	✓	✓	-	-	-	-
Temephos	✓	✓	-	-	-	-
Azinphos methyl	✓	✓	✓	-	-	-
Dimethoate	✓	✓	✓	-	-	-
Malathion	✓	✓	✓	-	-	-
Methamidophos	✓	✓	✓	-	-	-
Methidathion	✓	✓	✓	-	-	-
Phosmet	✓	✓	✓	-	-	-
Chlorethoxyphos	-	-	-	✓	✓	-
Chlorpyrifos	-	-	-	✓	✓	-
Coumaphos	-	-	-	✓	✓	-
Diazinon	-	-	-	✓	✓	-
Parathion	-	-	-	✓	✓	-
Pirimiphos-ethyl	-	-	-	✓	✓	-
Sulfotepp	-	-	-	✓	✓	-
Triazophos	-	-	-	✓	✓	-
Disulfoton	-	-	-	✓	✓	-
Ethion	-	-	-	✓	✓	✓
Phorate	-	-	-	✓	✓	✓
Terbufos	-	-	-	✓	✓	✓

* DMP = Dimethyl-phosphate, DMTP = Dimethylthio-phosphate, DMDTP = Dimethyldithio-phosphate, DEP = Diethyl-phosphate, DETP = Diethylthio-phosphate, DEDTP = Diethyldithio-phosphate

2.5 การแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืช

2.5.1 การลดการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อม

การลดปัญหาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมอาจทำได้หลายวิธี ทั้งดำเนินการตั้งแต่ต้นทางที่เป็นผู้ก่อให้เกิดการปนเปื้อน เช่น ผู้ผลิต และ ผู้ใช้ ไปจนถึง การดำเนินการเมื่อเกิดการปนเปื้อน ซึ่งจัดเป็นการแก้ไขปัญหาที่ปลายทางที่เรียกโดยทั่วไปว่า การบำบัดสารกำจัดศัตรูพืช

การบำบัดสารกำจัดศัตรูพืช คือ การใช้วิธีการหรือกระบวนการใดๆ เพื่อส่งเสริม หรือนำไปสู่ การลดความเข้มข้นของสารในน้ำหรือดินในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน โดยอาจใช้วิธีการทางด้านกายภาพ เคมีภาพ หรือ ชีวภาพ หรือใช้หลายวิธีร่วมกัน โดยทั่วไปกระบวนการดังกล่าวจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่

1. กระบวนการที่ควบคุมได้ หมายถึง กระบวนการที่สามารถควบคุมปัจจัยในการบำบัดได้ตั้งแต่เริ่มต้น ในระหว่างดำเนินการ และทำให้กระบวนการสิ้นสุดลงได้ เช่น การนำดินที่ปนเปื้อนออกจากพื้นที่ไปยังพื้นที่อื่นเพื่อทำการบำบัด (*Ex situ*) โดยใช้กระบวนการเผา (Incineration) การใช้ความร้อน (Thermal desorption) การล้าง (Soil washing) และอื่นๆ โดยสามารถควบคุมปริมาณ (มวล) อุณหภูมิ ปริมาตร หรือ ปัจจัยอื่นๆ ได้ วิธีการเหล่านี้มักจะมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดมากกว่าวิธีอื่นๆ

2. กระบวนการที่ควบคุมไม่ได้ หมายถึง กระบวนการที่สามารถเริ่มต้นและส่งเสริมได้แต่ควบคุมไม่ได้ กระบวนการนี้มักจะดำเนินการในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อน (*In situ*) กระบวนการบำบัดโดยชีวภาพ (Bioremediation) เป็นตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการนี้ ซึ่งสามารถดำเนินการโดยการใช้สารอาหารที่คัดเลือกแล้วเพื่อส่งเสริมกระบวนการย่อยสลายสาร หรือเติมเชื้อจุลินทรีย์ลงในพื้นที่ตามความเหมาะสมของระดับอุณหภูมิ ความชื้น และลักษณะคุณสมบัติของดินที่ได้ศึกษาไว้แล้ว การนำดินที่ปนเปื้อนไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่ไม่มีการปนเปื้อน (Land farming) จัดเป็นวิธีการเจือจางความเข้มข้นของสารปนเปื้อนให้ลดลงได้ ส่วนการใช้พืชบำบัด (Phytoremediation) เป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์ที่บริเวณรากพืชทำงานได้ดีขึ้น โดยทั่วไปแล้ววิธีการที่ดำเนินการในพื้นที่ปนเปื้อนนั้น จะมีข้อดี คือ ค่าใช้จ่ายต่ำกว่า ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและดูแลรักษาได้ง่ายกว่ากระบวนการที่ควบคุมได้ อย่างไรก็ตาม ข้อเสีย ได้แก่ กระบวนการจะดำเนินการไปได้ช้ากว่า[42]-[43]

2.5.2 การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเชิงสังคม

ที่กล่าวมานั้นเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนที่ปลายเหตุ ซึ่งมักจะถูกดำเนินการเมื่อพบเกิดการปนเปื้อนหรือพบปัญหาต่อสุขภาพประชาชนแล้ว อย่างไรก็ตาม การแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนที่ถูกต้องและเหมาะสมควรดำเนินการในเชิงป้องกัน เพื่อลดการปนเปื้อนและหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาต่อสุขภาพของประชาชนและสิ่งแวดล้อม มาตรการที่มีความจำเป็นเร่งด่วน ได้แก่ การให้ความรู้ความเข้าใจ การเสริมสร้างความตระหนัก และการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ ให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ได้แก่

- การให้ความรู้ความเข้าใจและสร้างความตระหนักแก่เกษตรกรในฐานะผู้ผลิต เพื่อลด ละ และเลิกการใช้สารเคมี เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการตกค้างและการปนเปื้อนในพืชอาหารและในสิ่งแวดล้อมอันจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนในที่สุด
- การให้ข้อมูลความรู้และสร้างความตระหนักให้กับผู้ประกอบการค้าปัจจัยการผลิตการเกษตร เพื่อให้มีการจัดหาผลิตภัณฑ์หรือปัจจัยทดแทนที่ไม่ใช่สารเคมีอันตรายในการกำจัดศัตรูพืช
- การให้ข้อมูลความรู้และสร้างความตระหนักให้กับผู้ประกอบการค้าผลิตภัณฑ์ ผลิตผลการเกษตร และพืชอาหาร เพื่อสร้างกลไกการตลาดและกลไกสนับสนุน รองรับผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยให้มากขึ้น

- การให้ข้อมูลความรู้และสร้างความตระหนักให้กับผู้บริโภค เพื่อให้มีความใส่ใจในการดูแลรักษาสุขภาพของตนเองและบุคคลในครอบครัวให้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ฐานเศรษฐกิจในครัวเรือนมิต้องสูญเสียไปกับการรักษาความเจ็บป่วยที่อาจเกิดจากการรับสารกำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย

- การให้ข้อมูลความรู้และสร้างความตระหนักให้กับสถาบันการศึกษา เพื่อให้เยาวชนซึ่งเป็นอนาคตของคนรุ่นใหม่ได้ปรับกระบวนทัศน์ที่ถูกต้อง มีความรู้ความสามารถที่จะตัดสินใจเลือกที่จะเป็นผู้ผลิตและ/หรือผู้บริโภคอาหารที่มีความปลอดภัย

- การให้ข้อมูลความรู้และสร้างความตระหนักให้กับหน่วยงานภาครัฐและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ทั้งที่มีหน้าที่กำกับดูแลโดยตรงและมีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดการวางแผนและสนับสนุนภาคส่วนอื่นๆ ได้ดำเนินการเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการลดใช้สารเคมีได้อย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

กระบวนการดังกล่าวนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนทัศนคติและแนวคิด เพื่อลดการพึ่งพาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการผลิตทางการเกษตร ซึ่งจะนำไปสู่การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการผลิตทางการเกษตร และสุดท้ายจะนำไปสู่วิถีการดำรงชีวิตที่มีความปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากขึ้น รายงานการศึกษาต่างๆ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อระดับความเสี่ยงจากผลเลือดของเกษตรกร จากการใช้สารกำจัดศัตรูพืช นอกจากจะเกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกำจัดศัตรูพืช เช่น จำนวน ชนิด และปริมาณของสารที่ใช้ วิธีการและความถี่ในการฉีดพ่นสาร การดูแลรักษาอุปกรณ์พ่นสารอย่างถูกต้อง รวมไปถึงการใช้อุปกรณ์ป้องกันตนเอง และ การปฏิบัติตนในขณะฉีดพ่นสาร แล้ว ยังพบว่าการขาดความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดต่อสุขภาพที่มีทั้งความเสี่ยงและความรุนแรง จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความเสี่ยงเช่นกัน โดยพบว่า เกษตรกรที่ไม่มีความรู้ด้านการตกค้างของสารในร่างกาย มีอัตราเสี่ยงต่อระดับเอ็นไซม์โคลีนเอสเตอเรสในเลือดสูงเป็น 3.69 เท่า ของเกษตรกรที่มีความรู้[28],[30]-[34] ดังนั้นในการแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมนั้น มีความจำเป็นต้องให้ความรู้ความเข้าใจแก่เกษตรกรในเรื่องของผลกระทบต่อสุขภาพควบคู่กันไป เพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมไปสู่การลดใช้สารเคมีในที่สุด

2.6 การผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ประเทศไทยนำแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาที่ยั่งยืนเข้ามากำหนดเป็นนโยบายและประยุกต์ใช้ในภาคการผลิตและการบริการสาขาต่างๆ เพื่อให้การพัฒนาเป็นการพัฒนาที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ภายใต้แนวคิด กรีนไทยแลนด์ (Green Thailand) โดยภาคเกษตรกรรม เน้นการส่งเสริมการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ พัฒนาสินค้าเกษตรและอาหารของประเทศให้เป็นที่ยอมรับในความปลอดภัยในระดับมาตรฐานสากล ให้ความรู้กับเกษตรกรในการทำการเกษตรแบบยั่งยืน การทำแผนการผลิตและการตลาด ส่งเสริมการส่งออก ตรวจสอบและรับรองคุณภาพสินค้าเกษตรอินทรีย์ และพัฒนาด้านการตลาด โดยเฉพาะตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์[44] จึงมีการกำหนดแผนยุทธศาสตร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตภาคการเกษตรมากมาย อย่างไรก็ตามผลการดำเนินงานที่ผ่านมา พบว่าการทำเกษตรอินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นการผลิตขนาดเล็กยังไม่สามารถผลิตในระดับใหญ่ได้ และมีความเสี่ยงจากความเสียหายของผลผลิตสูงเนื่องจากไม่ใช้สารเคมี ทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำและมีต้นทุนการผลิตสูง รวมทั้งมีข้อจำกัดในการเลือกใช้สารสกัดชีวภาพเพื่อป้องกันและกำจัดศัตรูพืชซึ่งต้องใช้ในปริมาณมากและเลือกใช้ให้ถูกกับศัตรูพืชด้วย จึงทำให้เกษตรกรหันกลับมาใช้สารเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรดังเดิม รวมทั้งประชาชนยังขาดความตระหนักต่อความสำคัญของผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์ การขับเคลื่อนดังกล่าวจึงยังไม่ต่อเนื่องและยั่งยืน[45] ดังนั้นในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ของประเทศในปัจจุบัน การมุ่งพัฒนาการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จึงเป็นประเด็นสำคัญที่ถูกระบุให้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เช่น

- ยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผน พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) ในยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ข้อ 6.7 การควบคุมและลดมลพิษ

- นโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2555-2559)
  - o ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 2 การสร้างศักยภาพและความสามารถเพื่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจ
    - กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 สร้างมูลค่าผลผลิตทางการเกษตรและการพัฒนาศักยภาพในการแข่งขันและการพึ่งพาตนเองของสินค้าเกษตร
    - แผนงานวิจัย 1.6 การวิจัยเกี่ยวกับการผลิตอาหารปลอดภัย
    - แผนงานวิจัย 1.8 การวิจัยเกี่ยวกับการผลิตเกษตรอินทรีย์
  - o ยุทธศาสตร์การวิจัยที่ 3 การอนุรักษ์ เสริมสร้างและพัฒนาทุนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
    - กลยุทธ์การวิจัยที่ 1 บริหารจัดการและการใช้ประโยชน์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน
    - แผนงานวิจัย 1.6 การวิจัยเกี่ยวกับการสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์และรับผิดชอบต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

- ยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติรายประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ในกลยุทธ์ที่ 3 การปรับกระบวนทัศน์การผลิตและการบริโภคให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ระบุแผนงานวิจัยที่ 2 เรื่องการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะในรูปแบบเกษตรอินทรีย์

- นโยบายระยะการบริหารราชการ 4 ปี ของรัฐบาล ด้านการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจ ได้ระบุให้ภาคเกษตรมีการส่งเสริมเกษตรทฤษฎีใหม่ ส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ ดำเนินการฟื้นฟูสภาพแวดล้อม สร้างความเข้มแข็งภาคเกษตรและสร้างความมั่นคงทางอาหารเพื่อเผชิญกับวิกฤตอาหารโลก สร้างความสมดุลระหว่างพืชอาหารและพืชพลังงาน ส่งเสริมเกษตรอินทรีย์และเกษตรทางเลือก ปรับโครงสร้างและจัดหาที่ทำกินให้แก่เกษตรกรผู้ยากไร้และดำเนินการฟื้นฟูคุณภาพดินให้คงความอุดมสมบูรณ์อย่างยั่งยืนตลอดจนการคุ้มครองที่ดินเพื่อเกษตรกรรม

- ยุทธศาสตร์การจัดการสารเคมีแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (2555-2564)[46] ในยุทธศาสตร์ที่ 3 ลดความเสี่ยงอันตรายจากสารเคมี กลวิธีที่ 1 ป้องกันอันตรายจากสารเคมี โดย

(1) ลดความเสี่ยงอันตรายจากสารเคมีในภาคการเกษตร

ก. ส่งเสริมการเกษตรที่ดี (Good Agricultural Practice: GAP) ซึ่งรวมถึงการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย (safe use)

ง. ส่งเสริมการเกษตรอินทรีย์ การใช้สารทดแทนสารเคมี และการสร้างกลไกด้านการตลาดเพื่อส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์จากเกษตรอินทรีย์ เช่น การให้เครื่องหมายหรือตราคุณภาพ

(2) ลดความเสี่ยงอันตรายจากสารเคมีในภาคผู้บริโภคและสาธารณสุข

ก. ส่งเสริมการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม และการสร้างกลไกด้านการตลาด เช่น ตลาดสีเขียว

- แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2555-2559[47] ในยุทธศาสตร์ที่ 1 การปรับฐานการผลิตและการบริโภคให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ระบุประเด็นสำคัญ เรื่องการส่งเสริมการบริโภคที่ยั่งยืน และการปรับฐานการผลิตภาคเกษตรให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

- แผนปฏิบัติราชการ 4 ปี กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2555-2558): ประเด็นยุทธศาสตร์พัฒนาการเรียนรู้และส่งเสริมการมีส่วนร่วมเพื่อให้กลุ่มเป้าหมายปรับพฤติกรรมการผลิต การบริการ และการบริโภคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2.7 การสร้างความตระหนักและการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชน

การสร้างความตระหนักและการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนจัดเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญประการหนึ่งในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม ที่นอกเหนือจากวิธีการแก้ไขและบำบัดฟื้นฟูสภาพปัญหามลพิษที่เกิดในสิ่งแวดล้อมโดยตรง การสร้างความตระหนักเกี่ยวกับเรื่องใด หมายถึง การให้ข้อมูลด้านทัศนคติ พฤติกรรมและความเชื่อของสังคม โดยมุ่งหวังให้ข้อมูลเหล่านั้น มีอิทธพลต่อทัศนคติ พฤติกรรมและความเชื่อในทางบวก เพื่อให้เกิดผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์หรือเป้าหมายที่วางไว้ ด้วยการใช้กลยุทธ์ หรือ วิธีการ (Strategies and approaches) ที่ถูกต้อง ในที่นี้รวมไปถึงการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพด้วย ซึ่งการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพที่จะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้นั้น นอกจากการให้กลุ่มเป้าหมายได้ดูและฟังแล้ว ยังต้องให้มีการปฏิบัติควบคู่ไปด้วย ดังนั้นการสร้างความตระหนักมักจะถูกดำเนินการในรูปแบบของกระบวนการที่มีหลายขั้นตอนประกอบกัน ตั้งแต่การวางแผน การนำเสนอ การให้ความรู้แก่สาธารณชน และการเน้นย้ำในกลุ่มผู้มีอำนาจตัดสินใจ[48]

การสร้างความตระหนักที่มุ่งหวังให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมนั้น เป็นกระบวนการที่จะต้องดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เวลาในการปรับตัวของกลุ่มเป้าหมาย ตั้งแต่ 1) มีการแสดงความรับรู้รับทราบว่าพฤติกรรมที่ชี้ให้เห็นว่าตระหนักนั้นประกอบด้วยพฤติกรรมใดบ้าง 2) มีการยอมรับและสนับสนุนพฤติกรรมดังกล่าวนั้น 3) มีการแสดงความตั้งใจและตัดสินใจที่จะประพฤติเช่นนั้น 4) การประพฤติและปฏิบัติอย่างตั้งใจ ต่อเนื่องและยั่งยืน และ 5) มีการรักษาพฤติกรรมดังกล่าวไว้และส่งเสริมให้คนอื่นๆ ยอมรับพฤติกรรมนั้น และให้แสดงความตั้งใจและปฏิบัติเช่นเดียวกันกับตน

ในบางกรณีการส่งเสริมความตระหนักเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ทัศนคติ และความเชื่อนั้น มีความจำเป็นต้องใช้เทคนิควิธีที่มีความเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมาย รวมทั้งส่งเสริมการมีส่วนร่วมของกลุ่มเป้าหมายในระหว่างกระบวนการสร้างความตระหนักไปในเวลาเดียวกัน เช่น

- การให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่มีความน่าเชื่อถือและให้อย่างต่อเนื่องแบบซ้ำๆ
- กระตุ้นให้เกิดการวิพากย์และแลกเปลี่ยนข้อมูลในระดับชุมชน หรือ/ และระดับประเทศ
- การสร้างแรงบันดาลใจให้เกิดนวัตกรรมของท้องถิ่น โดยเฉพาะกลุ่มที่จะได้รับผลกระทบโดยตรง

การศึกษาด้านความตระหนักของเกษตรกรในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการเกษตรที่ผ่านมาโดยการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกร ข้อมูลพื้นฐานด้านครอบครัว เทคนิคและเทคโนโลยีที่ใช้ในการเกษตร ข้อมูลความรู้ที่ได้รับด้านการเกษตรและข้อมูลด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าปัจจัยต่างๆ เหล่านั้น ไม่มีผลต่อความตระหนักในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช แต่กลับพบว่าข้อมูลความรู้เกี่ยวกับอันตรายของสารกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อสุขภาพของเกษตรกรมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดความตระหนัก โดยมีแนวโน้มการปรับพฤติกรรมการใช้สารที่มีความถูกต้องและปลอดภัยต่อสุขภาพตนเองมากขึ้น อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังมีทัศนคติในด้านการใช้สารกำจัดศัตรูพืชว่าเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพตามความต้องการของตลาดและผู้บริโภค เช่น ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของศัตรูพืช สีสด และ ผลผลิตมีขนาดใหญ่ เป็นต้น สังเกตได้จากการมีแนวคิดและความต้องการในการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มีความปลอดภัยมากขึ้น เช่น สารชีวภาพต่างๆ แต่ให้มีประสิทธิภาพที่เท่าเทียมกับการใช้สารเคมี ชี้ให้เห็นว่าแนวทางการส่งเสริมและสร้างความตระหนักเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในการผลิตทางการเกษตรที่ผ่านมานั้น มุ่งเน้นไปที่การใช้อย่างถูกต้องและปลอดภัยต่อสุขภาพของเกษตรกร[49]-[53] ดังนั้นในการส่งเสริมและสร้างความตระหนักเพื่อให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งรวมไปถึงการลดใช้สารเคมีในการเกษตรนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน มีความจำเป็นต้องใช้กลยุทธ์การจัดการเชิงระบบและใช้กระบวนการมีส่วนร่วมของผู้ผลิต (เกษตรกร) ผู้บริโภค และผู้เกี่ยวข้องในวงจรการผลิตและการบริโภคเข้ามาดำเนินการ

การวิจัยแบบมีส่วนร่วมนั้นประกอบด้วยการรวบรวม แนวคิด การปฏิบัติ ค่านิยมและทัศนคติที่จะส่งเสริมให้บุคคลมีความรู้ในด้านการจัดการการเกษตรอย่างยั่งยืน โดยวัตถุประสงค์สำคัญ เพื่อให้ได้มาซึ่งการมีส่วนร่วมอย่างมีนัยสำคัญ และกว้างขวางมากขึ้นของกลุ่มเป้าหมาย ในกระบวนการค้นคว้า หรือค้นหาแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ ความต้องการ และโอกาสของท้องถิ่นนั้น ทั้งนี้เนื่องจากมีการค้นพบว่าการพัฒนาด้านการเกษตรนั้น ไม่เพียงแต่ข้อมูลวิชาการเท่านั้นที่เป็นสิ่งจำเป็น แต่ยังต้องคำนึงถึงมิติด้านวัฒนธรรม สังคม เศรษฐกิจ และการเมืองด้วย เช่น โครงสร้างทางสังคม เพศ พฤติกรรม สิทธิประโยชน์ การใช้ที่ดิน และนโยบายของภาครัฐ เป็นต้น นอกจากนี้กระบวนการมีส่วนร่วมยังทำให้การวิจัยและพัฒนาสามารถตอบสนองต่อปัญหา ความต้องการ และโอกาสที่ได้รับการแจกแจงวินิจฉัยโดยผู้เกี่ยวข้องโดยตรง ช่วยวิเคราะห์และประเมินทางเลือกโดยใช้ภูมิความรู้และทรัพยากรในท้องถิ่น ทำให้นวัตกรรมที่ได้มีความเหมาะสมต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และการเมืองของท้องถิ่น และช่วยส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนและนำผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่และมีประสิทธิภาพ[54]