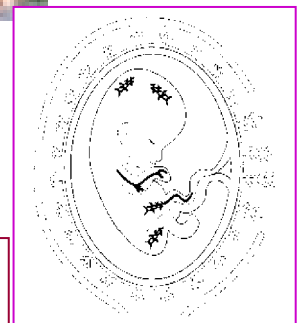
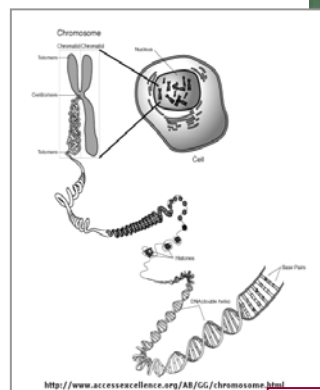
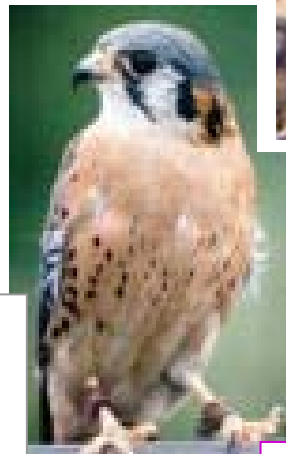
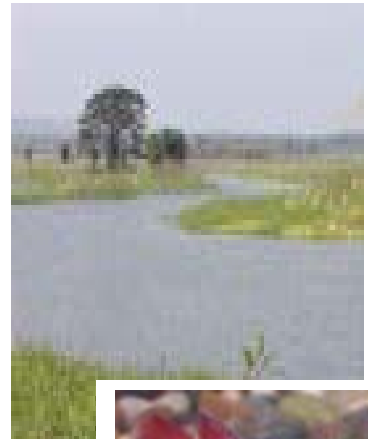


ผลกระทบต่อสุขภาพ จากการใช้สารเคมี อันตรายในภาค การเกษตรไทย



นุศราพร เกษสมบูรณ์ คณะเภสัชศาสตร์
นาถธิดา วีระปริยากร คณะเภสัชศาสตร์
ปัตพงษ์ เกษสมบูรณ์ คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข 2547

ISBN : 974-659-680-2

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทนำ	1
สถานการณ์การใช้สารเคมีเกษตรในประเทศไทย	5
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Carbofuran	13
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Carbofuran	14
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Carbofuran	17
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Dicrotophos	26
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Dicrotophos	27
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Dicrotophos	30
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Endosulfan	39
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Endosulfan	40
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Endosulfan	43
สรุปผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ EPN	56
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ EPN	57
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ EPN	59
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Methomyl	66
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Methomyl	67
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Methomyl	70
ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Parathion methyl	77
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Parathion methyl	78
รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Parathion methyl	81
ส่งท้าย	92
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ระดับความอันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตามกำหนดขององค์การอนามัยโลก	6
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของสารเคมี จำแนกตามระดับความเป็นพิษ	7
ตารางที่ 2.3 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ	9
ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และปุ๋ยเคมีของประเทศไทย	10
ตารางที่ 2.5 ปริมาณการนำเข้าและมูลค่าของสารเคมีกำจัดแมลง แยกตามระดับความเป็นพิษ	11
ตารางที่ 3.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Carbofuran	17
ตารางที่ 4.1 ปริมาณการนำเข้าและมูลค่านำเข้า Dicrotophos	30
ตารางที่ 5.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Endosulfan	43
ตารางที่ 6.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า EPN	59
ตารางที่ 7.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Methomyl	70
ตารางที่ 8.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Parathion methyl	81

สารบัญรูป

	หน้า
แผนภูมิที่ 2.1 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ	9
รูปที่ 3.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Carbofuran	13
รูปที่ 4.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Dicrotophos	26
รูปที่ 5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Endosulfan	39
รูปที่ 6.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ EPN	56
รูปที่ 7.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Methomyl	66
รูปที่ 8.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Parathion methyl	77

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีเกษตร

สรุปและข้อเสนอแนะ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า เป็นที่ชัดเจนว่า สารเคมีเกษตรทั้ง 6 ชนิดข้างต้น นอกจากจะมีพิษต่อร่างกายมนุษย์ ชนิดเฉียบพลัน เรื้อรัง และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์แล้ว ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของยีน ซึ่งเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญอย่างหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็งตลอดจนความผิดปกติต่างๆ ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอย่างเรื้อรัง สมควรมีมาตรการห้ามจำหน่าย ห้ามใช้อย่างเข้มงวด ไม่ควรที่จะต้องให้ลูกหลานรุ่นต่อ ๆ ไป ตกเป็นเหยื่อทดลองจากความไม่รู้จักระยะแควะวังไว้ก่อน (precaution) ของพวกเราซึ่งเป็นผู้ใหญ่ในรุ่นนี้

ตารางสรุปผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีเกษตร

ชื่อสารเคมี	Carbofuran	Dicrotophos	Endosulfan	EPN	Methomyl	Parathion Methyl
ระดับความเป็นพิษ	Ib	Ib	II	Ia	Ib	Ia
กลุ่มสารเคมี	Carbamate	Organophosphate	Organochlorine	Organophosphate	Carbamate	Organophosphate
พิษเฉียบพลัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓
พิษเรื้อรัง	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ระบบสืบพันธุ์	✓	✓	✓	n.a.	✓	✓
การวิรูปในทารก	✓	✓	✓	✓	n.a.	✓
ก่อกลายพันธุ์	✓	✓	✓	n.a.	n.a.	✓
พิษต่อयीน	✓	✓	✓	n.a.	✓	✓
พิษต่ออวัยวะ	n.a	✓	✓	✓	✓	✓
พิษต่อนก	✓	✓	n.a.	✓	✓	✓
พิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ	✓	n.a.	✓	✓	✓	✓
พิษต่อสิ่งมีชีวิตอื่น	✓	n.a.	n.a.	n.a.	✓	✓
การตกค้างในดิน	✓	✓	✓	n.a.	✓	✓
การตกค้างในน้ำ	✓	✓	✓	n.a.	✓	✓
การตกค้างในพืช	✓	✓	✓	n.a.	✓	✓

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาผลกระทบทางสุขภาพจากการใช้สารเคมีเกษตรครั้งนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี ต้องขอขอบพระคุณผู้มีส่วนร่วมและสนับสนุนทั้งทางตรงและทางอ้อมไว้ ณ ที่นี้ด้วย ได้แก่

- สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข (สวรส.) ผู้สนับสนุนงบประมาณในการศึกษา
- คุณนันทนา ทราบรัมย์ คุณพัชรา วงศ์สกุล คุณนาวัน โสภากุมิ คุณสุภาพร ใจการุณ และ คุณจริยา พิษย์คำ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านข้อมูลและแนวทางการศึกษา
- ผู้ให้ข้อเสนอแนะทุกท่าน ที่ให้ข้อเสนอแนะทำให้ผลงานมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น
- คุณสุภาพร ใจการุณ และคุณจริยา พิษย์คำ ที่ช่วยจัดพิมพ์และตรวจคำผิด

คณะผู้วิจัย

บทที่ 1

บทนำ

หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสูงมากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีสารพิษต่างๆ ที่จดทะเบียนไว้กับกรมวิชาการเกษตรในรูปของชื่อสามัญ มีอยู่มากกว่า 150 ชนิด แต่ละชนิดมีชื่อการค้าเป็นจำนวนมากรวมกันแล้วหลายพันชื่อคิดว่าเป็นมากที่สุดในเอเชีย และจำนวนชนิดของสารเคมีที่นำเข้าเมื่อปี 2538 ที่ผ่านมานั้นสูงถึง 223 ชนิดเฉพาะ เมธิลพาราไธออน ชนิดเดียวนั้น มีชื่อการค้าจดทะเบียนถึง 214 ชื่อ ทั้งๆ ที่สารเคมีชนิดดังกล่าวถูกห้ามผลิต จำหน่าย และนำเข้าในประเทศเพื่อนบ้านหลายประเทศ เช่น อินโดนีเซีย เกาหลี และมาเลเซีย เป็นต้น¹

ประเทศไทยส่งออกสินค้าเกษตรไปขายต่างประเทศจำนวนมาก ในปี พ.ศ. 2545 ประเทศญี่ปุ่น สิงคโปร์ และนอร์เวย์ ตรวจพบสารเคมีต้องห้ามตกค้างจำนวนมาก จึงประกาศห้ามนำสินค้าเข้าไปจำหน่าย²

คนไทยเจ็บป่วยเฉียบพลันด้วยพิษสารเคมีเป็นจำนวนปีละ 5,000-7,000 ราย³ ซึ่งเป็นการนับเฉพาะผู้ที่ไปโรงพยาบาลเท่านั้น ยังมีผู้ป่วยที่ไม่ได้ไปรับบริการ หรือถึงแม้จะไปโรงพยาบาลด้วยปัญหาสุขภาพแบบเรื้อรัง ก็จะไม่ได้รับการตรวจสอบถึงลักษณะการอาชีพและการสัมผัสสารเคมี ทำให้สถิติการเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากสารเคมีเกษตรต่ำกว่าความเป็นจริง

ครัวเรือนของคนไทยมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลายและเป็นสิ่งที่หาซื้อได้โดยง่าย ในปี พ.ศ. 2536 มีจำนวนร้านค้าที่จำหน่ายสารเคมีกำจัดศัตรูพืช จำนวนเพียง ประมาณ 2,000 ร้าน แต่ในปี พ.ศ. 2544 มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น ประมาณ 5,000 ร้าน⁴ มีร้านค้าเหล่านี้แทรกซึมอยู่อย่างกว้างขวางในทุกเขตอำเภอ ตำบล และหมู่บ้านไทย ดังนั้นจึงสามารถพบได้บ่อยมากที่ผู้ทำรายตนเองจะใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการทำรายตนเองหรือพยายามฆ่าตัวตาย

ข้อมูลระบาดวิทยาของผู้ทำรายตนเองในปี พ.ศ. 2545⁵ พบว่า ผู้ทำรายตนเอง ได้ทำรายตนเองโดยใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช (สารเคมีฆ่าแมลงและสารปราบวัชพืช) จำนวนประมาณ 8,634 คน ส่วนใหญ่ มีอาชีพเป็นเกษตรกรและกรรมกร คิดเป็นร้อยละ 6 0

¹ วิฑูรย์ เลี่ยนจำรูญ. การส่งเสริมการเกษตรกับการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อสังคม. กรุงเทพฯ 2545.

² สมชาย ชาญนรงค์กุล. สังกัดล่างเคมีเกษตรเถื่อน. หนังสือพิมพ์รายวันแนวหน้า. วันศุกร์ที่ 19 เมษายน 2545. หน้า 14.

³ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์. สถิติสาธารณสุข. สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี. 2544 – 46.

⁴ กรมวิชาการเกษตร. มุมวิชาการ. เอกสารโครงการผู้ผลิตสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชคุณภาพ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 2545.

⁵ กรมสุขภาพจิต. ระบาดวิทยาผู้ทำรายตนเอง ปี พ.ศ. 2545. กระทรวงสาธารณสุข. นนทบุรี. 2546.

จะเห็นได้ชัดเจนว่า คนไทยทุกคนมีโอกาสได้รับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันถ้วนหน้า และเป็นที่ชัดเจนว่า การใช้สารเคมีก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจมหาศาล

ประเด็นปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนำไปสู่การเคลื่อนไหวทางสังคมโดยภาคส่วนต่างๆ เพื่อหาทางลดปัญหาดังกล่าว มีการเสนอทางเลือกใหม่ๆ ในการทำการเกษตร และหาทางลดละเลิกการใช้สารเคมีให้ได้

จากการประชุมสมัชชาสุขภาพตั้งแต่ระดับจังหวัดจนถึงการประชุมสมัชชาสุขภาพแห่งชาติเมื่อเดือน สิงหาคม 2546 ได้มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนและระดมความคิดเห็นร่วมกัน จนท้ายที่สุดได้มีข้อเสนอให้รัฐบาล ห้ามนำเข้าสารเคมีอันตราย กลุ่ม 1a และ 1b อย่างเด็ดขาด เพราะมีพิษอันตรายร้ายแรงสูงมาก (Extremely Hazardous Pesticides) และร้ายแรงสูง (Highly Hazardous Pesticides) ตามลำดับ และเสนอให้ภาคส่วนต่างๆ ร่วมกันผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับนโยบายและโครงสร้างภาคการเกษตรของไทยเพื่อมุ่งสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนอย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังมีการแต่งตั้งคณะทำงานเพื่อติดตามและผลักดันข้อเสนอของภาคประชาชนที่ได้จากเวทีสมัชชาสุขภาพแห่งชาติ

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษา รวบรวม สังเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์โดยรวมของการใช้สารเคมีอันตรายในภาคการเกษตรไทย และผลกระทบของสารเคมีกลุ่มนี้ที่มีต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างรอบด้าน ตลอดจนการเสนอทางเลือกและมาตรการในการควบคุม ต่อผู้ตัดสินใจในระดับนโยบายต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานการณ์โดยรวมของการใช้สารเคมีอันตรายในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาสารเคมีอันตรายในภาคการเกษตรที่สำคัญที่ควรมีการควบคุมการใช้อย่างเข้มงวดหรือควรมีการประกาศห้ามใช้ในภาคการเกษตรไทย
3. เพื่อศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้สารเคมีอันตรายในภาคการเกษตรในข้อ 2
4. เพื่อศึกษาและเสนอทางเลือก ทางออกถ้าให้มีการควบคุมการใช้หรือประกาศห้ามการใช้สารเคมีในข้อ 2

วิธีการศึกษา

1. ทบทวนวรรณกรรมโดยใช้การสืบค้นข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิทุกปีที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ โดยใช้ฐานข้อมูล อิเล็กทรอนิกส์ เช่น PubMed, Sciencedirect, Extonet และ Uninet (เครือข่ายห้องสมุดมหาวิทยาลัยไทย) และเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในประเทศไทย เป็นต้น
2. จัดประชุมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการ นักพัฒนาองค์กรเอกชน
3. สังเคราะห์องค์ความรู้ที่ได้ เพื่อสรุปผลการศึกษาและเสนอแนะทางเลือกและมาตรการในการควบคุมการใช้สารเคมีอันตรายดังกล่าว

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลกระทบของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่มีอันตรายสูง 6 ชนิด ได้แก่ Carbofuran, Dicrotophos, Endosulfan, EPN, Methomyl, Parathion methyl

เหตุผลที่เลือกสารเคมีทั้ง 6 ชนิดข้างต้น คือ

1. เป็นสารเคมีอันตราย ที่อยู่ในกลุ่ม 1a, 1b
2. มีปริมาณและมูลค่าการใช้มากในประเทศไทย
3. อยู่ในรายการเฝ้าระวังของกรมวิชาการเกษตร

ผลกระทบในด้านต่างๆ ที่ศึกษา ได้แก่ พิษเฉียบพลัน พิษเรื้อรัง พิษต่อระบบสืบพันธุ์ กาลวิรูปในทารก ก่อกลายพันธุ์ พิษต่ออิน พิษต่ออวัยวะ พิษต่อคน พิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ พิษต่อสิ่งมีชีวิตอื่น การตกค้างในดิน การตกค้างในน้ำ การตกค้างในพืช

คำสำคัญที่สืบค้น

ประกอบด้วย ชื่อสารเคมีเกษตร หรือ ชื่อสารเคมีเกษตร และคำอื่นๆ ได้แก่ Toxicity, Acute and toxic, Chronic and toxic, Reproductive, Teratogen, Mutagen, Genotoxic, Organ toxicity, Fate, Bird, Organism, Breakdown and Soil, Breakdown and Water, Breakdown and Vegetation, Vegetation.

นิยามศัพท์

- **สุขภาพ** ในการศึกษาหมายถึงสุขภาพเฉพาะมิติทางด้านร่างกาย และสิ่งแวดล้อม ไม่รวมถึงมิติทางจิตใจ สังคม และจิตวิญญาณ

- **Ames test**⁶ หมายถึง การตรวจคัดกรองฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารเคมีที่นำมาทดสอบ โดยใช้แบคทีเรียเป็นแบบจำลอง เพื่อจำแนกว่าสารเคมีสามารถกระตุ้นให้เกิดการก่อกลายพันธุ์หรือไม่ นับว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในการประเมินความปลอดภัยของสารนั้น โดยสารเคมีที่กระตุ้นการก่อกลายพันธุ์สามารถที่จะทำลายเซลล์สืบพันธุ์ และส่งผลต่อการก่อกลายพันธุ์ในรุ่นลูกหลานต่อไป นอกจากนี้สารเคมีที่กระตุ้นการก่อกลายพันธุ์ยังสามารถกระตุ้นทำให้เกิดมะเร็ง จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้การทดสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์มีความสำคัญ

Ames test เป็นวิธีมาตรฐาน ที่ยอมรับทั่วโลก มีประสิทธิภาพสูงในการทำนายการก่อมะเร็งในหนู และใช้ในการตรวจสอบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์เบื้องต้นของสารเคมี และยา นอกจากนี้ผลการทดสอบยังใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงประกอบการขอขึ้นทะเบียนสารเคมีและยาของ Organization for

⁶ Mortelmans, K., Zeiger, E. The Ames *Salmonella*/microsome mutagenicity assay. Mutation Research. 455: 29-60,2000.

Economic Co-operation and Development (OECD) และ International Commission on Harmonization (ICH)

วิธีทดสอบ ใช้แบบจำลอง Salmonella โดยอาศัยเทคโนโลยีทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์ ทำให้ Salmonella กลายพันธุ์ครั้งที่ 1 และ Salmonella ที่กลายพันธุ์ครั้งที่ 1 แล้ว จะไม่สามารถสังเคราะห์ กรดอะมิโน Histidine เองได้ ดังนั้น ถ้าอาหารเลี้ยงเชื้อปราศจาก Histidine Salmonella ที่กลายพันธุ์ครั้งที่ 1 นี้จะไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นกลุ่ม(colony) ต่อไปได้ หากเติมสาร A ที่เป็นสารกระตุ้นให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagen) สาร A จะทำให้ Salmonella กลายพันธุ์เป็นครั้งที่ 2 และจะทำให้เชื้อสามารถสังเคราะห์กรดอะมิโน Histidine เองได้ Salmonella ที่กลายพันธุ์เป็นครั้งที่ 2 จึงสามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจาก กรดอะมิโน Histidine โดยสังเกตจากการเกิดกลุ่มเชื้อ (colony)

หากทำการศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ของสารเคมี 2 ชนิด (A และ B) ที่ความเข้มข้นเท่ากัน และพบว่า Salmonella ที่ได้รับ สาร A สามารถเจริญเติบโตเป็นระยะเวลานานกว่า Salmonella ที่ได้รับ สาร B แสดงว่า สาร A มีฤทธิ์ก่อกลายพันธุ์ที่รุนแรงมากกว่า สาร B

โครงสร้างการนำเสนอข้อมูล

สารเคมีแต่ละชนิดจะแบ่งการนำเสนอเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ภาพสรุปผลกระทบต่อสุขภาพ

ส่วนที่ 2 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ส่วนที่ 3 รายละเอียดข้อมูลและอ้างอิง

บทที่ 2

สถานการณ์การใช้สารเคมีการเกษตรในประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศประกอบอาชีพอยู่ในภาคการเกษตร การทำการเกษตรในอดีตมุ่งเน้นที่การทำเพื่ออยู่เพื่อกิน ปัจจัยการผลิตต่างๆ คือ ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกษตรกรอาศัยอยู่ ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีหรือสารเคมีปราบศัตรูพืช แต่ในช่วงเวลา 40 กว่าปี ที่ผ่านมามีรัฐบาลมีนโยบายการพัฒนาประเทศที่มุ่งเน้นการหารายได้จากการส่งออกพืชผลทางการเกษตร ทำให้มีการขยายพื้นที่ทำการเกษตรออกไปเป็นจำนวนมากเน้นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ทำให้ต้องพึ่งพาปัจจัยการผลิตจากภายนอกชุมชนเพิ่มมากขึ้นในอัตราเร่ง มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีและสารเคมีมาใช้ในการเกษตรอย่างกว้างขวาง และเป็นการใช้แบบเสพติด ต้องใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ แม้ว่าตัวเลขรายได้จากการส่งออกผลิตผลทางการเกษตรจะเพิ่มสูงขึ้น แต่เบื้องหลังคือ ผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรและครอบครัว ประชาชนทั่วไป และความเสียหายของสิ่งแวดล้อมของประเทศไทยโดยรวมอย่างมากมาย

ประเภทของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

สารเคมีในการการเกษตรที่นำมาใช้มีหลายประเภท และแบ่งได้เป็นกลุ่มต่างๆ ตามเกณฑ์ที่ใช้ ดังนี้¹ (วารุณี จิตอารี และคณะ, 2546)

1) การแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน แบ่งได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ 1) สารเคมีกำจัดแมลง 2) สารกำจัดวัชพืช 3) สารกำจัดแมลงชีววินทรีย์ 4) สารกำจัดเชื้อรา 5) สารกำจัดหนู 6) สารกำจัดหอยและหอยทาก 7) สารรมควันพืช 8) สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโตของพืช 9) สารกำจัดไส้เดือนฝอย และ 10) สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช

2) การแบ่งตามองค์ประกอบทางเคมี สามารถแบ่งได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

2.1) สารอินทรีย์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นสารประกอบของคาร์บอนที่สามารถสกัดได้จากพืช เช่น ไพรีทริน (Pyrethrin) โรทีโนน หรือ โรทีนอยด์ (Rotenone and Rotenoids) นิโคติน (Nicotine)

2.2) สารอินทรีย์สังเคราะห์ ซึ่งสารเคมีในกลุ่มนี้ได้รับความนิยมอย่างมากในภาคการเกษตร เนื่องจากสามารถควบคุมและกำจัดแมลงศัตรูพืชได้ดี ได้แก่

2.2.1) กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (Organochlorine) ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ที่มีคุณสมบัติละลายได้ดีในไขมัน สลายตัวได้ยากในสิ่งแวดล้อม เช่น ดีดีที และอนุพันธ์ของดีดีที ในประเทศที่พัฒนาแล้วได้ห้ามมีการใช้อย่างเด็ดขาด ในประเทศไทยยังคงมีการใช้เพื่อควบคุมโรคมาลาเรีย

¹ วารุณี จิตอารี, สุรัตน์ หงษ์สิบสอง, คณิน นุช, ลังกาศ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.

2.2.2) กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) เป็นสารเคมีที่มีการพัฒนาและสังเคราะห์สารประกอบขึ้นกว่า 100,000 ชนิด ได้แก่ พาราไทออน คลอโรพอส เมวินฟอส เป็นต้น

2.2.3) สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) แม้ว่าจะไม่มีมากชนิด แต่มีประโยชน์ในการกำจัดแมลงได้ดี มีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มอื่นคือ ละลายน้ำได้ดี สามารถซึมเข้าทางรากและเคลื่อนย้ายไปทั่วลำต้นของพืชได้ เป็นพิษสูงต่อสัตว์เลือดอุ่น

2.2.4) สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Synthetic pyrethroid) เป็นสารเคมีที่สังเคราะห์เลียนแบบไพรีทริน แต่พัฒนาให้สามารถทนต่อการสลายตัวด้วยแสงแดด มีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยน้ำมันต่ำลง

2.3) สารอนินทรีย์ (Inorganic insecticide) เป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในช่วงแรกๆ มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน แต่ไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายนักในปัจจุบัน เช่น

2.3.1) สารหนู (Arsenical) เป็นสารที่เป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นมาก สลายตัวช้า

2.3.2) โซเดียม ฟลูออไรด์ (Sodium Fluoride) นิยมใช้กำจัด แมลงสาบ หนู

3) แบ่งตามลักษณะของระดับความเป็นพิษ

องค์การอนามัยโลกนั้นได้จัดแบ่งระดับความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน ซึ่งค่าที่ได้เป็นผลมาจากการทดลองในหนู ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 2.1 ระดับความอันตรายของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตามกำหนดขององค์การอนามัยโลก

ระดับความอันตราย		LD50 ทดลองในหนู (มิลลิกรัมต่อน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัม)			
		ทางปาก		ทางผิวหนัง	
กลุ่ม	ระดับความเป็นพิษ	ของแข็ง	ของเหลว	ของแข็ง	ของเหลว
1 เอ	มีอันตรายร้ายแรงสูงมาก	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 40
1 บี	มีอันตรายร้ายแรงสูง	5-50	20-200	10-100	40-400
2	มีอันตรายปานกลาง	50-500	200-2,000	100-1,000	400-4,000
3	มีอันตรายเล็กน้อย	≥ 500	$\geq 2,000$	$\geq 1,000$	$\geq 4,000$
4	ไม่น่ามีอันตรายถ้าใช้ถูกวิธี	$\geq 2,000$	$\geq 3,000$	-	-
5	อื่นๆ	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล

ที่มา: World Health Organization: WHO, (2002)

ตารางแสดงระดับความเป็นพิษข้างต้นอาจจะทำความเข้าใจได้ยาก จึงมีการเปรียบเทียบให้เห็นง่ายๆ ได้ดังนี้

1) กลุ่ม 1 เอ เป็นสารเคมี ที่กิน เพียงน้อยกว่า 1 ช้อนชา ก็เสียชีวิต

- 2) กลุ่ม 1 บี เป็นสารเคมี ที่กิน เพียง 1 ช้อนชา (ประมาณ 3 หยด) ก็เสียชีวิต
- 3) กลุ่ม 2 เป็นสารเคมี ที่กิน ปริมาณ 1 ช้อนชา ถึง 2 ช้อนโต๊ะ จะเสียชีวิต
- 4) กลุ่ม 3 เป็นสารเคมี ที่กิน ปริมาณ 2 ช้อนโต๊ะ ถึง 1 แก้ว จะเสียชีวิต
- 5) กลุ่ม 4 เป็นสารเคมี ที่กิน ปริมาณ 2 แก้ว ถึง 1 ขวด จะเสียชีวิต
- 6) กลุ่ม 5 เป็นสารเคมีอื่นๆ ได้แก่ สารเคมีที่องค์การอนามัยโลกยังไม่ได้จัดกลุ่ม เป็นสารเคมีที่ล้าสมัย เป็นต้น

จะเห็นว่าสารเคมีทุกชนิดทำให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลันได้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณที่รับเข้าไป แต่ประเด็นที่พึงระมัดระวังในการตีความตารางข้างต้นก็คือ ต้องไม่ลืมว่า สารเคมีต่างๆเหล่านี้มีความเป็นพิษแบบเรื้อรังสะสมด้วย เช่น การก่อให้เกิดโรคมะเร็งและการมีผลกระทบต่อระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย ซึ่งไม่ขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ ตลอดจนมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งการจัดกลุ่มข้างต้นไม่ได้นำมาพิจารณา

นอกจากนี้การจัดแบ่งกลุ่มดังกล่าวก็กระทำในช่วงเวลาที่ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับความเป็นพิษที่ครบถ้วน ดังนั้นการจัดกลุ่มดังกล่าวจึงเป็นเพียงข้อเตือนใจเบื้องต้นเท่านั้น ไม่ใช่การรับประกันว่าเราสามารถใส่สารเคมีกลุ่มที่ 3 หรือ 4 ได้ โดยไม่ต้องมีความระมัดระวังหรือป้องกันตนเองอย่างรัดกุม

อย่างไรก็ตาม การแบ่งประเภทของสารเคมีตามระดับความเป็นพิษข้างต้น ก็ช่วยให้เราตระหนักถึงความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องมีการจำกัดหรือห้ามการใช้สารเคมีที่มีอันตรายร้ายแรงสูงมาก(1 เอ) และ มีอันตรายร้ายแรงสูง (1 บี) ตัวอย่างของสารเคมีในแต่ละกลุ่มมีดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของสารเคมี จำแนกตามระดับความเป็นพิษ

กลุ่ม	ระดับความเป็นพิษ	ตัวอย่างของสารเคมี	ชื่อการค้าในไทย
1 เอ	มีอันตรายร้ายแรงสูงมาก (Extremely Hazardous)	Parathion methyl	โฟลิคอน, ทรีท็อกซ์ ฯลฯ
		EPN	อีชีน็อก ฯลฯ
1 บี	มีอันตรายร้ายแรงสูง (Highly Hazardous)	Methamidofos	ทามารอน ฯลฯ
		Carbofuran	ฟูราดาน, คูราเทอร์, พอสซ์ ฯลฯ
2	มีอันตรายปานกลาง (Moderately Hazardous)	Endosulfan	นางงาม 35, บาตาลทอง, ชันแฟน, เอ็นโดชันแฟน 35 ฯลฯ
3	มีอันตรายน้อย (Slightly Hazardous)	Alachlor	ไม่มีข้อมูล
4	ไม่น่ามีอันตรายในสภาพการใช้ปกติ	Mancozen	ไม่มีข้อมูล

กลุ่ม	ระดับความเป็นพิษ	ตัวอย่างของ สารเคมี	ชื่อการค้าในไทย
5	อื่นๆ ได้แก่ WHO ยังไม่ได้จัด กลุ่ม เป็นสารเคมีที่ล้าสมัย เป็น ต้น	-	-

ปริมาณการนำเข้าสารเคมีแต่ละชนิด

เฉพาะสารเคมีประเภทที่ใช้กำจัดแมลงศัตรูพืช จะพบว่ามีปริมาณการนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศเพิ่มสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังข้อมูลจากสถิติปี พ.ศ.2537 มีปริมาณการนำเข้าเพียง 7,708 ตัน แล้วเพิ่มขึ้นเป็น 16,356 ตันในปี พ.ศ.2545 (วารุณี จิตอารี และคณะ, 2546) คิดเป็นอัตราเพิ่มถึง ร้อยละ 112 ปริมาณการนำเข้านี้เป็นสารเคมีชนิดเข้มข้น ซึ่งบริษัทที่นำเข้ามานำไปผสมเจือจางเพื่อการจำหน่ายต่อไป ปริมาณการนำเข้าของสารเคมีแต่ละชนิดแสดงในตารางที่ 2.3 และแผนภูมิที่ 2.1

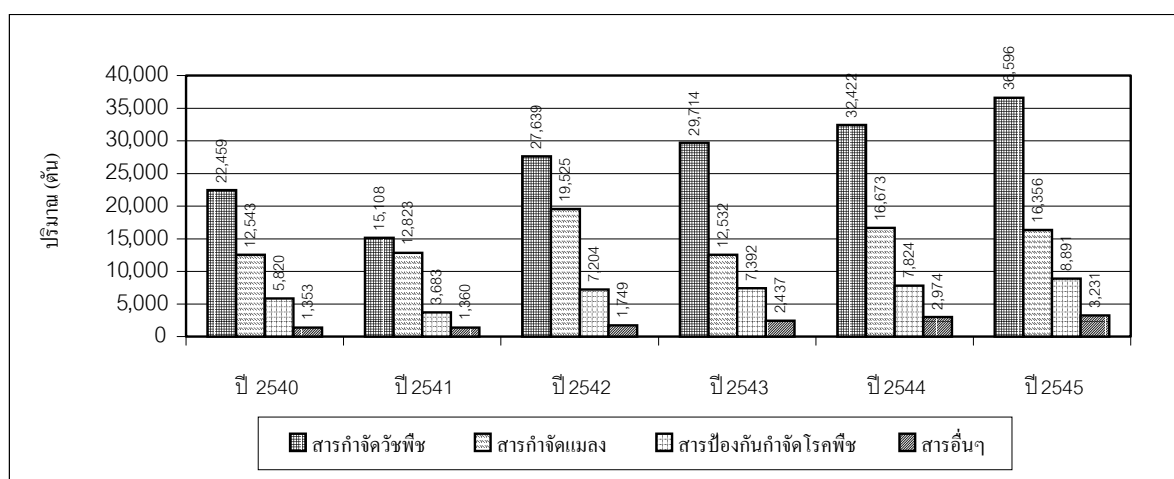
ตารางที่ 2.3 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ

ท.	ประเภทของ สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในแต่ละปี พ.ศ. 2540 – 2545 (ตัน)					
		2540*	2541*	2542*	2543*	2544**	2545**
1	สารกำจัดแมลง	12,543	12,823	19,525	12,532	16,673	16,356
2	สารกำจัดวัชพืช	22,459	15,108	27,639	29,714	32,422	36,596
3	สารกำจัดแมลงชีววินทรีย์	72	78	43	44	79	68
4	สารกำจัดไร	237	235	157	274	296	339
5	สารกำจัดหนู	191	224	216	141	199	131
6	สารกำจัดหอย	72	46	150	226	156	187
7	สารรมควันพืช	219	190	285	569	784	1,089
8	สารควบคุมการเติบโต	538	587	876	1,162	1,460	1,417
9	สารกำจัดไส้เดือนฝอย	24	0.255	22	21	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล
10	สารป้องกันกำจัดโรคพืช	5,820	3,683	7,204	7,392	7,824	8,891
11	สารอื่น ๆ	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	745	657	644	231
รวม		42,175	32,974	56,862	52,732	60,537	65,305

ที่มา: * งานการอนุญาตวัตถุมีพิษ ฝ่ายทะเบียนและการอนุญาตวัตถุมีพิษ

** ด้านตรวจพืชท่าเรือกรุงเทพ ด้านตรวจพืชลาดกระบัง ด้านตรวจพืชท่าเรือแหลมฉบัง
(อ้างอิงใน วารุณี จิตอารีและคณะ, 2546)

แผนภูมิที่ 2.1 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ



ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณและมูลค่าการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีของประเทศไทย

ปี พ.ศ.	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช		ปุ๋ยเคมี		ผลรวม	
	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)	ปริมาณ (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2541	32,974	5,092.44	2,873,514	17,851.88	2,906,488	22,944.32
2542	56,862	11,059.38	3,561,593	17,189.93	3,618,455	28,249.31
2543	52,732	7,294.38	3,198,290	18,229.97	3,251,022	25,524.35
2544	60,537	6,478.77	3,455,702	21,604.95	3,516,239	28,083.72
2545	65,305	6,478.78	3,669,353	22,112.20	3,734,658	28,590.98
2546*	64,002	9,038.50	4,332,145	23,646.01	4,396,147	32,684.51

* หมายเหตุ : ข้อมูลของปี พ.ศ. 2546 เป็นข้อมูลเดือนมกราคม ถึง ตุลาคม 2546

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของกรมศุลกากร

(<http://www.oae.go.th/statistic/import/imPTC.xls>) อ้างใน วารุณี จิตอารี และคณะ (2546)

ข้อมูลปริมาณการนำเข้าสารเคมีในตารางที่ 2.4 เป็นข้อมูลรวมของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกประเภท รวมทั้งปุ๋ยเคมีด้วย จะเห็นว่า ประเทศไทยต้องสูญเสียรายได้ปีละไม่น้อยกว่า 20,000 – 30,000 ล้านบาท เพื่อซื้อสารเคมีเหล่านี้เข้ามาใช้ในภาคการเกษตร และถ้าหากคำนวณเป็นราคาขายปลีก เมื่อบริษัทนำเข้ามีการผสมเจือจางเพื่อจำหน่ายให้แก่เกษตรกรแล้วจะพบว่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรทั่วประเทศมีมากกว่านี้

นอกจากนี้ความสูญเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวเป็นเพียงความสูญเสียเงินตราต่างประเทศเท่านั้น ยังไม่ได้คำนวณรวมไปถึงความเสียหายอันเนื่องมาจากความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อม และค่ารักษาพยาบาลอันเนื่องมาจากการเจ็บป่วยอีกด้วย ปัญหาความยากจนและการเป็นหนี้สินของเกษตรกรไทยจึงยังคงมีอยู่อย่างเรื้อรัง เพราะต้นทุนที่จำต้องแบกรับอันเกิดจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและปุ๋ยเคมีดังกล่าว ขณะเดียวกันก็จะพบว่าในแต่ละปีจะมีสินค้าทางการเกษตรที่ถูกประเทศต่างๆ ส่งกลับ ไม่ยอมให้นำเข้าไปจำหน่ายเพราะมีค่าการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินมาตรฐาน ส่งผลกระทบและความเสียหายเป็นอย่างยิ่ง (กรมวิชาการเกษตร 2546)

ตารางที่ 2.5 ปริมาณการนำเข้าและมูลค่าของสารเคมีกำจัดแมลงแยกตามระดับความเป็นพิษ

กลุ่ม	การนำเข้า	ปี พ.ศ.						ผลรวม
		2540*	2541*	2542*	2543*	2544**	2545**	
1 เอ	ปริมาณ (ตัน)	904	ข้อมูลไม่ครบ	1,500	344	1,451	1,426	5,625
	มูลค่า(ล้านบาท)	89.75	ข้อมูลไม่ครบ	151.31	59.18	141.54	138.55	580.34
1 บี	ปริมาณ (ตัน)	8,096	ข้อมูลไม่ครบ	11,234	7,849	10,265	8,470	45,914
	มูลค่า(บาท)	540.32	ข้อมูลไม่ครบ	782.94	677.01	803.14	724.28	3,527.71
2	ปริมาณ (ตัน)	2,851	ข้อมูลไม่ครบ	2,727	4,103	3,669	4,189	17,539
	มูลค่า(ล้านบาท)	814.28	ข้อมูลไม่ครบ	719.92	877.21	1,093.96	1,353.25	4,858.65
3	ปริมาณ (ตัน)	351	ข้อมูลไม่ครบ	194	116	178	170	1,009
	มูลค่า(ล้านบาท)	40.26	ข้อมูลไม่ครบ	26.41	14.40	28.35	28.12	137.55
4	ปริมาณ (ตัน)	105	ข้อมูลไม่ครบ	150	122	46	46	469
	มูลค่า(ล้านบาท)	54.24	ข้อมูลไม่ครบ	67.35	58.25	37.78	51.059	269.23
5	ปริมาณ (ตัน)	65	ข้อมูลไม่ครบ	132	253	398	1070	1,918
	มูลค่า(ล้านบาท)	34.29	ข้อมูลไม่ครบ	50.43	106.08	204.05	335.85	699.85

ที่มา: * งานการอนุญาตวัตถุมีพิษ ฝ่ายทะเบียนและการอนุญาตวัตถุมีพิษ

** คำนวณจากพิษทำเรือกรุงเทพ คำนวณจากพิษลาดกระบัง คำนวณจากพิษทำเรือแหลมฉบัง

สรุปสถานการณ์การใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย

แบบแผนการทำการเกษตรของไทยเปลี่ยนโฉมหน้าไปอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาเพียง 40 ปีที่ผ่านมา จากวิถีการผลิตที่พึ่งพิงธรรมชาติเปลี่ยนมาเป็นการทำเกษตรที่ขาดสารเคมีไม่ได้ เป็นเหมือนการติดยาเสพติดที่ต้องใช้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หากไม่ใช้จะเกิดอาการขาดยาและผลผลิตการเกษตรเสียหายจนต้องกลับมาใช้ใหม่ และต้องใช้ปริมาณเพิ่มมากขึ้นหรือเพิ่มชนิดของสารเคมีเข้าไปอีก เพราะศัตรูพืชเกิดการดื้อยา สะท้อนให้เห็นได้จากปริมาณการนำเข้าสารเคมีการเกษตรที่เพิ่มสูงมากขึ้นทุกปี

ยิ่งวิถีการผลิตทางการเกษตรเช่นนี้ดำรงอยู่นานเท่าใด ย่อมหมายถึงการที่ประเทศไทยและเกษตรกรไทยยังต้องเสพติดการใช้สารเคมีเหล่านี้ไปอย่างไม่มีทางคืนหลุดพ้นได้ นอกจากนี้ยังหมายถึง การที่ประเทศไทยยังคงมีการนำเข้าสารเคมีที่มีพิษสูง เข้ามาปนเปื้อนและตกค้างในแผ่นดินไทย ในสิ่งแวดล้อม เข้ามาปนเปื้อนกับอาหารที่เราบริโภค ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของทั้งเกษตรกรและผู้บริโภคอย่างถ้วนถึงทั่วทุกคน

การนำเสนอข้อมูลการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทยในบทนี้ แสดงให้เห็นสถานการณ์ในภาพรวม เพื่อเป็นการปูพื้นฐานและนำไปสู่การวิเคราะห์เจาะลึกสำหรับสารเคมีบางตัวที่มีความเป็นพิษสูง ที่กำลังอยู่ในกระบวนการพิจารณาควบคุม หรือห้ามการจำหน่าย ห้ามการใช้ ห้ามการมีไว้ครอบครอง โดย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเป็นสารเคมีในกลุ่มที่สัมผัสสุขภาพมีความเห็นว่า มีความจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมอย่างเร่งด่วนและเข้มงวด ก่อนที่จะสร้างความเสียหายไปมากกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ออนไลน์. แหล่งที่มา <http://www.doa.go.th> (1 ธันวาคม 2546)

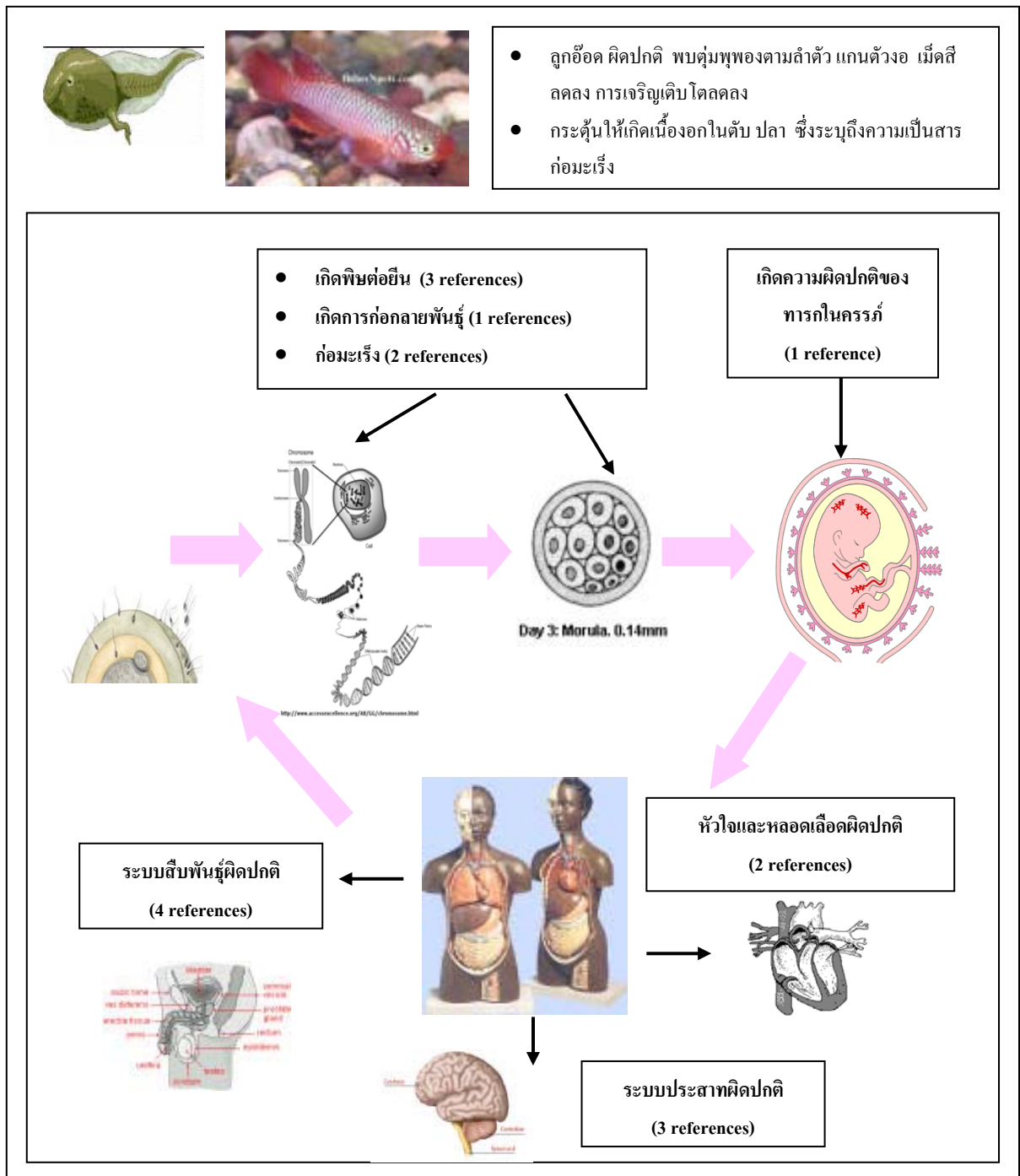
วารุณี จิตอารี , สุรัตน์ หงษ์สืบสอง , คณิงนุช ลังการาศ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย.สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.

World Health Organization. 2002. “International programme on chemical safety”. (Online). Available http://www.int/pcs/emerg_site/edc/global_edc_TOC.htm (18 June 2002).

บทที่ 3

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Carbofuran

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 จนถึงปัจจุบัน พบว่า Carbofuran มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตในคนเช่นกัน ดังแสดงตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Carbofuran

3.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Carbofuran

3.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ib (Carbamate)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Severely restricted (ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบเกรนูล ได้ถูก Ban ในสหรัฐอเมริกา)

3.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- ยกเลิกการใช้ตั้งแต่ปี 2000 ภายใต้งานไขการใช้ให้หมดภายในปี 2002 ในประเทศ สหราชอาณาจักร (PAN)

3.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 3,634,412 กก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 131.7 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Carbofuran ได้แก่ ส้มเขียวหวาน, ถั่วแขก, ถั่วแระ, ถั่วฝักยาว, ถั่วลันเตา, องุ่น, สตรอเบอร์รี่ (วารุณีและคณะ, 2546)

3.1.4 ความเป็นพิษ

3.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- พิษต่อระบบประสาทและหัวใจ หลอดเลือด โดยทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งที่ท้อง เหงื่อออก ท้องเสีย น้ำลายมาก อ่อนล้า เสียการทรงตัว มองเห็นไม่ชัด หายใจลำบาก ความดันโลหิตสูงขึ้น กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ (Baron, R. L., 1991, Cited in EXTONET)

3.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- พบการเกิดพิษต่อตับของปลา *Channa punctatus* (Bloch) จากการได้รับ Carbofuran เป็นระยะเวลานาน (Chronic exposure) ในขนาด 4.5 ppm เป็นเวลา 6 เดือน พบว่าในบางบริเวณพบการเสื่อมของเซลล์หรือการแบ่งตัวผิดปกติของเซลล์ตับ (Abstract: Ram and Singh, 1988)

3.1.4.3 เกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ :

- อสุจิผิดปกติ ในหนู Rat โดยให้ carbofuran กินเป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์นาน 60 วัน (Abstract: Pant, et. al., 1995)

- ระบบสืบพันธุ์ผิดปกติ จากการศึกษาอสุจิของ New Zealand white rabbit ตัวผู้ พบว่าลดภาวะเจริญพันธุ์ (Libido) ลดปริมาตรการหลั่งน้ำกาม (reduce in ejaculation volume) ลดความเข้มข้นของอสุจิ พบความผิดปกติและการตายของอสุจิ ซึ่งความผิดปกตินี้พบว่ามีผลต่อเนื่องแม้ว่าจะหยุดให้ Carbofuran (Abstract: Yousef, et. al., 1995)

- ทำลายระบบต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์ของปลา Indian catfish (*Heteropneustes fossilis*) จากการที่ได้รับในขนาดที่ต่ำกว่าขนาดที่ทำให้ถึงตายได้ (sub-lethal concentration) 0.5-2 mg/ml เป็นเวลา 30 วัน (Chatterjee, et. al., 2001)

3.1.4.4 เกิดการวิรูปในทารก :

- ลูกอีอด ผิดปกติ พบตุ่มพองตามลำตัว แขนด้วงอ เม็ดสีลดลง การเจริญเติบโตลดลง (Abstract: Pawar and Katdare, 1984)

3.1.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์:

- เกิดการก่อกลายพันธุ์ ในแบคทีเรีย จากการทดสอบด้วย Ames และ Lactam tests (Abstract: Hour et. al., 1998)

3.1.4.6 เกิดพิษต่อยีน :

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน เมื่อใช้ชุดทดสอบ MutatoxTM โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์ (Canna-micahelidou and Nicolaou, 1996)

- พันธุกรรมในเซลล์ไขกระดูกของหนู mouse ผิดปกติ และพบความผิดปกติของอสุจิจากการให้ Carbofuran ในขนาด 1 และ 2 mg/kg body weight ทางช่องท้อง และให้อย่างต่อเนื่องในขนาด 0.5 mg/kg เป็นเวลา 5 วัน (Chauhan, et. al., 2000)

3.1.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง

- กระตุ้นให้เกิดเนื้องอกในตับ ซึ่งระบุถึงความเป็นสารก่อมะเร็ง ในปลา *Channa punctatus* (Bloch) ที่ได้รับ Carbofuran ขนาด 4.5 ppm เป็นระยะเวลา 6 เดือน (Abstract: Ram and Singh, 1988)

3.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- Carbofuran ถูกเมแทบอลิซึมเปลี่ยนเป็น *N*-nitrosocarbofuran เมื่อมี nitrites หรือ nitrogen oxide ที่อยู่ในกระเพาะอาหารหรือภายใต้สภาวะที่เป็นกรด หรือโดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ สาร *N*-nitrosocarbofuran เองจะไม่มีฤทธิ์เป็น Cholinesterase inhibitor เหมือน Carbofuran แต่พบว่า *N*-nitrosocarbofuran มีฤทธิ์เป็น สารก่อกลายพันธุ์ที่รุนแรง และสารก่อมะเร็งที่รุนแรง จากการศึกษาใน human skin fibroblasts (Cited in Yoon, et. al., 2001)

3.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- ขั้บยั้งกระบวนการเจริญเติบโตของเซลล์ไข่ปลา Catfish (*Heteropenustes fossilis*, Bloch) เมื่อปลาได้รับ carbofuran ในขนาด sub-lethal dose คือ 0.5, 1, และ 2 mg/L เป็นเวลา 30 วัน (Abstract: Chatterjee, et. al., 1997)
- เปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระในเนื้อเยื่อต่างๆของปลา *Claris batrachus* ในขนาด sub-lethal concentration เป็นเวลา 144 ชม. Abstract: Begum and Vijayaraghavan, 2001)
- ลดปริมาณโปรตีนโดยรวมในตับและกล้ามเนื้อของปลา *Claris batrachus* โดยให้ carbofuran ในขนาด 7.66 mg/L เป็นเวลา 6 วัน (Begum, 2004)
- ค่า LD₅₀ ในปลาในช่วง 24-48 ชม. อยู่ระหว่าง 280-8500 microG/L (Cited in Matthiessen, et. al., 1995)

3.1.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม :

3.1.7.1 ในดิน มีรายงานการศึกษาค่าครึ่งชีวิตของ carbofuran ในสภาวะต่างๆในดิน พบว่า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้น 100 % มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 187.3 วันในดิน โคลนจาก Luchu และเท่ากับ 95 วันจากดินร่วนที่เป็นโคลน Yuanlin และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าครึ่งชีวิตจะลดลง และเมื่อมีความชื้นในดินมากจะพบการตกค้างของสาร carbofuran น้อย (Yen, et. al., 1997)

3.1.7.2 ในพืช พบรายงานค่าครึ่งชีวิตในพืชผัก เท่ากับ 4 วันเมื่อพืชได้รับ carbofuran จากทางราก และ พบว่าจะมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 4 วัน หากได้รับสารทางใบ (US National library of medicine, 1995. Cited in EXTONET)

3.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Carbofuran

3.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ib (Carbamate)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Severely restricted (ผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแกรนูล ได้ถูก Ban ในสหรัฐอเมริกา)

3.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- ยกเลิกการใช้ตั้งแต่ปี 2000 ภายใต้งบเงื่อนไขการใช้ให้หมดภายในปี 2002 ในประเทศ สหราชอาณาจักร (PAN)

3.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 3.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Carbofuran

ปี พ.ศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	4,428,800	114,915,277
2541	3,987,105	147,977,524
2542	4,844,175	160,862,578
2543	2,960,095	102,682,105
2544	5,270,446	199,231,480
2545	3,634,412	131,736,303

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุดิบรายการทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- ชื่อทางการค้า: Besf พราดาน 3 จี , ฟุราดาน (กาฉวนาและคณะ, 2547)
- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Carbofuran ได้แก่ ส้มเขียวหวาน ถั่วแขก ถั่วแระ ถั่วฝักยาว ถั่วลิ้นเตา องุ่น สตรอเบอร์รี่ (วารุณีและคณะ , 2546)

3.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

3.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อไส้เดือน (Earthworm, *Draawida willsi*, Michaelson) จากการผสม carbofuran ในดินในขนาด 1.1 และ 2.2 mg/kg ของดินที่แห้ง พบว่ามีผลลดการทำงานของเอนไซม์ acetylcholine esterase เป็นเวลานาน 9 วัน และหนอนใช้เวลานาน 75 วันในการทำให้การทำงานของเอนไซม์กลับคืนสู่ปกติ จากการศึกษานี้ได้แนะนำว่าหากจะมีการใช้ carbofuran ซ้ำในครั้งที่ 2 ควรจะให้ห่างจากการให้ในครั้งแรก 105 วัน (Panda and Sahu, 2004)

- พบพิษเฉียบพลันในระดับสูงจากการสูดดมและการกิน Carbofuran นอกจากนี้มีรายงานว่าทำให้เกิดพิษในระดับปานกลางจากการได้รับ carbofuran ผ่านทางผิวหนัง อาการเกิดพิษได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดเกร็งที่ท้อง เหงื่อออก ท้องเสีย น้ำลายมาก อ่อนห่อ เลือดการทรงตัวมองเห็นไม่ชัด หายใจลำบาก ความดันโลหิตสูงขึ้น กลั้นปัสสาวะไม่อยู่ (Baron, 1991, Cited in EXTONET)

- ขนาดที่ทำให้เกิดพิษในหนู rat เมื่อได้รับสารโดยการรับประทาน มีค่า LD50 เท่ากับ 5-13 mg/kg ในหนู mice เท่ากับ 2 mg/kg ในสุนัขเท่ากับ 19 mg/kg จากการดูดซึมผ่านทางผิวหนังในกระต่าย ค่า LD50 มากกว่า 1000 mg/kg จากการให้หนู Guinea pig สูดดม carbofuran เป็นเวลานาน 4 ชม. เท่ากับ 0.043-0.053 mg/kg (Kidd and James, 1991 Cited in EXTONET)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อระบบประสาทส่วนกลางจากการได้รับสาร carbofuran ของเป็ดป่า (Mallards) ในระยะ hatch ถึงเป็นตัวเต็มวัย โดยวิธีรับประทาน พบว่าค่า LD 50 จากการได้รับเป็นเวลา 1 เดือนเท่ากับ 0.6 mg/kg body mass (Hill, 1993)

3.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อตับของปลา *Channa punctatus* (Bloch) จากการได้รับ Carbofuran เป็นระยะเวลานาน (Chronic exposure) ในขนาด 4.5 ppm เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาของตับ คือ cytoplasmolysis, nuclear pyknosis, เกิดการตายของเซลล์ (necrosis) และ complete exhaustion and disintegration of hepatocytes ในบางบริเวณพบการเสื่อมของเซลล์หรือการแบ่งตัวผิดปกติของเซลล์ตับ และกระตุ้นให้เกิดเนื้องอกซึ่งระบุถึงความเป็นสารก่อมะเร็งของ carbofuran (Abstract: Ram and Singh, 1988)

3.2.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

- จากการให้ Carbofuran ด้วยวิธีรับประทาน ในขนาดต่างๆในหนู Rat ตัวผู้โดยให้ carbofuran เป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์นาน 60 วัน พบว่าเมื่อให้ในขนาด 0.2-0.8 mg/kg body weight จะทำให้น้ำหนักของ epididymides, seminal vesicles, ventral prostate และ coagulating gland ลดลง และที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, และ 0.8 mg/kg B.W.ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอสุจิลดลง ลดจำนวน epididymal sperm มีพยาธิสภาพที่ผิดปกติเพิ่มขึ้นที่ หัว คอ และหางของ spermatozoa นอกจากนี้ยังพบพิษต่ออวัยวะและสังเกตพบอาการบวม การคั่ง และมีการทำลายของ Sertoli cells และ Germ cells พร้อมกับการคั่งของ cellular debris พบ Giant cells ใน Lumen ของ Seminiferous tubule ซึ่งเป็นการแสดงถึงการรบกวนการเกิด spermatogenesis เมื่อได้รับความเข้มข้นสูงๆ (Abstract: Pant, et. al., 1995)

- พบพิษของ Carbofuran ต่อประสิทธิภาพของการสืบพันธุ์ จากการศึกษามอสุจิของ New Zealand white rabbit ตัวผู้ เมื่อได้รับ Carbofuran เป็นระยะเวลานาน (Chronic treatment) พบว่าทำให้น้ำหนักตัวลดลง ลดภาวะเจริญพันธุ์ (Libido) ลดปริมาณการหลั่งน้ำกาม (reduce in ejaculation volume) ลดความเข้มข้นของอสุจิ ลดปริมาณฟรุคโตสในน้ำอสุจิ และค่าออสโมลาลิตีของน้ำอสุจิ พบ

ความผิดปกติของอสุจิและการตายของอสุจิซึ่งความผิดปกตินี้พบว่ามีผลต่อเนื่องแม้ว่าจะหยุดให้ Carbofuran และความรุนแรงของความผิดปกติขึ้นอยู่กับขนาดที่ได้รับ (Abstract: Yousef, et. al., 1995)

- พบผลของ Carbofuran ต่อระบบสืบพันธุ์ ของ Indian catfish (*Heteropneustes fossilis*) จากการที่ได้รับในขนาดที่ต่ำกว่าขนาดที่ทำให้ถึงตายได้ (sub-lethal concentration) 0.5-2 mg/ml เป็นเวลา 30 วัน พบว่าต่อม pituitary gonadotrophs ไม่สามารถหลั่ง gonadotropin ได้ตามปกติ แสดงว่า Carbofuran เป็น antiestrogenic และทำลายระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine) ในปลาที่ศึกษา (Chatterjee, et. al., 2001)

3.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- พบความผิดปกติในลูกอ๊อด โดยพบคุ่มพุงตามลำตัว และ Distention of body cavity และแกนตัวงอ (curvature of body axis) การไหลเวียนของเลือดลดลง พบว่ามีเม็ดสีลดลง การเจริญเติบโตลดลง เสียการทรงตัว (Abstract: Pawar and Katdare, 1984)

3.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic effect)

- จากการศึกษาผลการก่อกลายพันธุ์ด้วย Ames และ Lactam tests พบว่า carbofuran ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ ในแบคทีเรียสายพันธุ์ JK947 (Abstract: Hour et. al., 1998)

3.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน (Suspect genotoxic) เมื่อใช้ชุดทดสอบ Mutatox^{TN} ที่ทดสอบจากกลไกการทำปฏิกิริยากับ DNA และมีผลทำให้เกิดการทำลาย DNA โดยมีค่า Lowest Detected concentration with positive genotoxic response (LDC) = 175 microgram/L โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์ (Canna-micahelidou and Nicolaou, 1996)

- จากการศึกษาผลต่อยีนโดยการดูผลต่อพันธุกรรมในเซลล์ (cytogenetic effects) ในเซลล์ไขกระดูกของหนู mouse และการเปลี่ยนแปลงสัณฐานของอสุจิ (Morphological alteration in sperms) เมื่อให้ Carbofuran ในขนาด 1 และ 2 mg/kg body weight ทางช่องท้อง และให้อย่างต่อเนื่อง ในขนาด 0.5 mg/kg เป็นเวลา 5 วัน พบว่าในความเข้มข้นทั้ง 2 ขนาดทำให้เกิดการยับยั้ง Mitotic เพิ่ม การเกิด Chromosome aberration มีการสร้าง micronucleus เพิ่มขึ้น และพบความผิดปกติของอสุจิ (Chauhan, et. al., 2000)

- มีรายงานพบว่าเมแทบอลิท์ของ Carbofuran ชื่อ N-nitrosocarbofuran มีความเป็นพิษต่อยีนในขณะที่ Carbofuran เองไม่พบความเป็นพิษต่อยีน ทั้งนี้เป็นรายงานที่ศึกษาในเซลล์จากปอดหนู (Chinese Hamster lung fibroblast) ที่เป็นแบบจำลองในการศึกษาความเป็นพิษต่อยีน และจากการทดสอบ ด้วย Ames test พบว่า N-nitrosocarbofuran ทำให้วงจรของเซลล์หยุด และกระตุ้นให้เกิดการตายของเซลล์แบบ Apoptosis (Yoon, et. al., 2001)

3.2.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง (Carcinogenic effect)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อตับของปลา *Channa punctatus* (Bloch) จากการได้รับ Carbofuran เป็นระยะเวลานาน (Chronic exposure) ในขนาด 4.5 ppm เป็นเวลา 6 เดือนพบว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพยาธิวิทยาของตับ คือ cytoplasmolysis, nuclear pyknosis เกิดการตายของเซลล์ (necrosis) และ complete exhaustion and disintegration of hepatocytes ในบางบริเวณพบการเสื่อมของเซลล์หรือการแบ่งตัวผิดปกติของเซลล์ตับ และกระตุ้นให้เกิดเนื้องอกซึ่งระบุถึงความเป็นสารก่อมะเร็งของ carbofuran เมื่อได้รับพิษสะสมต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน (Abstract: Ram and Singh, 1988)

3.2.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: carbosulfan and organ จากการสืบค้นในปี ค.ศ. 1994-ปัจจุบัน

3.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- มีรายงานการศึกษาอัตราการดูดซึมของ carbofuran ผ่านทางผิวหนังหน้าท้องของหนู Rat ในหลอดทดลอง พบว่ามีอัตราเร็วในการดูดซึม $1.05 \text{ microG/cm}^2 \text{ per hour}$ (Abstract: Liu and Kim, 2003)

- มีรายงานว่า Carbofuran ถูกเมแทบอลิซึมเปลี่ยนเป็น *N*-nitrosocarbofuran เมื่อมี nitrites หรือ nitrogen oxide ที่อยู่ในกระเพาะอาหารหรือภายใต้สภาวะที่เป็นกรด หรือโดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ สาร *N*-nitrosocarbofuran เองจะไม่มีฤทธิ์เป็น Cholinesterase inhibitor เหมือน Carbofuran และมีรายงานว่ามีความเป็นพิษน้อยกว่าในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่พบว่า *N*-nitrosocarbofuran สามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ sister chromatid และเกิด chromosome aberration, micronucleus formation และ aneuploidy จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และมีรายงานว่า *N*-nitrosocarbofuran มีฤทธิ์เป็นสารก่อกลายพันธุ์ที่รุนแรง และสารก่อมะเร็งที่รุนแรง โดยพบว่าสามารถกระตุ้นให้สาย DNA สายเดี่ยวแตก จากการศึกษาใน human skin fibroblasts (Cited in Yoon, et. al., 2001)

- Carbofuran ถูกทำให้สลายตัวอย่างรวดเร็ว (ไฮโดรไลซ์) ภายใต้สภาวะที่เป็นด่าง ซึ่งพบได้ในไร้ข้าว และสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจะสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว (มีรายงานว่า carbofuran มีค่าครึ่งชีวิตนาน ในน้ำ คือมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 18-26 วัน) เมแทบอลิท์ของ carbofuran ในไร้ข้าวคือ สารประกอบฟีนอล ซึ่งจะจับอย่างถาวรกับข้าว 3-hydroxy carbofuran และสารประกอบในปริมาณน้อยมากอื่นๆ ซึ่งอาจจะระเหยออกมาทางใบพืช (Abstract: Mabury, et. al., 1996)

3.2.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

3.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- มีรายงานการได้รับพิษของนกชนิดที่หายาก (*Aegipius monachus* 7 ตัวและ *Aquila chrysaetus* 1 ตัว) ตลอดจนถึงจิ้งจอก 11 ตัว (Abstract: Antoniou, et. al., 1996)

3.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- จากการศึกษาผลของ Carbofuran ต่อปลาทอง (Gold fish, *Carassius auratus*) เมื่อให้สาร 3 ขนาดที่เป็น sub-lethal concentrations (คือ 25, 50, 100 microG/L) เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 ชั่วโมง พบว่า carbofuran ลด buccal movements และลด antagonistic interactions ของปลาทอง เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่พบว่ามีการตอบสนองต่อการให้ amino acid solution (induced attraction), decreased sheltering, increased horizontal displacements, burst swimming, buccal movements, และ antagonistic interactions ซึ่งระบุผลของสารนี้ต่อพฤติกรรมของปลาทอง (Saglio et. al., 2003)

- พบผลกระทบต่อเซลล์ไข่ปลา Catfish (*Heteropenustes fossilis*, Bloch) เมื่อปลาได้รับ carbofuran ในขนาด sub-lethal dose คือ 0.5, 1, และ 2 mg/L เป็นเวลา 30 วัน โดย Carbofuran ไปมีผลยับยั้งกระบวนการเจริญเติบโตของเซลล์ไข่ปลา (Abstract: Chatterjee, et. al., 1997)

- จากการศึกษาพิษของ Carbofuran ในปลา *Claris batrachus* ในขนาด sub-lethal concentration เป็นเวลา 144 ชม. แล้วนำปลาไปไว้ในน้ำสะอาด (Fresh water) อีกเป็นเวลา 144 ชม. พบว่าในช่วงที่ได้รับสารเคมีปลาจะมีระดับไขมันในทุกเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้น และเมื่อไม่ได้รับสารเคมีระดับไขมันก็ลดลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า carbofuran มีผลเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดไขมันอิสระในเนื้อเยื่อต่างๆของปลา (Abstract: Begum and Vijayaraghavan, 2001)

- พบผลของ Carbofuran ต่อระดับเมแทบอลิท์และเอนไซม์ที่สำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ในตับและกล้ามเนื้อของปลา *Claris batrachus* โดยให้ carbofuran ในขนาด 7.66 mg/L เป็นเวลา 6 วัน หลังจากนั้นนำปลาไปไว้ในน้ำสะอาดที่ปราศจาก carbofuran เป็นเวลา 6 วัน พบว่า Carbofuran มีผลลดปริมาณโปรตีนโดยรวมในตับและกล้ามเนื้อของปลา แต่มีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากหยุดการได้รับสารเคมี ปริมาณกรดอะมิโนอิสระพบว่าเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อ ระดับของแอมโมเนียเพิ่มขึ้นทั้งในตับและในกล้ามเนื้อ โดยหลังจากที่หยุดได้รับสารเคมียังพบว่าระดับแอมโมเนียในตับยังมีขนาดที่สูง ปริมาณ glycogen ในตับลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเพิ่มขึ้นหลังจากที่หยุดได้รับสาร carbofuran (Begum, 2004)

- มีรายงานค่า LD 50 ในปลาในช่วง 24-48 ชม. อยู่ระหว่าง 280-8500 microG/L (Cited in Matthiessen, et. al., 1995)

3.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organism)

- มีความเป็นพิษต่อผึ้ง แต่ไม่พบความเป็นพิษเมื่ออยู่ในรูปแกรนูล (Kidd, 1991, Cited in EXTONET)

3.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

3.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- Carbofuran ถูกทำให้สลายตัวอย่างรวดเร็ว (ไฮโดรไลซ์) ภายใต้สภาวะที่เป็นค่าซึ่งพบได้ในไร่ข้าว และสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น จะสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว (มีรายงานว่า carbofuran มีค่าครึ่งชีวิตที่นานในน้ำคือมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 18-26 วัน) เมแทบอลิท์ของ carbofuran ในไร่ข้าวคือ สารประกอบฟีนอล ซึ่งสามารถจับอย่างถาวรกับข้าว 3-hydroxy carbofuran และสารประกอบในปริมาณน้อยมากอื่นๆ ซึ่งอาจจะระเหยออกมาทางใบพืช (Abstract: Mabury, et. al., 1996)

- พบว่า carbofuran ถูกเมแทบอลิซ์ ใน sugarcane plant ได้ 3-hydroxycarbofuran ในปริมาณสูง หลังจากที่มีการใช้ carbofuran ในปริมาณ 1 และ 2 kg/ha จากการตรวจหาสารตกค้างในดินพบเฉพาะ carbofuran โดยพบว่า carbofuran จะสามารถสลายตัวอย่างรวดเร็วในดิน (Abstract: Battu, et. al., 2000)

- มีรายงานการศึกษาค่าครึ่งชีวิตของ carbofuran ในสภาวะต่างๆในดิน พบว่า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสและความชื้น 100 % มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 187.3 วันในดินโคลนจากเมือง Luchu และเท่ากับ 95 วันจากดินร่วนที่เป็นโคลน Yuanlin และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าครึ่งชีวิตจะลดลง และเมื่อมีความชื้นในดินมากจะพบการตกค้างของสาร carbofuran น้อย (Yen, et. al., 1997)

3.2.7.2 Breakdown in water

- carbofuran สลายตัวด้วยปฏิกิริยา hydrolysis ภายใต้สภาวะที่เป็นค่า นอกจากนั้นในสภาวะที่มีแสงหรือจุลินทรีย์บางชนิดสามารถสลาย Carbofuran ได้ ค่าครึ่งชีวิตจากการสลายตัวด้วยปฏิกิริยา hydrolysis ในน้ำที่ 25 C เท่ากับ 690, 8.2, and 1.0 อาทิตย์ที่ pH 6.0, 7.0, และ 8.0 ตามลำดับ Carbofuran ไม่ระเหยจากน้ำและไม่ถูกดูดซับในตะกอนหรือสารแขวนลอย (Howard, 1991 cited in EXTONET)

3.2.7.3 การสลายตัวในพืช (Breakdown in vegetation)

- พบรายงานค่าครึ่งชีวิตในพืชผัก เท่ากับ 4 วันเมื่อพืชได้รับ carbofuran จากทางราก และพบว่าจะมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 4 วันหากได้รับสารทางใบ (US National library of medicine, 1995. Cited in EXTONET)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลนาเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลนาเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)

- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)
- กาญจนา นาตะพินธุ, คาริวรรณ เศรษฐธรรม และบัณฑิต ปิยะศิลป์. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช : กรณีศึกษาเส้นทางเดินของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.
- วารุณี จิตอารี, สุรัตน์ หงษ์สืบสอง, คณินุช ลังกากาศ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.
- Antoniou, V., Zantopoulos, N., Skartsi, D., Tsoukali-Papadopoulou, H. Pesticide poisoning of animals of wild fauna. Vet. Hum. Toxicol. 38(3):212-213, 1996. (Abstract)
- Baron, R. L. Carbamate insecticides. In Handbook of Pesticide Toxicology. Hayes, W. J., Jr. and Laws, E. R., Jr., Eds. Academic Press, New York, NY, 3-6, 1991. Cited in EXTONET, <http://extonet.orst.edu/pips/carbofur.htm> (Searched on February 19, 2004).
- Battu, R., Kalra, R. L., Dhillon, R. S. Estimate of residues of carbofuran and its metabolites in sugarcane and soil by derivatization with 1-fluoro-2,4-dinitrobenzene and gas chromatography with nitrogen-phosphorus detection. J. AOAC Int. 83(3):569-578, 2000. (Abstract)
- Begum, G., Vijayaraghavan, S. Carbofuran toxicity on total lipids and free fatty acids in air breathing fish during exposure and cessation of expose-*in vivo*. Environ. Monit. Assess. 70(3):233-239, 2001. (Abstract)
- Begum, G. Carbofuran insecticides induced biochemical alterations in liver and muscle tissues of the fish *Claasrias batrachus* (Linn) and recovery response. Aquatic Toxicology 66:83-92, 2004.
- Canna-Micahelidou, S., Nicolaou, A.-S. Evaluation of the genotoxicity potential (by Mutatox^{TN} test) of 10 pesticide found as water pollutants in Cyprus. The Science of the Total Environment. 193: 27-35, 1996.

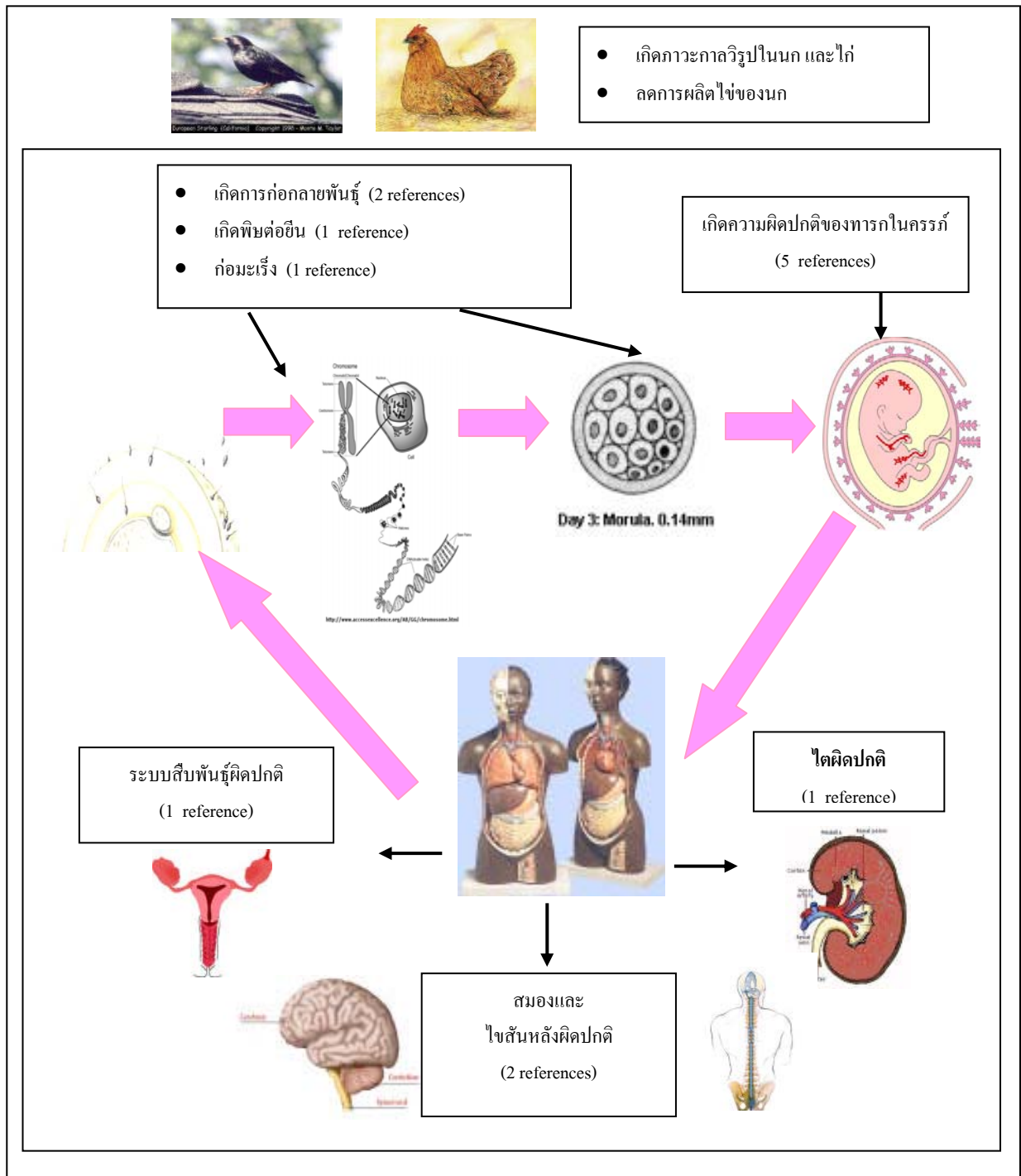
- Chatterjee, S., Dutta, A. B., Ghosh, R. Impact of carbofuran in the oocyte maturation of catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 32(4):426-430, 1997. (Abstract)
- Chatterjee, S., Dasmahapatra, A. K., Ghosh, R. Disruption of pituitary-ovarian axis by carbofuran in catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Comparative Biochemistry and Physiology Part C. 129:265-273, 2001.
- Chauhan, L. K. S., Pant, N., Gupta, S. K., Srivastava, S. P. Induction of chromosome aberrations, micronucleus formation and sperm abnormalities in mouse following carbofuran exposure. Mutation Research 465:123-129, 2000.
- Hill, E. F. Acute and subacute toxicology in evaluation of pesticide hazard to avian wildlife. Up- and Down Procedure Peer Panel Report. P-45-67, 1993.
- Hour, T. C., Chen, L., Lin, J. K. Comparative investigation on the mutagenicities of organophosphate, phthalimide, pyrethroid and carbamate insecticides by the Ames and lactam tests. Mutagenesis. 13(2): 157-166, 1998. (Abstract)
- Howard, P. H. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals: Pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1991. Cited in EXTONET, <http://extonet.orst.edu/pips/carbofur.htm> (Searched on February 19, 2004).
- EXTONET, Cited in <http://extonet.orst.edu/pips/carbofur.htm> (Searched on February 19, 2004).
- Kidd, H., James, D. R., Eds. The agrochemicals handbook. 3rd edition. Royal society of chemistry information service. Cambridge, UK, 1991. Cited in EXTONET, <http://extonet.orst.edu/pips/carbofur.htm> (Searched on February 19, 2004).
- Liu, K. H., Kim, J. H. *In vitro* dermal penetration study of carbofuran, carbosulfan, and furathiocrab. Arch. Toxicol. 77(5): 255-260, 2003. (Abstract)
- Mabury, S. A., Cox, J. S., Crosby, D. G. Environmental fate of rice pesticides in California. Rev. Environ. Contam. Toxicol. 147:71-117, 1996. (Abstract)
- Matthiessen, P., Shehan, D., Harisson, R., Kirby, M., Rycroft, R., Turnbull, A., Volkner, C., Williams, R. Use of a *Gammarus pulex* bioassay to measure the effect of transient carbofuran runoff from farmland. Ecotoxicology and environmental safety 30:111-119, 1995.
- PAN, Cited in <http://www.pan-uk.org/press/17012000.htm> (Searched on April 12, 2004).
- Panda, S., Sahu, S. Recovery of acetylcholine esterase activity of *Drawida willsi* (Oligochaeta) following application of three pesticides to soil. Chemosphere 55:283-290, 2004.

- Pant, N., Prasad, A. K., Srivastava, S. C., Shankar, R., Srivastava, S. P. Effect of oral administration of carbofuran on male reproductive system of rat. *Hum. Exp. Toxicol.* 14(11):889-894, 1995. (Abstract)
- Pawar, K. R., Katdare, M. Toxic and teratogenic effects of fenitrothion, BHC and carbofuran on embryonic development of the frog, *Microhyla ornate*. *Toxicol. Lett.* 22(1):7-13, 1984. (Abstract)
- Saglio P, Bretau S, Rivot E, Olsen KH. Chemobehavioral changes induced by short-term exposures to prochloraz, nicosulfuron, and carbofuran in goldfish. *Arch Environ Contam Toxicol.* 45(4):515-24, 2003.
- Ram, R. N., Singh, S. K. Carbofuran-induced histopathological and biochemical changes in liver of the teleost fish, *Channa punctatus* (Bloch). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 16(3):194-201, 1988. (Abstract)
- US National library of medicine. Harzardous substances databank. Bethesda. MD. 1995. Cited in EXTONET, <http://extonet.orst.edu/pips/carbofur.htm> (Searched on February 19, 2004).
- Yen, J.-H., Hsiao, F.-L., Wang, Y.-S. Assessment of the insecticide carbofuran's potential to contaminate groundwater through soils in the subtropics. *Ecotoxicology and environmental safety.* 38:260-265, 1997.
- Yoon, J.-Y., Oh, S.-H., Yoo, S.M., Lee, S.-J., Lee, H. -S., Choi, S.-J., Moon, C.-K., Lee, B.-H. *N*-nitrosocarbofuran, but not carbofuran, induces apoptosis and cell cycle arrest in CHL cells. *Toxicology.* 169:153-161, 2001.
- Yousef, M. I., Salem , M. H., Ibrahim, H. Z., Helmi, S., Seehy, M. A., Bertheussen, K. Toxic effects of carbofuran and glyphosate on semen characteristics in rabbits. *J. Environ. Sci. Health B.* 30(4):513-534, 1995. (Abstract)

บทที่ 4

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Dicotophos

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นจากการสืบค้นในทุกปีที่ปรากฏในฐานข้อมูล จนถึงปัจจุบัน พบว่า Dicotophos มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตในคนเช่นกัน ดังแสดงตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Dicotophos

4.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Dicrotophos

4.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ib (Organophosphate)

4.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Banned** ในประเทศอินเดีย ปากีสถาน (PAN)
- **Cancelled** ในสหรัฐอเมริกา (จากเอกสารที่พบใน Output Reporting USEPA/OPP Chemical Information)
- **ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้** (not registered for use) ในประเทศออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร และแคนาดา (PAN)
- จากการเปรียบเทียบความรุนแรงเชิงสัมพัทธ์ (Relative potency factor) โดยพิจารณา brain choline esterase activity ในหนู rat เพศเมีย พบว่า dicrotophos มีค่าความรุนแรงเชิงสัมพัทธ์ เป็น 1.95 เท่าของ methamidophos จากการได้รับโดยการกิน ทั้งนี้ methamidophos ได้ถูก banned ในประเทศไทยแล้ว (US EPA, 2001)

4.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 248,606 กก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 4,226,521 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Dicrotophos ได้แก่ ข้าวโพด, คะน้า, ถั่วฝักยาว, ส้มเขียวหวาน, ถั่วแระ, ถั่วแขก, ถั่วลิสง, องุ่น, สตรอเบอร์รี่, กะหล่ำปลี (วารุณีและคณะ, 2546)

4.1.4 ความเป็นพิษ

4.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- พบรายงานการเกิดพิษในคน หากได้รับโดยการสูดดม หรือสัมผัสทางผิวหนัง โดยจะทำให้เกิดอาการปวดหัว เหนื่อยออก คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย กล้ามเนื้อกระตุก สูญเสียการทรงตัว และตายได้ (Hazardous Substance Fact Sheet)

4.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- พบพิษเรื้อรังต่อระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ ในหนู Rat ที่ได้รับ dicrotophos นานเป็นเวลา 3 เดือน (abstract: Maxwell and Le Quesne, 1982)

4.1.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ :

- ลดการผลิตไข่ ลดความหนาของเปลือกไข่ และมีผลต่อตัวอ่อนของนก (US EPA, 2002)

4.1.4.4 เกิดกลวิรูปในทารก :

- พัฒนาการตัวอ่อนของไก่ผิดปกติ (Abstract: Proctor, et. al., 1976), มีขนผิดปกติ (Abstract: Moscioni, et. al., 1977), พบความผิดปกติที่ปีกและขา (Abstract: Kitos, et. al., 1981), ขยับการเจริญเติบโตของกระดูกขา (Abstract: Misawa, et. al., 1982), พบความผิดปกติของไขสันหลัง , กระดูกเอว, neural epiphysis, lens vesicle และการบวมของเส้นเลือด (Abstract: Garrison and Wyttenbach, 1985)

4.1.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ และแบ่งตัวผิดปกติ:

- เกิดการก่อกลายพันธุ์ใน *E. coli* และ *Salmonella typhimurium* (NOSH)
- พบการเกิด Chromatid exchange ในรังไข่ของหนู Hamster (NOSH)

4.1.4.6 เกิดพิษต่อยีน :

- เป็นพิษต่อยีนจากการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการแลกเปลี่ยน Sister chromatid ในเซลล์เพาะเลี้ยงชนิด Chinese Hamster ovary cells อย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 0.03 และ 1.0 mM (Abstract: Nishio and Uyeki, 1981)

4.1.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง :

- เกิดเนื้องอกในหนู mouse ซึ่งระบุถึงความสามารถในการก่อมะเร็ง (US Environmental protection agency, 1999)

4.1.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ :

- เกิดพิษต่อเซลล์เพาะเลี้ยงของไต (Poovala, et. al., 1999)
- ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง โดยทำให้เกิดอาการชา เจ็บเหมือนถูกเข็มแทง อ่อนล้าที่มือและเท้า (Hazardous Substance Fact Sheet)

4.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- จะถูกเมแทบอลิซึมและสารบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็น monocrotophos โดยปริมาณสาร monocrotophos ในเนื้อเยื่อต่างๆในร่างกายจะพบมากกว่า dicrotophos หลังจากที่ได้รับ dicrotophos 2-3 ชม. พบการกำจัดปริมาณสารทั้งสองออกจากร่างกายจนหมดภายใน 24 ชม. (Environmental Assessment, 2003)

4.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- พบการตายของนก 1,100 ตัว จาก 12 สายพันธุ์ ในเขต Matagorda county รัฐ Texas ในเดือนมี.ค. และ พ.ค. 1982 เนื่องจากพบว่านกได้รับสารเคมีที่ปนกับเมล็ดข้าวในนาข้าว (Abstract: Flickinger, et. al., 1984)

- Dicotophos และสารที่เกิดจากการสลายตัวของมันคือ monocrotophos เป็นพิษต่อสัตว์ปีก และก่อให้เกิดภาวะการวิรูปในนก โดยลดจำนวนไข่ที่ฟักภายในครั้งหนึ่งๆ (reduce in clutch size) มีผลต่อลูกอ่อนของนก และตัวอ่อนของไก่ (Quick Fact)

4.1.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม :

4.1.7.1 ในดิน จากร่วนปนทรายที่เป็น โคลน มีค่าครึ่งชีวิต เท่ากับ 3 วัน (Quick Fact)

4.1.7.2 ในน้ำ มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำที่มีค่าพีเอช 5 , 7 และ 9 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เท่ากับ 117 , 72 และ 28 วัน ตามลำดับ (Quick Fact)

4.1.7.3 ในพืช พบว่าพืชดูดซับสาร dicotophos มากกว่า 50 % ใน 8 ชม. (EXTONET)

4.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Dicrotophos

4.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ib (Organophosphate) Dicrotophos เป็นของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นหอม (Pleasant odor) จุดเดือดเท่ากับ 111-112 °C ที่ 0.22 mmHg (หรือ 399 °C ที่ 760 mmHg) (Hazardous Substance Fact Sheet) สามารถละลายได้ดีในน้ำ หรือในสารละลายอินทรีย์อื่นๆ (Quick Fact)

4.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Banned** ในประเทศอินเดีย ปากีสถาน (PAN)
- **Cancelled** ในสหรัฐอเมริกา (จากเอกสารที่พบใน Output Reporting USEPA/OPP Chemical Information) เดิม Dicrotophos ถูกจัดกลุ่มอยู่ในพวกที่ต้อง restricted use นั่นคือจะสามารถซื้อหรือใช้ได้เฉพาะในคนที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ได้ตามกฎหมายเท่านั้น ในสหรัฐอเมริกาให้ใช้เฉพาะในการปลูกฝ้าย 0.1-0.5 ปอนด์ต่อเอเคอร์ (US Environmental Protection Agency, 1999) สูตรที่ถูกจัดให้อยู่ใน Restricted คือ สูตรที่อยู่ในรูปของเหลวที่มีปริมาณสารสำคัญมากกว่าหรือเท่ากับ 8% ขึ้นไปเนื่องจากมีรายงานว่าก่อให้เกิดพิษเฉียบพลันจากการสัมผัสทางผิวหนัง และพบสารตกค้างในนก (Nixon, 1997; Brown, 2000)
- **ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้** (not registered for use) ในประเทศออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร และแคนาดา (PAN)
- จากการเปรียบเทียบความรุนแรงเชิงสัมพัทธ์ (Relative potency factor) โดยพิจารณา brain choline esterase activity ในหนู rat เพศเมีย พบว่า dicrotophos มีค่าความรุนแรงเชิงสัมพัทธ์เป็น 1.95 เท่าของ methamidophos จากการได้รับโดยการกิน ทั้งนี้ methamidophos ได้ถูก banned ในประเทศไทยแล้ว (US EPA, 2001)

4.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 4.1 ปริมาณการนำเข้าและมูลค่านำเข้า Dicrotophos

ปี พ.ศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	180,055	22,352,660
2541	169,670	20,079,171
2542	105,863	17,203,186
2543	173,268	23,644,566
2544	231,709	38,269,976
2545	248,606	42,226,521

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Dicrotophos ได้แก่ ข้าวโพด คენห่า ถั่วฝักยาว ส้มเขียวหวาน ถั่วแระ ถั่วแขก ถั่วลันเตา องุ่น สตรอเบอร์รี่ กะหล่ำปลี (วารุณีและคณะ, 2546)
- ชื่อทางการค้า : Bidrin® (Poovala, et. al., 1999) สูตรที่มีจะอยู่ในรูปของเหลวที่อยู่ใน isopropyl alcohol มีปริมาณสารสำคัญในความเข้มข้น 82% (US Environmental protection agency, 1999); Carbicron, Diapadrin, Dicron, Ektafos (Quick Fact), INJECT-A-CIDE® B ของ JJ Mauget Company มี dicrotophos 82%w/w, ปอง 33 (อ้างใน จุฑามาศ ต๊ะกำ, 2547); เวลคัม 33 (กาญจนาและคณะ, 2547)

4.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

4.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- พบรายงานว่ Dicrotophos มีพิษต่อสัตว์พวกหนู (rodent) กระจาย และสุนัข ในขนาดต่ำๆ และพบว่าหนู rat ตัวเมียจะเกิดพิษได้มากกว่าตัวผู้จากพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง (US Environmental protection agency, 1999)

- พบการเกิดพิษเฉียบพลันในหนู rat เกิดจากการได้รับโดยวิธีการกินและผ่านทางผิวหนัง ไม่มีรายงานของการเกิดพิษจากการได้รับสารโดยการหายใจ นอกจากนี้ยังพบว่า dicrotophos เป็นสารที่ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผิวหนังที่รุนแรง (dermal sensitizer) (US Environmental protection agency, 1999)

- Dicrotophos มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยพบว่า ในหนู rat มีค่า LD50 จากการกินเท่ากับ 16-21 mg/kg และจากการได้รับผ่านทางผิวหนังเท่ากับ 42-43 mg/kg (Quick Fact)

- มีรายงานค่า LD50 ในสัตว์ปีกชนิดต่างๆดังนี้ California quail เท่ากับ 1.89 mg/kg, ในนกกระจอก (House sparrow) เท่ากับ 3.00 mg/kg และในเป็ดป่า (Mallards) เท่ากับ 4.24 mg/kg (Quick Fact)

- มีรายงานค่า LD50 ในหนู Rat จากการได้รับโดยการกินมีค่าอยู่ระหว่าง 13-25 mg/kg ในหนู mice มีค่า LD50 อยู่ระหว่าง 11-15 mg/kg หากได้รับผ่านทางผิวหนังในหนู Rat จะมีค่า LD50 42 mg/kg ในกระต่ายมีค่า LD50 เท่ากับ 168-225 mg/kg และมีผลทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและตาของกระต่าย (Environment Assessment, 2003)

- พบรายงานการเกิดพิษในคน หากได้รับโดยการสูดดม หรือสัมผัสทางผิวหนัง โดยจะทำให้เกิดอาการปวดหัว เหนื่อยออก คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสีย กล้ามเนื้อกระตุก สูญเสียการทรงตัว และตายได้ (Hazardous Substance Fact Sheet)

4.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- พบพิษเรื้อรังต่อระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาในหนู Rat ที่ได้รับ dicrotophos นานเป็นเวลา 3 เดือน พบว่ามีระดับของการทำงานของเอนไซม์

Acetylcholine esterase ในเลือดและพาสมาลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (abstract: Maxwell and Le Quesne, 1982)

4.2.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

- พบรายงานผลต่อการสืบพันธุ์ของ dicotophos ในนก คือทำให้ลดการผลิตไข่ มีผลต่อตัวอ่อนของนก มีผลลด Hatchling production และลดความหนาของเปลือกไข่ (US EPA, 2002)

4.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- มีรายงานความสัมพันธ์ของการเกิดภาวะการวิรูปในตัวอ่อนของไก่เมื่อให้ dicotophos โดยการฉีดเข้าถุงไข่แดง (Yolk sac) เมื่อตัวอ่อนมีอายุ 4 วันและยังอยู่ในระยะฟักไข่ (Incubation) โดยให้ dicotophos ในขนาด 1 mg/kg พบว่าเมื่อตัวอ่อนมีอายุ 12 วันมีระดับ Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) ลดลงอย่างมาก ร่วมกับการพัฒนาการที่ผิดปกติ (Abstract: Proctor, et. al., 1976)

- มีรายงานการก่อให้เกิดการวิรูปของ dicotophos จากกลไกการยับยั้งเอนไซม์ Kynurenine formamidase ซึ่งการยับยั้งเอนไซม์ดังกล่าวจะทำให้ระดับ Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) ลดลง และการที่ระดับ NAD ลดลงจะสัมพันธ์กับการเกิดการวิรูป ชนิดที่ I ซึ่งจะทำให้เกิด micromelia และมีขนผิดปกติ (abnormal feathering) ในตัวอ่อนของไก่ (Abstract: Moscioni, et. al., 1977)

- พบรายงานการเกิดการวิรูปในตัวอ่อนของไก่ (Chick embryos) ที่มีอายุ 72 ชม. ในระยะฟักไข่ (Incubation) แล้วมีการให้ Dicotophos (*in ovo*) ในปริมาณ 0.2 หรือ 1.0 mg ต่อไข่ แล้วตรวจสอบในวันที่ 5 , 7 และ 10 พบว่า ในวันที่ 10 มีระดับโปรตีนและระดับของ Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD) ลดลง พบความผิดปกติที่ปีกและขา ซึ่งบ่งบอกถึงการเกิดการวิรูป (Abstract: Kitos, et. al., 1981)

- พบการก่อให้เกิดการวิรูปจากการศึกษาในไข่ไก่ (Leghorn) โดยฟักไข่เป็นเวลา 24, 48 , 72 และ 96 ชม. และฉีด dicotophos ในขนาด 25 microG/ฟอง ถึง 2 mg/ฟอง แล้วสังเกตอาการเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชม. พบว่ากลุ่มที่ได้รับ dicotophos มีพัฒนาการล่าช้ากว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับ และส่วนใหญ่พบความผิดปกติของไขสันหลัง (deformity of the adjacent spinal cord) กระดูกเอว, neural epiphysis, lens vesicle และการบวมของเส้นเลือด (distention of the major blood vessels) อุบัติการณ์และความรุนแรงนี้พบว่าจะขึ้นอยู่กับขนาดที่ได้รับ (Abstract: Garrison and Wytttenbach, 1985)

- พบผลต่อการสร้างกระดูกของตัวอ่อนไก่ จากการศึกษในตัวอ่อนที่อยู่ในระยะฟักตัว อายุ 5-17 วัน โดยการฉีด dicotophos 200 microG/ฟอง พบการยับยั้งการเจริญเติบโตของกระดูก โดยเริ่มสังเกตพบอาการดังกล่าวในตัวอ่อนที่อยู่ในระยะฟักตัว อายุ 9 วัน (Abstract: Misawa, et. al., 1982)

4.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic effect)

- มีรายงานว่า Dicrotophos เป็นสารที่อาจทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Suspect mutagen) (Quick Fact)

- พบรายงานการเกิดการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อจุลินทรีย์ *E.coli* จากการกระตุ้นด้วยเอนไซม์ เมื่อให้ dicrotophos ในขนาด 2 mmol/L/4 hr., พบการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อ *Salmonella typhimurium* หลังจากการกระตุ้นด้วยเอนไซม์ ในขนาด 500 mg/plate, พบการเกิด gene conversion and mitotic recombination ในเชื้อ *Saccharomyes cerevisiae* เมื่อให้ dicrotophos ในขนาด 150 mmol/L/24 hr. และพบการเกิด Chromatid exchange ในรังไข่ของหนู Hamster เมื่อให้ dicrotophos ในขนาด 300 mmol/L (NOSH)

4.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- พบรายงานระบุความเป็นพิษต่อยีนจากการกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการแลกเปลี่ยน Sister chromatid ในเซลล์เพาะเลี้ยงชนิด Chinese Hamster ovary cells อย่างมีนัยสำคัญที่ความเข้มข้น 0.03 และ 1.0 mM (Abstract: Nishio and Uyeki, 1981)

4.2.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง (Carcinogenic effect)

- พบรายงานการก่อให้เกิดเนื้องอกในหนู mouse ซึ่งระบุถึงความสามารถในการก่อมะเร็ง (Suggestive carcinogenicity) (US Environmental protection agency, 1999)

4.2.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- Dicrotophos ก่อให้เกิดพิษต่อเซลล์เพาะเลี้ยงของไต (renal-tubular epithelial cell, LLC-PK₁) จากกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ Lipid peroxidation และ เกิด reactive oxygen species ที่เป็นพิษต่อเซลล์ไต (Poovala, et. al., 1999)

- พบรายงานการทำลายระบบประสาทส่วนกลางของ dicrotophos โดยทำให้เกิดอาการชา (numbness), เจ็บเหมือนถูกเข็มแทง (pins and needles) อ่อนล้าที่มือและเท้า (Hazardous Substance Fact Sheet)

4.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- มีสารเมแทบอลิท์คือ dimethyl phosphate ซึ่งพบในปัสสาวะ และพบว่ากลไกหลักที่ใช้ลดการเกิดพิษในคนเป็นกระบวนการ hydrolysis ของ vinyl-phosphate bond ของ dicrotophos หรือการเกิด oxidative metabolism ได้ dimethyl phosphate (He, 1993)

- Dicrotophos ถูกเมแทบอลิซ์โดยเอนไซม์ lipoxygenase จากระดับกระบวนการ N-demethylation เมื่อมี Linoleic acid (Hover and Kulkarni, 2000)

- Dicrotophos ถูกดูดซึมผ่านทางผิวหนังประมาณ 15 % (US Environmental protection agency, 1999)

- Dicrotophos จะถูกเมแทบอลิซ์และสารบางส่วนจะถูกเปลี่ยนเป็น monocrotophos โดยปริมาณสาร monocrotophos ในเนื้อเยื่อต่างๆในร่างกายจะพบมากกว่า dicrotophos หลังจากที่ได้รับ

ได้รับ dicotophos 2-3 ชม. พบการกำจัดปริมาณสารทั้งสองออกจากร่างกายจนหมดภายใน 24 ชม นอกจากนี้มีรายงานพบว่า dicotophos สามารถถูกกำจัดอย่างรวดเร็วในหนู rat ไม่พบการสะสมของ dicotophos ในสิ่งมีชีวิต แต่มีรายงานการเป็นพิษต่อผึ้ง (honey bee) ปลา และสัตว์น้ำ ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (Environmental Assessment, 2003)

- เมแทบอลิท์ของ dicotophos ที่สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้การได้รับ dicotophos คือ dimethylphosphate และจากการศึกษาในเด็กที่มีพ่อ/แม่ทำงานในเขตที่มีการใช้สารเคมีกลุ่ม organophosphate ใน California, Mills และ Zahm จะตรวจพบ dimethylphosphate ในปัสสาวะมากกว่าที่พบในพ่อ/แม่ที่ทำงานในพื้นที่ ซึ่งเป็นการระบุถึงโอกาสที่เด็กได้รับสารเคมีและเสี่ยงต่อการเกิดพิษมากกว่าพ่อ/แม่ที่ได้รับสารโดยตรง (Wessels, et. al., 2003)

4.2.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

4.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- มีรายงานค่า LD 50 ในนก European starlings (*Sturnus vulgaris*) อายุต่างๆ พบว่านกที่อายุ 5 วัน มีค่า LD 50 เท่ากับ 4.92 mg/kg body weight อายุ 15 วัน มีรายงานค่า LD 50 เท่ากับ 9.59 mg/kg body weight ในนกที่โตเต็มวัย ตัวผู้ มีค่า LD 50 เท่ากับ 8.37 mg/kg body weight ตัวเมีย มีค่า LD 50 เท่ากับ 8.47 mg/kg body weight และพบว่าระดับ Acetylcholine esterase ในสมองลดลงอย่างมาก โดยสัมพันธ์กับอายุหรือเพศ (Abstract: Crue and Shipley, 1984)

- พบการตายของนก 1,100 ตัว จาก 12 สายพันธุ์ ในเขต Matagorda county รัฐ Texas ในเดือนมี.ค. และ พ.ค. 1982 เนื่องจากพบว่านกได้รับสารเคมีที่ปนกับเมล็ดข้าวในนาข้าว นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ Dicotophos ตกค้างในระบบทางเดินอาหาร 5.6-14 ppm. และพบ dicotophos ในเมล็ดข้าว 210 ppm ทั้งนี้พบการตาย ของนกต่อเนื่องไปอีก 3 สัปดาห์ (Abstract: Flickinger, et. al., 1984)

- พบรายงานที่ระบุว่า Dicotophos และสารที่เกิดจากการสลายตัวของมันคือ monocotophos เป็นพิษต่อสัตว์ปีก และก่อให้เกิดภาวะกาลวิรูปในนก โดยลดจำนวนไข่ที่ฟักภายในครั้งหนึ่งๆ (reduce in clutch size) มีผลต่อลูกอ่อนของนก และตัวอ่อนของไก่ (Quick Fact)

- พบผลทางอ้อมต่อการตายของนก Grackle เมื่อให้ dicotophos ในขนาดที่ทำให้ตาย (Lethal dose) พบว่า dicotophos ลดความอยากอาหาร มีน้ำหนักลดมากกว่า 25 % ทำให้นก Grackle อุดตาย นอกจากนี้ผลดังกล่าวพบในนกที่มีการย้ายถิ่น (Migration birds) ซึ่งเป็นช่วงที่นกจะมีการใช้พลังงานจากไขมันที่สะสมอยู่ (Cox, 1991)

4.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: dicotophos and aquatic and organism จากการสืบค้นในทุกปีที่ปรากฏในฐานข้อมูล

4.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organisms)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: dicotrophos and organism จากการสืบค้นในทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

4.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

สารหลักที่ได้จากการสลายตัวของ Dicotrophos คือ Monocotrophos ซึ่ง Monocotrophos นี้ถูกห้ามใช้ในสหรัฐอเมริกาเนื่องจากมีความเป็นพิษสูงต่อคนและสัตว์ป่า (Quick Fact)

4.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- มีรายงานพบว่า Dicotrophos จะถูกชะจากดินสู่ผิวน้ำและน้ำใต้ดินอย่างรวดเร็วจากบริเวณที่มีการใช้ หรือจากไร่นา พบรายงานว่า อัตราการสลายตัวของ dicotrophos ในดินเป็นไปอย่างรวดเร็ว มีค่าครึ่งชีวิตของการกำจัดเท่ากับ 3 วัน จากดินร่วนปนทรายที่เป็นโคลน จึงเพิ่มการปนเปื้อนของ Dicotrophos ในแหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ Dicotrophos มีความคงตัวในน้ำปานกลาง โดยพบว่า dicotrophos มีค่าครึ่งชีวิตในน้ำที่มีค่าพีเอช 5 , 7 และ 9 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสเท่ากับ 117 , 72 และ 28 วัน ตามลำดับ (Quick Fact)

- กลไกการสลายตัวของ Dicotrophos ส่วนใหญ่ในสิ่งแวดล้อมจะเกิดโดยเชื้อจุลินทรีย์ในดิน แล้วมีการเคลื่อนย้ายสารต่างๆ สู่ผิวน้ำหรือแหล่งน้ำใต้ดิน จึงไม่พบ dicotrophos ในสิ่งแวดล้อม dicotrophos จะมีการสลายตัวอย่างรวดเร็วในดินทั้งในสภาวะที่มีและไม่มีอากาศ (aerobic and anaerobic conditions) โดยในสภาวะที่มีอากาศจะมีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวเท่ากับ 2.7 วัน ในสภาวะที่ไม่มีอากาศจะมีค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวเท่ากับ 7 วันจากการศึกษาใน Hanford sandy loam soil และจากการศึกษาถึงการดูดซับและการคายสาร dicotrophos จากดินพบว่า dicotrophos ไม่ถูกกัก (mobile) ไว้ในดินที่เป็นทราย ดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ ดินโคลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ และดินเหนียว (Environmental Assessment, 2003)

4.2.7.2 การสลายตัวในน้ำ (Breakdown in water)

- พบการตกค้างของ dicotrophos ในผิวน้ำที่สุ่มตรวจทุกสัปดาห์ในช่วงเดือน ม.ค. – ธ.ค. 1996 จากบริเวณ Mississippi Embayment โดยพบปริมาณตกค้างสูงถึง 35 % จากเขตที่มีการใช้มากถึง 0.7 ล้านปอนด์ ในการปลูกฝ้าย เนื่องจาก dicotrophos สามารถละลายในน้ำได้มากถึง 1,000 mg/L (Thurman, et. al., 1998)

4.2.7.3 การสลายตัวในพืช (Breakdown in vegetation)

- พบว่าพืชดูดซับสาร dicotrophos มากกว่า 50 % ใน 8 ชม. (EXTONET)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลนาเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)

- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)
- กาญจนา นาละพินธุ, ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม และบัณฑิต ปิยะศิลป์. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช : กรณีศึกษาเส้นทางเดินของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.
- จุฑามาศ ติ่งคำ รายงานการวิจัย เรื่อง การกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการทำพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ขนาดใหญ่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง, สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข. 2547.
- วารุณี จิตอารี, สุรัตน์ หงษ์สิบสอง, คณินนุช ลังกาภาส. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.
- Brown, A. E. Restricted use pesticides. Department of Entomology. College Park. MD 20742, 301:405-3913, 2000.
- Cox, C. Pesticide and birds: From DDT to today's poisons. Journal of Pesticide Reform 11(4):2-6, 1991.
- Crue, C. E., Shipley, B. K. Sensitivity of nestling and adults starling to dicotophos, an organophosphate pesticide. Environ. Res. 35(2):454-465, 1984. (Abstract)
- Environmental Assessment, United States Department of Agriculture. 2003, Cited in www.aphis.usda.gov/ppd/es/pdf/%20files/micabea.pdf (Searched on June 6, 2004).
- EXTONET, Cited in <http://pmep.cce.cornell.edu/profile/extonet/carbaryl-dicotophos/dicotophos-ext.html> (Searched on April 9, 2004).
- Flickinger, E. L., White, D. H., Mitchell, C. A., Lamont, T. G. Monocotophos and dicotophos residues in birds as a result of misuse of organophosphates in Matagorda County, Texas. J Assoc Off Anal Chem. 67(4):827-828, 1984. (Abstract)

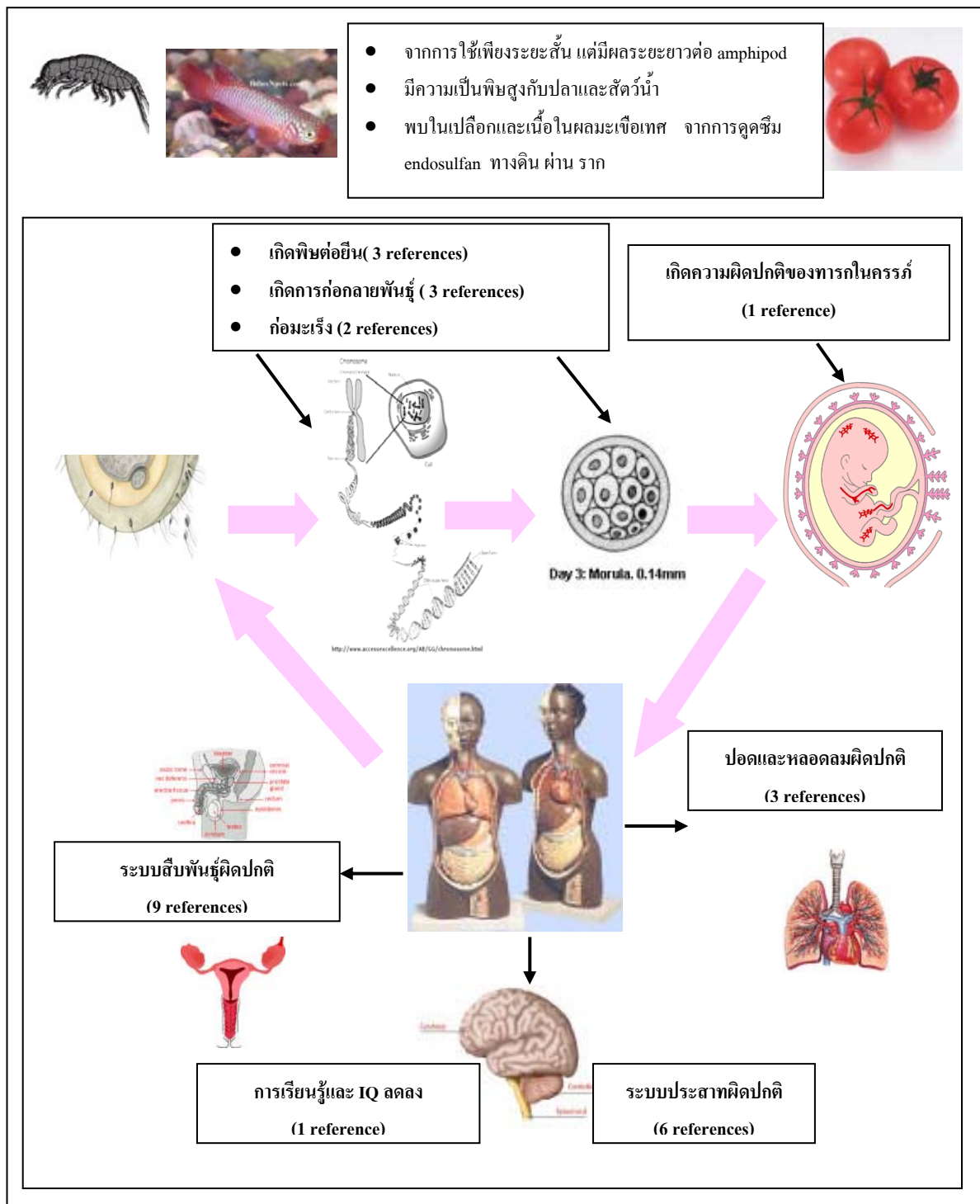
- Garrison, J. C., Wytttenbach, C. R. Teratogenic effects of the organophosphate insecticide dicrotophos (Bidrin): histological characterization of defects. *Anat. Rec.* 213(3):464-472, 1985. (Abstract)
- Hazardous Substance Fact Sheet, Cited in <http://www.state.nj.us/health> (Searched on April 12, 2004).
- He, F. Biological monitoring of occupational pesticides exposure. *Occup. Environ. Health.* 65:S69-S76, 1993. (Cited in Dicrotophos Health-based reassessment of administrative occupational exposure limits).
- Hover, C. G., Kulkarni, A. P. Human term placental lipoygenase-mediated N-demethylation of phenothiazines and insecticides in the presence of linoleic acid. *Placenta* 21:646-653, 2000.
- Kitos, P. A., Anderson, D. S., Uyeki, E. M., Misawa, M., Wytttenbach, C. R. Teratogenic effects of cholinergic insecticides in chick embryos-II Effects on the NAD content of early embryos. *Biochemical. Pharmacology.* 30(16):2225-2235, 1981. (Abstract)
- Maxwell, I. C., Le Quesne, P. M. Neuromuscular effects of chronic administration of two organophosphorous insecticide to rats. *Neurotoxicology.* 3(1):1-10, 1982. (Abstract)
- Misawa, M., Doull, J., Uyeki, E. M. Teratogenic effects of cholinergic insecticides in chick embryos. III. Development of cartilage and bone. *J. Toxicol. Environ. Health* 10(4-5):551-563, 1982. (Abstract)
- Moscioni, A. D., Engel, J. L., Casida, J. E. Kynurenine formamidase inhibition as a possible mechanism for certain teratogenic effects of organophosphorus and methylcarbamate insecticides in chicken embryos. *Biochemical Phamacology.* 26(23):2251-2258, 1977. (Abstract).
- Nishio, A., Uyeki, E. M. Induction of sister chromatid exchanges in Chinese Hamster Ovary Cells by organophosphate insecticides and their oxygen analogs. *J. Toxicol. Environ. Health* 8(5-6):939-946, 1981. (Abstract)
- Nixon, P. Restricted-Use pesticides. Department of Natural Resources and Environmental Sciences and the Illinois Natural History Survey. 1997.
- NOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), Cited in <http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/tc3abf10.html> (Searched on April 14, 2004).
- Output Reporting USEPA/OPP Chemical Information, Cited in <http://www.cdpr.ca.gov/cgi-bin/mkepa3.pl> (Searched on April 14, 2004).

- PAN, Cited in http://www.pesticideinfo.org/Detail_ChemReg.jsp?Rec_ID=PC35045 (Searched on April 9, 2004).
- Poovala, V. S., Huang, H., Salahudeen, A. K. Role of reactive oxygen metabolism in organophosphate-bidrin-induced renal tubular cytotoxicity. *J. Am. Soc. Nephrol.* 10:1746-1752, 1999.
- Proctor, N. H., Moscioni, A. D., Casida, J. E. Chicken embryo NAD levels lowered by teratogenic organophosphorus and methylcarbamate insecticides. *Biochemical Pharmacology.* 25(7):757-762, 1976. (Abstract)
- Quick Fact, Cited in <http://abcbirds.org/pesticides/Profiles/dicrotophos.htm> (Searched on April 9, 2004).
- Thurman, M. E., Zimmerman, L. R., Scribner, E. A., Coupe Jr., R. H. Occurrence of cotton pesticides in surface water of the Mississippi Embayment. USGS Fact Sheet 022-98, 1998. (Cited in <http://ks.water.usgs.gov/Kansas/pubs/fact-sheets/fs.022-98.html> searched on April 9, 2004).
- US Environmental protection agency. 1999, Cited in <http://www.Epa.gov> (Searched on April 12, 2004).
- US EPA, 2001. Overview of the preliminary cumulative organophosphorous risk assessment, Cited in <http://www.epa.gov/pesticides/cumulative/pr-a-op/overview.htm> (Searched on April 9, 2004).
- US EPA, 2002, Cited in http://www.epa.gov/oppsrrd1/Eds/factsheets/dicrotophos_fs.htm (Searched on April 9, 2004).
- Wessels, D., Barr, D. B., Mendola, P. Use of biomarker to indicate exposure of children to organophosphate pesticides: implications for a longitudinal study of children's environmental health. *Environmental Health Perspectives.* 111(16):1939-1946, 2003.

บทที่ 5

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Endosulfan

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นข้อมูลตั้งแต่ปี คศ. 1991 จนถึงปัจจุบัน พบว่า Endosulfan มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์ ผลต่อเซลล์มนุษย์ในหลอดทดลอง และข้อมูลจากระบาดวิทยาในคน ดังแสดงตามรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Endosulfan

5.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Endosulfan

5.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : II (Organochlorine)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Category 1 Pesticide with extremely high acute toxicity

5.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Banned** ในประเทศเนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ (PAN) และ ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา ซึ่ง Banned ในปี 1998 (Roberts et. al., 2003)

5.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 1,211,555 กก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 250 ล้านบาท
- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ endosulfan ได้แก่ องุ่น ส้มเขียวหวาน ลำไย แอปเปิ้ล กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก (วารุณีและคณะ, 2546); ยาสูบ ฝ้าย งา กาแฟ โกโก้ ข้าว ข้าวโพด ปอกระเจา อ้อย ข้าวฟ่าง ถั่วต่าง ๆ มะเขือเทศ มะเขือขาว ส้ม (เดชา, 2546); ผักกาด แครอท (สายันต์, 2542) นอกจากนี้ เกษตรกรไทยยังนำมาใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว นำไปสู่การไหลลงแหล่งน้ำ เกิดการสะสมในปลาและสัตว์ที่อยู่ในแหล่งน้ำ (เดชา, 2546)

5.1.4 ความเป็นพิษ

5.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- พิษต่อระบบประสาทส่วนกลาง จากรายงานผู้ป่วยหญิง 16 ปี ที่กิน endosulfan เพื่อฆ่าตัวตาย ในความเข้มข้น 35 %w/v; หรือ 32 %v/v พบว่า 1 ชม. หลังจากการกินมีอาการคลื่นไส้ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะและอาเจียน หลังจากให้อาเจียนผ่านไป 2 ชม. พบว่ายังคงมีอาการอาเจียนและการรับรู้ผิดปกติ และมีการชักตามมา โดยชักต่อเนื่องเป็นเวลา 4 ชม. และมีอาการหมดสติเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นการรับรู้ดีขึ้น แต่พบอาการประสาทหลอน ร่วมกับอาการกระตุก มีการมองเห็นที่ผิดปกติ คือ การมองเห็นจะเห็นเพียงในระยะ 3 ฟุต อาการกล้ามเนื้อกระตุกพบนานเป็นเวลา 3 สัปดาห์และอาการดีขึ้น (Pradhan et. al., 1997)

5.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- พบความผิดปกติในไต และทั่วร่างกาย เมื่อรับประทานสารที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.006 มก/กก (cited in Lee, et al., 2002)

- ระดับสติปัญญาในกลุ่มเด็กวัยเรียนที่ได้สัมผัสสาร endosulfan ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสามารถในการเรียนรู้และ IQ ลดลง ณ ตำบล Kasaragod ซึ่งเป็น

เมืองที่มีการสเปรย์ endosulfan ในสวนมะม่วงหิมพานต์ (The National Institute of Occupational Health (NIOH))

5.1.4.3 เกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ :

- เด็กผู้หญิงมีประจำเดือนเร็วกว่าปกติและเกิดรอบเดือนผิดปกติ ในเด็กผู้ชายพบการชะลอของวัยเจริญพันธุ์ (Puberty delay) (The National Institute of Occupational Health (NIOH); Saiyed et. al., 2003)

- ชะลอเวลาในการทำให้มีบุตร ในชายที่สัมผัสสาร endosulfan มากกว่า 100 ครั้งต่อปี
Odd ratio = 2.4 (Petrelli and Figà-talamanca, 2001)

5.1.4.4 เกิดการวิรูปในทารก :

- เกิดความพิการแต่กำเนิด ของหัวใจและกล้ามเนื้อ (Congenital heart disease) ในกลุ่มเด็กผู้หญิงที่ได้สัมผัสสาร endosulfan ณ ตำบล Kasaragod ซึ่งเป็นเมืองที่มีการสเปรย์ endosulfan ในสวนมะม่วงหิมพานต์ (The National Institute of Occupational Health (NIOH))

5.1.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ :

- สารเมแทบอลิท์ของ endosulfan ทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 2 ชนิด ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในมนุษย์หากได้รับในปริมาณที่สูงพอ (Smith 1991; US 1990) และพบการเกิดการก่อกลายพันธุ์ในยีสต์ (US 1990) และแบคทีเรีย (US 1990)

5.1.4.6 เกิดพิษต่อยีน :

- มีความเป็นพิษสูงต่อยีนในเซลล์ของหนู rat และเซลล์ของมนุษย์ จากการทดลอง *in vitro* (Dubois, et. al., 1996)

- endosulfan ที่มีขายในท้องตลาดมี 2 ฟอรั่ม คือ α -endosulfan และ β -endosulfan พบว่าในทั้ง 2 ฟอรั่มมีความเป็นพิษต่อยีนสูงเมื่อทดสอบในเซลล์ของมนุษย์ในหลอดทดลอง และการทำลาย DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรมทำให้เกิดการแตกของสาย DNA ทั้งนี้พบว่า β -endosulfan มีความเป็นพิษต่อยีนมากกว่า α -endosulfan (Lu, et. al., 2000)

5.1.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง

- กระตุ้นการแบ่งเซลล์มะเร็งเต้านม (human breast cancer cells) ชนิด MCF-7 จากการให้ยาฆ่าแมลงกลุ่ม organochlorines 4 ตัวร่วมกันคือ β -endosulfan ร่วมกับ DDT และเมแทบอลิท์ของ DDT 2 ตัว (Payne, Scholze, Kortenkamp, 2001)

5.1.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ :

- มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ไต ตับ เลือด ต่อมพาราไทรอยด์ ระบบสืบพันธุ์
(Cited in Siddique et. al., 2003)

5.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- เพิ่มระดับ enzyme hepatic P450 ในหนู mice เกิดเป็น hydroxy metabolites ได้แก่ 16 beta-, 6 alpha-, และ 16 alpha- hydroxytestosterone ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกขับออกทาง ปัสสาวะ ทำให้ระดับ testosterone ลดลง (Wilson and LeBlanc, 1998)

- โดยเกิด hydrolysis และ oxidation ในเชื้อราชนิด *Phanerochaete chrysosporium* (Kullman and Matsumura, 1996)

5.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- จากการใช้สารเพียงระยะสั้น พบว่ามีผลกระทบยาวต่อ amphipod (*Paramelita nigroculus*) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Schulz, 2001)

- ทั้ง α - และ β - form มีความเป็นพิษสูง (extremely toxic) กับปลาและสัตว์น้ำ (Cited in Siddique et. al., 2003)

5.1.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม :

5.1.7.1 ในดิน มีค่าครึ่งชีวิตของ β -endosulfan เท่ากับ 90 วัน เมื่อศึกษารวมถึงปริมาณของ เมแทบอลิซึมพบว่า ปริมาณ endosulfan โดยรวมทั้งที่อยู่ในรูป β -endosulfan และ endosulfan sulfate มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 160 วัน (Laabs, et. al., 2002)

5.1.7.2 ในน้ำ พบการตกค้างของ endosulfan ในเขตที่มีการใช้ endosulfan แบบ spray drift และ ปริมาณที่ตกค้างนั้นมีขนาดที่ทำให้ปลาที่อยู่ไกลจากเขตการใช้ 200 เมตรตายได้ (Lethal dose) (cited in Gonzalez, et. al., 2003)

5.1.7.3 พบปริมาณสาร endosulfan ตกค้างในมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum*) ในดินที่มีการใช้สารกลุ่ม Organochlorine เป็นเวลา 20 ปี พบว่า Endosulfan สามารถถูกดูดซึมจากดินผ่านทาง ราก และพบปริมาณ β -endosulfan ในเปลือกของผลมะเขือ (Fruit peel) มากกว่าเนื้อในผล (Fruit flesh) แต่พบปริมาณของ endosulfan sulfate มากในส่วนที่เป็นเนื้อในผล อาจเกิดเนื่องมาจากการ แพร่กระจายของ endosulfan sulfate มาจากเนื้อเยื่ออื่นๆหรือเกิดเมแทบอลิซึมของ endosulfan ที่เนื้อในผล (Gonzalez, et. al., 2003)

5.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Endosulfan

5.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : II อยู่ในกลุ่ม Organochlorine ลักษณะผลึกใส ถึงสีน้ำตาล อาจพบเป็นของแข็ง มัน มีกลิ่นซัลเฟอร์ ส่วนใหญ่ endosulfan จะเป็นสารผสมระหว่าง α -endosulfan และ β -endosulfan ในอัตราส่วน 7 ต่อ 3 (Cited in Gonzalez, et. al., 2003)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Category 1 Pesticide with extremely high acute toxicity

5.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Banned** ในประเทศเนเธอร์แลนด์ นอร์เวย์ (PAN) และ ฟิlippินส์ ศรีลังกา ซึ่ง Banned ในปี 1998 (Roberts et. al., 2003)

5.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 5.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Endosulfan

ปี พศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	821,625	196,633,007
2541	962,775	313,386,783
2542	1,054,700	327,574,642
2543	1,066,749	277,973,387
2544	1,154,755	333,764,237
2545	1,182,524	250,829,037

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- **ชื่อทางการค้า:** นางงาม, ซีโอดาน (จุฬามาศ ต๊ะเก่า, 2547); Benzoepin, Beosit, bio 5,462 , Chlothiepin, Crisulfan, Cyclodan, Devisulphan, Endocel, Endosol, Endosulphan, Ensure, Ent 23,979, FMc 54621, Hildan, HOE 2,671, Insectophone, Kop-thiodan, Malux, Malix, Thimul, Thiodan, Thionex, Thiosulfan, Thisulfan, Tiovel (เดชฯ , 2546) นางงาม 35, บาตาลทอง, (กาญจนาและคณะ,2547; เดชฯ, 2546); กสิดาน 4จี , คาฟูดาน, เจทีดาน, ซีวานีเกซ์, ทีโอฟอส, ซีโอดาน 3 จี, ซีโอดาน 25, ยูแอลรี, ซีโอดาน 35 ซีซี, ซีโอดาน 4 จี, นีลโคไนน์ 5 จี, พาโตดาน, พาโตดาน 35 อีซี, มาลักซี, เมโทรดาน, เมโทรดาน 4 จี, รีฟอส, อะกริดาน 35 อีซี, อะกริดาน 4 จี, อะฟูดาน 4%, เอ็นดาน, เอ็นโดดาน (สายันต์ ,2542); ชันแฟน 35, เมโทรดาน

35 อี, ชานฟาน, ทีโอฟอส, โอโดน 35, ซีโอน็อก, อีโต้, เอ็นโดชันแฟน, เอ็นโดชันแฟน 35, เอ็นโดชันแฟน 4 จี, ฮอฟ 35, การ์ดเนอร์ 35, ชันแฟน 35, ซาลินา, แชนดาน 35, โซนีดาน 35, โซนีดาน 5 จี, โซรอน, ไชมาดาน 35, ไชมาดาน 5 จี, ดานโก้, ดาราขาย 5% จี, ดิวดาน, ทีโทดาน เอ็ม, ทอร์นาดาน, ทอร์ปีดาน, ทานาดาน 4% จี, ซีโอโดน 35, ซีโอน็อก, น็อกไดน์ 5 จี, โปรดิดาน 5% จี, พาโตดาน 35 ซีซี, พาโตดาน 5 จี, อัฟโกเดน, อีซี-ชันแฟน, เอ็นโด, เอ็นโดซัล, เอ็นโดโบว์แดง, ซุปเปอร์خاب, ซีโอخاب 4.5, ไบโพธิ์خاب 4 จี, พลูนาดาน 4.5 จี, พาโตخاب 4.5 จี, พอสซ์ (เดชา, 2546); อีโกดาน, น็อกไดน์ 35, อีโต้, โอโม้ 35 (สาขันธ์, 2542; เดชา, 2546)

- **ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ endosulfan** ได้แก่ องุ่น ส้มเขียวหวาน ลำไย แอปเปิ้ล กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก (วารุณีและคณะ, 2546); ยาสูบ ฝ้าย งา กาแฟ โกโก้ ข้าว ข้าวโพด ปอกระเจา อ้อย ข้าวฟ่าง ถั่วต่าง ๆ มะเขือเทศ มะเขือขาว ส้ม (เดชา, 2546); ผักกาด แครอท (สาขันธ์, 2542) นอกจากนี้ เกษตรกรไทยยังนำมาใช้ในการกำจัดหอยเชอรี่ในนาข้าว นำไปสู่การไหลลงแหล่งน้ำ เกิดการสะสมในปลาและสัตว์ที่อยู่ในแหล่งน้ำ (เดชา, 2546)

5.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

5.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- เมื่อมีการนำ endosulfan มาใช้ในปี 1994 พบมีจำนวนผู้ตายจากการได้รับ endosulfan เกินขนาดจากเดิม 1 รายในปี 1994 เป็น 50 ราย ในปี 1998 หลังจากที่ถูก banned แล้วได้มีการติดตามพบว่ามี การตายลดลงจาก 50 รายในปี 1998 เป็น เพียง 3 รายในปี 2001 ทั้งนี้อาการที่พบก่อนตายคือ หายใจขัด หัวใจหยุดเต้น และชัก (Roberts et. al., 2003)

- พบผลของ endosulfan ต่อระบบประสาทส่วนกลาง จากรายงานผู้ป่วยหญิง 16 ปี ที่กิน endosulfan เพื่อฆ่าตัวตาย ในความเข้มข้น 35 %w/v; 32 %v/v พบว่าใน 1 ชม. หลังการกินมีอาการคลื่นไส้ ปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และ อาเจียน หลังจากที่ได้รับผ่านไป 2 ชม. พบว่ายังคงมีอาการ อาเจียน และการรับรู้ผิดปกติ และมีการชักตามมา โดยชักต่อเนื่องเป็นเวลา 4 ชม. เมื่อให้ Diazepam และ Phenytoin เพื่อควบคุมอาการชักพบว่าอาการชักหยุดลง แต่มีอาการหมดสติเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นการรับรู้ดีขึ้น แต่พบอาการประสาทหลอน ร่วมกับอาการกระตุก มีการมองเห็นที่ผิดปกติ คือ การมองเห็นจะเห็นเพียงในระยะ 3 ฟุต อาการกล้ามเนื้อกระตุกพบนานเป็นเวลา 3 สัปดาห์และอาการดีขึ้นหลังจากที่ได้รับ Carbamazepine หลังจากที่ได้รับยา 3 เดือนพบว่าอาการมองเห็นดีขึ้น สามารถมองเห็นได้ในระยะ 10 ฟุต ไม่มีอาการชัก เพราะได้รับยา Carbamazepine อย่างต่อเนื่อง (Pradhan et. al., 1997)

- พบรายงานการชักในคนไข้ 3 รายในประเทศ อินเดียที่ได้รับ endosulfan ในขนาดเล็กน้อยโดยการกิน (Kutluhan et al., 2003)

- พบว่ารายงานการเกิดพิษของ Endosulfan เมื่อผู้เลี้ยงวัว (cattle) ใช้ Endosulfan เพื่อจะฆ่าปรสิต (ectoparasitic control) พบว่ามีวัวตาย 2 ตัวจากวัวที่เลี้ยง 11 ตัว หลังจากที่ทำ โดยพบว่าวัวจะหายใจเร็วและหายใจขัด มีฟองที่ปาก สัน ตาโปน และมีอาการโคม่า จากการตรวจชิ้นเนื้อพบจุดเลือดออกที่เยื่อเซลล์ ของ ปอด อาการบวมหน้า และบวมเนื่องจากมีอากาศในเยื่อเยื่อในปอด (emphysema in the lungs) ตรวจพบระดับของ endosulfan ในตับ ไต ปอด และกล้ามเนื้อเท่ากับ 13.1, 4.0, 1.6 and 0.8 ppm ตามลำดับ (Mor and Ozmen, 2003)

- ผู้ป่วยหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรงมาก่อนได้รับพิษจากสาร Endosulfan อายุ 43 ปี แสดงอาการของผู้ป่วยที่ไม่รุนแรง หลังได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายประมาณ 1 ชม. มีอาการชักกระตุก เป็น ๆ หาย ๆ อยู่ 40 วัน จึงเสียชีวิต ชันสูตรเนื้อเยื่อเยื่อสมองพบว่าเกิดจากการได้รับสาร Endosulfan อยู่ (เดชา, 2546)

5.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- พบรายงานว่า endosulfan มีผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ของ Grass shrimp (*Palaemonetes pugio*) ตัวเมีย เมื่อได้รับในขนาด 200 หรือ 400 ng/L เป็นเวลา 43 วัน โดยพบว่าทำให้ Grass shrimp ตัวเมียดังกล่าวลดลง 31% และ 39% ตามลำดับ (Wirth et., al., 2002)

- พบความผิดปกติในไต และทั่วร่างกาย เมื่อรับประทานสารที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.006 มก/กก (cited in Lee, et. al., 2002)

- จากการศึกษาในหนู Sprague-Dawley rat และหนู NMRI mice โดยให้ endosulfan ในขนาดต่างๆ เป็นเวลา 104 สัปดาห์ในหนู 5 กลุ่ม พบว่าในหนู Rat endosulfan 75 ppm มีผลทำให้น้ำหนักตัวของหนูตัวเมียและตัวผู้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าไตในหนู rat ตัวเมียมีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 18 ppm ทำให้หนู mouse ตัวเมียมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และในขนาด 18 ppm ทำให้หนู mouse ตัวผู้มีน้ำหนักตัวลดลง (Hack, Ebert and Leist, 1995)

- พบรายงานการเกิดระดับสติปัญญาในกลุ่มเด็กวัยเรียนต่ำกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสามารถในการเรียนรู้และ IQ ลดลง ทั้งนี้เป็นการศึกษาทางระบาดวิทยาภาคตัดขวาง ในกลุ่มเด็กนักเรียน 262 ราย โดยมี 170 คนเป็นกลุ่มที่ได้สัมผัสสาร endosulfan และอีก 92 รายเป็นกลุ่มควบคุม ณ ตำบล Kasaragod ซึ่งเป็นเมืองที่มีการสเปรย์ endosulfan ในสวนมะม่วงหิมพานต์ (The National Institute of Occupational Health (NIOH))

- ผู้ป่วยที่ทำงานและอาศัยอยู่ในบริเวณโรงงาน มีโอกาสได้รับพิษโดยการสูดดม ชิม ผ่านผิวหนัง โดยมีอาการชัก ขาดสติ ผู้ป่วยไม่สามารถควบคุมตัวเองได้ จิตใจสับสน หลังจากพักรักษาตัวที่โรงพยาบาล 2 ปี อาการดีขึ้น (เดชา, 2546)

5.2.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

- พบเกิดการขัดขวางกระบวนการสร้าง Estrogen และ ลดจำนวนไข่ที่สมบูรณ์ ในหนู Swiss albino mice จำนวนประมาณ 60 ตัว ซึ่งอาจเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลง Hormone จากรัง

ไข่ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงการหลั่งของ Gonadotrophin ทำการทดลองโดยให้สาร endosulfan ทางปากขนาด 1.5 , 3 , 6 , 9 มก. /ก.ก. /วัน เป็นเวลา 15 วัน (LD50 เท่ากับ 9.8-10.2 มก./ก.ก./วัน) (Hiremath and Kaliwal, 2002)

- พบการเพิ่ม Epithelium cell, stromal cell, จำนวนต่อม และ ระดับของโปรตีนที่ตอบสนองต่อ estrogen โดยทำการทดลองใน หนู CD-1 mice ที่ได้รับ endosulfan นิดทางใต้ผิวหนัง ขนาด 0.1 – 1 ล้านไมโครกรัม/ ก.ก./วัน เป็นเวลา 3 วัน (Newbold, et. al., 2001)

- พบผลการรบกวนการทำงานของฮอร์โมนในเด็กผู้หญิง พบการมีประจำเดือนเร็วกว่าปกติและเกิดรอบเดือนผิดปกติ ในเด็กผู้ชายพบการชะลอของวัยเจริญพันธุ์ (Puberty delay) จากการศึกษาทางระบาดวิทยาภาคตัดขวาง ในกลุ่มเด็กนักเรียน 262 ราย โดยมี 170 คนเป็นกลุ่มที่ได้สัมผัสสาร endosulfan และอีก 92 รายเป็นกลุ่มควบคุม) ณ ตำบล Kasaragod ซึ่งเป็นเมืองที่มีการสเปรย์ endosulfan ในสวนมะม่วงหิมพานต์ (The National Institute of Occupational Health (NIOH))

- จากการศึกษาในชาย 127 คนที่ทำงานใน greenhouse เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 173 คน ในประเทศอิตาลี ที่มีการสัมผัส endosulfan เป็นระยะเวลาต่อเนื่องกันนานประมาณ 1 ปี พบว่า endosulfan ชะลอเวลาในการทำให้มีบุตรของกลุ่มที่ศึกษา โดยพบว่ากลุ่มที่ได้สัมผัสสาร endosulfan น้อย (น้อยกว่า 100 ครั้งใน 1 ปี) ระยะเวลาในการมีบุตรจะเร็วกว่ากลุ่มที่สัมผัสสารมากกว่า (มากกว่า 100 ครั้งต่อปี) Odd ratio = 2.4 และ 95 % CI = 1.2-5.1 (Petrelli and Figà-talamanca, 2001)

- พบรายงานความสัมพันธ์ของการได้รับ endosulfan จากสิ่งแวดล้อมต่อการชะลอวัยเจริญพันธุ์ (Sexual maturity) และรบกวนการสังเคราะห์ฮอร์โมนเพศของเด็กชายวัย 10-19 ปี ซึ่งรายงานนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มเด็กอายุ 10-19 ปีที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านที่มีการฉีดพ่น endosulfan ในการปลูกมะม่วงหิมพานต์มานาน 20 ปี จำนวน 117 คนกับกลุ่มควบคุมที่ไม่มีประวัติการสัมผัส endosulfan จำนวน 90 คน พบว่า ระดับของ endosulfan ในกลุ่มที่ศึกษาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) คือ 7.47 ± 1.19 ppb. และ 1.37 ± 0.40 ppb. ตามลำดับ พบความสัมพันธ์ของระดับของฮอร์โมน Luteinizing hormone ที่มากขึ้นในกลุ่มที่ได้รับการสัมผัสกับ endosulfan ในการเปรียบเทียบในกลุ่มอายุเดียวกัน ($p < 0.01$) และพัฒนาการของการเจริญพันธุ์ที่ลดลงเมื่อได้รับ endosulfan มากขึ้น เช่น พัฒนาการของ pubic hair, อัณฑะและองคชาต ช้ำ และระดับ testosterone ในซีรุ่มต่ำ (Saiyed et. al., 2003)

- พบรายงานว่า endosulfan มีผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ของ Grass shrimp (*Palaemonetes pugio*) ตัวเมีย เมื่อได้รับในขนาด 200 หรือ 400 ng/L เป็นเวลา 43 วัน โดยพบว่าทำให้ Grass shrimp ตัวเมียดังกล่าวลดลง 31% และ 39% ตามลำดับ (Wirth et. al., 2002)

5.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- พบรายงานการเกิดความพิการแต่กำเนิด ของหัวใจและกล้ามเนื้อ (Congenital heart disease) ในกลุ่มเด็กผู้หญิง วัยเรียนมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นการศึกษา

ทางระบาดวิทยาภาคตัดขวาง ในกลุ่มเด็กนักเรียน 262 ราย โดยมี 170 คนเป็นกลุ่มที่ได้สัมผัสสาร endosulfan และอีก 92 รายเป็นกลุ่มควบคุม) ณ ตำบล Kasaragod ซึ่งเป็นเมืองที่มีการสเปรย์ endosulfan ในสวนมะม่วงหิมพานต์ (The National Institute of Occupational Health (NIOH))

- ผู้ป่วยหญิง อายุ 21 ปี ตั้งครรภ์ 5 เดือนได้รับสารพิษจาก Endosulfan ไม่ทราบปริมาณ เกิดการแท้ง ตรวจหาสาเหตุการแท้ง พบว่าในเลือดของมารดามี Endosulfan 0.47 มิลลิกรัม / กรัม นี้ เป็นสาเหตุของการตายของทารกในครรภ์ (เดชา, 2546)

5.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic effect)

- พบการอ้างอิงถึงการเกิด Mutagenic ในรายงานของ Siddique et.al., 2003
- พบการเกิดการก่อกลายพันธุ์ในยีสต์ (US 1990) และแบคทีเรีย (US 1990) และพบว่า สารเมแทบอลิท์ของ endosulfan เองทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 2 ชนิดซึ่ง อาจจะทำให้เกิดการก่อกลายพันธุ์ในมนุษย์หากได้รับในปริมาณที่สูงพอ (Smith 1991; US 1990)
- พบรายงานการก่อกลายพันธุ์ของ endosulfan โดยมีรายงานว่ามิผลทำลาย chromosome (clastogenic) และมีผลกระตุ้นวงจรเซลล์ (Cell cycle) (ATSDR, 1993)

5.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- มีความเป็นพิษสูงต่อยีนในเซลล์ของหนู rat และมนุษย์ จากการทดลอง *in vitro* (Dubois, et. al., 1996)
- มีความเป็นพิษต่อยีน จากการศึกษาในแบคทีเรีย *E. Coli* โดยพบการกระตุ้นการก่อกลายพันธุ์ใน *E. Coli* K12 AB 1157 ทำให้เชื้อดื้อต่อยา ampicillin อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบการทำลาย DNA (Chaudhuri, Selvaraj, and Pal, 1999)
- เนื่องจาก endosulfan ที่มีขายในท้องตลาดมี 2 ฟอรัม คือ α -endosulfan และ β -endosulfan จึงมีการศึกษาแยกระหว่าง 2 ฟอรัมนี้พบว่าในทั้ง 2 ฟอรัมมีความเป็นพิษต่อยีนสูงเมื่อทดสอบในเซลล์ระดับของมนุษย์ในหลอดทดลองชนิด HepG2 โดยสังเกตจากการเพิ่มของความถี่ของ Sister chromatid exchange การเพิ่มขึ้นของ micronuclei และการทำลาย DNA ซึ่งเป็นสารพันธุกรรม ทำให้เกิดการแตกของสาย DNA ทั้งนี้พบว่า β -endosulfan มีความเป็นพิษต่อยีนมากกว่า α -endosulfan (Lu, et. al., 2000)

5.2.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง (Carcinogenic effect)

- มีรายงานพบการใช้ยาฆ่าแมลงกลุ่ม Organochlorines 4 ตัวร่วมกันคือ β -endosulfan ร่วมกับสาร DDT และเมแทบอลิท์ของ DDT 2 ตัว พบว่ามีผลกระตุ้นการแบ่งเซลล์มะเร็งเต้านม (human breast cancer cells) ชนิด MCF-7 อย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้มีรายงานที่เกี่ยวข้องระบุว่าสารกลุ่ม organochlorines เป็นสารที่คล้ายกับฮอร์โมนที่สามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งในเต้านม ทั้งนี้

ผลที่เกิดขึ้นเป็นผลโดยรวมจากสารทั้ง 4 ชนิดโดยใช้ความเข้มข้นในการกระตุ้นการแบ่งเซลล์จากสารแต่ละตัวน้อยกว่าการทดสอบที่ศึกษาด้วยสารเดี่ยวๆ (Payne, Scholze, and Kortenkamp, 2001)

- จากการศึกษาในผู้หญิง 159 คนที่เป็นมะเร็งในเต้านม เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรง 250 คน ในมะเร็งเต้านมพบปริมาณเฉลี่ย endosulfan ใน breast adipose tissues สูงกว่าในผู้หญิงที่เป็นกลุ่มควบคุม (Chalier, et. al., 2003)

5.2.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- พบรายงาน endosulfan มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางจากการศึกษาในเซลล์เพาะเลี้ยงจากหนู rat (Neural stem cells) โดยพบว่า endosulfan สามารถยับยั้งการเปลี่ยนแปลง (differentiate) และการแบ่งตัว (proliferation) ของ neural stem cells และยับยั้ง gap junctional intercellular communication ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษา cellular homeostasis (Kang, et. al., 2001)

- พบรายงานว่า endosulfan มีผลต่อ ระบบประสาทส่วนกลาง ไต ตับ เลือด ต่อมพาราไทรอยด์ ระบบสืบพันธุ์ (Cited in Siddique et. al., 2003)

5.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- Endosulfan ขนาด 7.5 มก./ ก.ก./วัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับ testosterone ในหนู mice (CD-1) จำนวน 10 ตัว เนื่องจากไปเพิ่มระดับ enzyme hepatic P450 เกิดเป็น hydroxy metabolites ได้แก่ 16 beta- , 6 alpha- , และ 16 alpha- hydroxytestosterone ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกขับออกทาง ปัสสาวะ ทำให้ระดับ testosterone ลดลง แต่ระดับของ testosterone ในซีรัม ไม่เปลี่ยนแปลง (Wilson and LeBlanc, 1998)

- พบกระบวนการเมแทบอลิซึมของเชื้อราชนิด *Phanerochaete chrysosporium* โดยเกิด hydrolysis และ oxidation (Kullman, and Matsumura, 1996)

- มีการศึกษาพบว่าสาหร่าย *F. ventricosum* และ *Pandoraea* sp. สามารถเปลี่ยน endosulfan ทั้ง α - , β - endosulfan ให้อยู่ในรูปที่มีพิษน้อยลง คือ endosulfan diol และ endosulfan ether (Siddique et. al., 2003)

5.2.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

5.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: Endosulfan and effect and bird จากการสืบค้นในปี ค.ศ. 1994-ปัจจุบัน

5.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- จากการใช้สารเพียงระยะสั้น พบว่ามีผลกระทบยาวต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ จากรายงานของสารตกค้าง endosulfan ในน้ำ Lourens river ที่ South Africa ในปี 1998 โดยพบว่าจากการไหลของน้ำตกในช่วงที่มีฝนตก 28.8 มม. กลางเดือนธันวาคม 1998 เป็นเวลา 1 ชั่วโมงทำให้มีการชะของ

ตะกอนรวมทั้ง endosulfan ที่สะสมในตะกอนลงสู่แม่น้ำ และเมื่อมีการสูดดมด้วยน้ำจากเขตที่ศึกษา พบปริมาณ endosulfan ในรูป α -, β -, และ S form ในปริมาณ 41 g/hr ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่ยอมให้มีได้ของ US EPA และพบว่าสารตกค้างในปริมาณดังกล่าวเมื่อนำไปทดลองในห้องปฏิบัติการแล้วพบว่าทำให้เกิดพิษเฉียบพลันต่อ amphipod (*Paeamelita nigroculus*) ดังนั้นปริมาณที่พบจึงสามารถส่งผลทำให้เกิดพิษต่อสัตว์น้ำในเขตที่ศึกษาได้ (Schulz, 2001)

- ทั้ง α - และ β - form มีความเป็นพิษสูง (extremely toxic) กับปลาและสัตว์น้ำ (Cited in Siddique et. al., 2003)
- ภิญญา จำรัสกุล , บังเอิญ สีมา และสุวิมล เลิศวีระศิริกุล, 2538 (อ้างใน สายันต์, 2542) ได้ศึกษาวิจัยสารพิษตกค้างในปลาน้ำจืดบริเวณแหล่งน้ำแถบเกษตรกรรมภาคกลาง จากผลการวิเคราะห์พบว่าสารพิษจำนวนหลายชนิดในปลารวมทั้งสาร Endosulfan ซึ่งเป็นสารเคมีทางการเกษตรที่ใช้ในการกำจัดแมลงและศัตรูพืช จากการศึกษาค้นคว้าพบว่ามีโอกาสกระจายเข้าไปสะสมอยู่ในสัตว์น้ำได้ โดยเฉพาะปลาซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์

5.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organisms)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: Endosulfan and effect and organism จากการสืบค้นในปี ค.ศ. 1994-ปัจจุบัน
- เกิดพิษระดับปานกลางต่อผึ้ง (EXTONET)

5.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

5.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- Laabs และคณะ ได้ศึกษาถึงค่าครึ่งชีวิตของอัตราการลดลงของปริมาณ β -endosulfan ในดินที่ได้มาจาก การปลูกถั่วเหลืองและข้าวโพดที่ใช้ β -endosulfan ในเขต Psammments ประเทศบราซิล พบค่าครึ่งชีวิตของอัตราการลดลงของปริมาณ β -endosulfan ในดินที่ศึกษาคือ 90 วันแต่เมื่อศึกษารวมถึงปริมาณของเมแทบอลิซึม endosulfan sulfate แล้วพบว่าปริมาณ endosulfan โดยรวมทั้งหมดทั้งที่อยู่ในรูป β -endosulfan และ endosulfan sulfate มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 160 วัน และเมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกับดินจากแหล่งเดียวกันแต่ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่ามีค่าครึ่งชีวิตน้อยกว่า ประมาณ 10-30 เท่าเพราะ endosulfan สามารถระเหยจากดินได้ (Laabs, et. al., 2002)

- พบรายงานกระบวนการเมแทบอลิซึม Endosulfan โดยจุลินทรีย์ในดินได้สาร 2 ชนิด คือ endosulfan sulfate จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ endosulfan diol จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส โดยพบว่า endosulfan sulfate จะเป็นสารที่มีความเป็นพิษเหมือนตัว endosulfan และไม่สลายตัวได้ง่ายในดิน แต่ endosulfan diol จะเป็นสารที่ไม่มีพิษ จึงไม่เป็นพิษต่อปลาหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ (Cited in Lee, et. al., 2003) จากการศึกษาโดย Lee และคณะจึงศึกษาการเมแทบอลิซึม endosulfan โดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) ในวงศ์ *Anabaena* ในอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องทดลองเป็นเวลา 1 วัน

พบว่าสาหร่าย 2 ชนิดที่นำมาศึกษาคือสาหร่าย *Anabaena* sp PCC 7120 และ *Anabaena flo-aquae* สามารถเมแทบอลิซึม endosulfan ได้ endosulfan diol (endodiol) ในปริมาณมาก (Major pathway of metabolism) และได้ endosulfan hydroxyether และ endosulfan lactone ในปริมาณน้อยและได้ endosulfan sulfate ในปริมาณที่น้อยมาก (Trace amount) ซึ่งเป็น Minor pathway of metabolism ดังนั้นสาหร่ายทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถลดความเป็นพิษของ endosulfan sulfate ที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของ endosulfan ในดินได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่าย *Anabaena* มีเอนไซม์ Isomerase ที่สามารถเปลี่ยน α -endosulfan เป็น β -endosulfan ในปริมาณน้อย (Minor pathway of metabolism) (Lee, et. al., 2003)

5.2.7.2 การสลายตัวในน้ำ (Breakdown in water)

-จากการสำรวจการตกค้างของ endosulfan ใน ตัวอย่างน้ำในปากแม่น้ำ Minjiang River Estuary ทางตอนใต้ของประเทศไทยที่สู่มมาจากผิวน้ำ (Surface water) Porewater และจากตะกอน (sediment) พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณของ endosulfan ที่ ผิวน้ำ (Surface water) Porewater และจากตะกอน มีค่าต่างๆดังนี้

	ในน้ำ (ng./ml.)	Porewater (ng./ml.)	ตะกอน (ng./ml.)
Endosulfan I	7.03-66.27	81.79-642.2	0.57-1.61
Endosulfan II	15.53-215.9	111.7-1042	1.53-3.12
Endosulfan sulfate	3.16-134.8	22.46-600.2	4.74

พบว่าปริมาณสารเคมีตกค้างที่ porewater มีมากกว่าที่ระดับผิวน้ำเพราะ endosulfan ซึ่งเป็นสารที่ละลายในไขมันได้ดี (Hydrophobic) จะชอบอยู่ที่ตะกอนและอาจถูกพัดลอยขึ้นมาจากตะกอน (re-suspend) (Zhang et. al., 2003)

- มีรายงานพบสารตกค้างของ α -endosulfan 0.18 $\mu\text{g/L}$ และ β -endosulfan 0.18 $\mu\text{g/L}$ ในน้ำ (surface water) ในเขต River basin ที่สู่มเก็บตัวอย่างในช่วงปี ค.ศ. 1983-1999 ใน Tejo River catchment ในโปรตุเกส (Cerejeira, et. al., 2003)

- พบการตกค้างของ endosulfan ในเขตที่มีการใช้ endosulfan แบบ spray drift และปริมาณที่ตกค้างนั้นมีขนาดที่ทำให้ปลาที่อยู่ไกลจากเขตการใช้ 200 เมตรตายได้ (Lethal dose) (cited in Gonzalez, et. al., 2003)

- การปนเปื้อนของวัตถุพิษที่อยู่ในรายการเฝ้าระวังใน แม่น้ำสายหลักในภาคกลาง โดยสุ่มตัวอย่างจากแม่น้ำเจ้าพระยา 17 จุด แม่น้ำท่าจีน 14 จุด และ แม่น้ำแม่กลอง 10 จุด จำนวน 3 ครั้งพบว่า แม่น้ำเจ้าพระยา พบว่าแม่น้ำท่าจีน พบสารตกค้างของ endosulfan ระหว่าง 0.01-0.08 ไมโครกรัม / ลิตร (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

5.2.7.3 การสลายตัวในพืช (Breakdown in vegetation)

- จากรายงานการทดลองปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum*) ในดินที่มีการใช้สารกลุ่ม Organochlorine เป็นเวลา 20 ปี ในบริเวณตะวันออกเฉียงใต้ของ Buenos Aires, Argentina แล้วหาปริมาณสารกลุ่ม Organochlorine ในแต่ละส่วนของมะเขือที่ปลูกขึ้นที่อายุต่างๆ คือ ช่วงอายุที่ 1 (อายุ 15 วันหลังจากเพาะเมล็ด), ช่วงอายุที่ 2 (อายุ 60 วันหลังจากเพาะเมล็ด) และช่วงอายุที่ 3 (151 วันหลังจากเพาะเมล็ดและมะเขือมีขนาดเหมาะสมสำหรับขาย) พบว่า Endosulfan สามารถถูกดูดซึมจากดินผ่านทางราก โดยพบ Endosulfan ทั้งที่อยู่ในรูป α -endosulfan, β -endosulfan และเมแทบอลิท์ที่อยู่ในรูป endosulfan sulfate ซึ่งมีความเป็นพิษสูง จากตัวอย่างดินที่สุ่มมาจากส่วนต่าง (bulk soil and rhizosphere) พบปริมาณของ endosulfan sulfate ในดินมากกว่า endosulfan ประมาณ 400 เท่า (คือประมาณ 16.0 นาโนกรัมต่อน้ำหนักดินที่แห้ง หน่วยเป็นกรัม) และพบปริมาณสาร α -endosulfan, β -endosulfan และ endosulfan sulfate ในรากและ aerial part ของมะเขือตลอดวงจรชีวิต จากการศึกษาการกระจายตัวของ endosulfan ในมะเขือที่มีอายุ 15 วันหลังจากเพาะเมล็ด พบว่ามีปริมาณสารในลำต้นมากกว่ารากและในใบตามลำดับ และปริมาณ endosulfan ในใบในมะเขือช่วงอายุที่ 1 มากกว่าช่วงอายุที่ 2 และที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ α -endosulfan และ β -endosulfan จะเกิดเมแทบอลิท์ ได้ endosulfan sulfate ที่ผิวของพืช (plant surface) ใบและเปลือกของลำต้น

- จากการศึกษาพบปริมาณ endosulfan sulfate ในใบมะเขือในช่วงอายุที่ 3 น้อยกว่าในรากและลำต้น แสดงว่ามะเขือเทศได้รับ α -endosulfan และ β -endosulfan จากชั้นบรรยากาศแล้วถูกเมแทบอลิท์ที่ใบแล้วแพร่กระจาย (translocation) ผ่านทางท่ออาหาร (Phloem) นอกจากนี้ยังพบสัดส่วนของปริมาณของ endosulfan sulfate/ α -endosulfan ในรากและใน rhizosphere ปริมาณที่สูงในช่วงอายุที่ 3 มากกว่าช่วงอายุที่ 2 แสดงว่ามีการปลดปล่อย endosulfan sulfate จากรากพืชสู่ดินชั้น rhizosphere ในขณะที่เกิดสารที่เป็นผลิตภัณฑ์จากการสังเคราะห์แสง เช่น สารพวกกรดอินทรีย์ (organic acid) คาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน นอกจากนี้ยังพบปริมาณ β -endosulfan ในเปลือกของผลมะเขือ (Fruit peel) มากกว่าเนื้อในผล (Fruit flesh) แต่พบปริมาณของ endosulfan sulfate มากในส่วนที่เป็นเนื้อในผล อาจเกิดเนื่องมาจากการแพร่กระจายของ endosulfan sulfate มาจากเนื้อเยื่ออื่นๆหรือเกิดเมแทบอลิท์ของ endosulfan ที่เนื้อในผล (Gonzalez, et. al., 2003)

- ปริมาณของ endosulfan ใน aerial tissue ในมะเขือจะระบุถึงการแพร่กระจายของ endosulfan ในบรรยากาศหลังจากที่มีการใช้ในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่ามีปริมาณของสาร endosulfan ตกค้างเป็นปริมาณมากในดินในเขตที่มีการพ่นสาร endosulfan มาก่อน ทำให้ endosulfan ถูกดูดซึมผ่านทางรากมะเขือและแพร่กระจายไปยัง aerial tissue ต่างๆ ซึ่งรายงานนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่พบการตกค้างของ endosulfan ในเขตที่มีการใช้ endosulfan แบบ spray drift และปริมาณ

ที่ตกค้ำนั้น มีขนาดที่ทำให้ปลาที่อยู่ไกลจากเขตการใช้ 200 เมตรตายได้ (Lethal dose) (cited in Gonzalez, et. al., 2003)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ผลการดำเนินงานประจำปี พ.ศ. 2546 วิจัยและพัฒนาวิชาการเฉพาะด้าน. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัดถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)

กาญจนา นาถะพินธุ, ดาริวรรณ เศรษฐีธรรม และบัณฑิต ปิยะศิลป์. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช : กรณีศึกษาเส้นทางเดินของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลคอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.

จุฑามาศ ต๊ะเก่า. รายงานการวิจัย เรื่อง การกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการทำพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ขนาดใหญ่ ในพื้นที่ลุ่มน้ำฝาง, สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.

เดชา ศิริภัทร. การศึกษาการกำหนดขอบเขตการประเมินผลกระทบทางสุขภาพสารเอ็นโดซัลแฟนในนาข้าว กรณีศึกษา พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี, สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2546.

วารุณี จิตอารี, สุรัตน์ หงษ์สืบสอง, คณิงนุช ลังกาการ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.

สายนต์ จินดามาศย์. ปริมาณสารเอ็นโดซัลแฟนตกค้างในกะหล่ำปลี กรณีศึกษาอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ, สาธารณสุขศาสตร์มหบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542.

- ATSDR Toxicological profile for endosulfan. United States Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta, GA. Available from NTIS, Springfield, VA. PB93-182558, 1993.
Cited in <http://www.poptel.org.uk/Panap/pest/pe-end.htm>
(Searched on April 4, 2004).
- Cerejeira, M. J., Viana, P., Batista, S., Pereira, T., Silva, E., Valério, M. J., Silva, A., Ferreira, M., Silva-Fernandes, A. M. Pesticides in Portuguese surface and ground waters. *Water Research* 37:1055-1063, 2003.
- Charlier, C., Albert, A., Herman, P., Hamoir, E., Gaspard, U., Meurisse, M., Pplomteux, G. Breast cancer and serum organochlorine residues. *Occupational and Environmental Medicine*. 60(5):348-351, 2003.
- Chaudhuri, K., Selvaraj, S., Pal, A.K. Studies on the genotoxicity of endosulfan in bacterial systems. *Mutation research*. 439:63-67, 1999.
- Dubois, M., Pfohl-Leszkowicz, A., De Waziers, I., Kremers, P. Selective induction of the CYP3A family by endosulfan and DNA-adduct formation in different hepatic and hepatoma cells. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 1:249-256, 1996.
- EXTONET, Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/endosulf.htm> (Searched on May 6, 2004).
- Gonzalez, M., Miglioranza, K. S. B., Aizpún De Moreno, J. E., Moreno, V. J. Occurrence and distribution of organochlorine pesticides (OCPs) in Tomato (*Lycopersicon esculentum*) crops from organic production. *J. Agric. Food Chem*. 51:1353-1359, 2003.
- Hack, R., Ebert, E., Leist, K.-H. Chronic toxicity and carcinogenicity studies with the insecticide endosulfan in rats and mice. *Fd. Chem. Tox.* 33(11):941-950, 1995.
- Hiremath, M.B., Kaliwal, B.B. Effect of endosulfan on ovarian compensatory hypertrophy in hemicastrated albino mice. *Reproductive Toxicology*. 16: 783-790, 2002.
- Kang, K.-S., Park, J.-E., Ryu, D.-Y., Lee, Y.-S. Effects and neuro-toxic mechanisms of 2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl and endosulfan in neuronal stem cells. *J. Vet. Med. Sci*. 63(11):1183-1190, 2001.
- Kullman, S.W., Matumura, F. Metabolic pathways utilized by *Phanerochaete chrysosporium* for degradation of the cyclodiene pesticide endosulfan. *Applied and Environmental Microbiology*. 62(2):593-600, 1996.
- Kutluhan, S., Akhan, G., Gultekin, F., Kurdoglu, E. Three cases of recurrent epileptic seizures caused by endosulfan. *Neurol. India* 51:102-103, 2003.

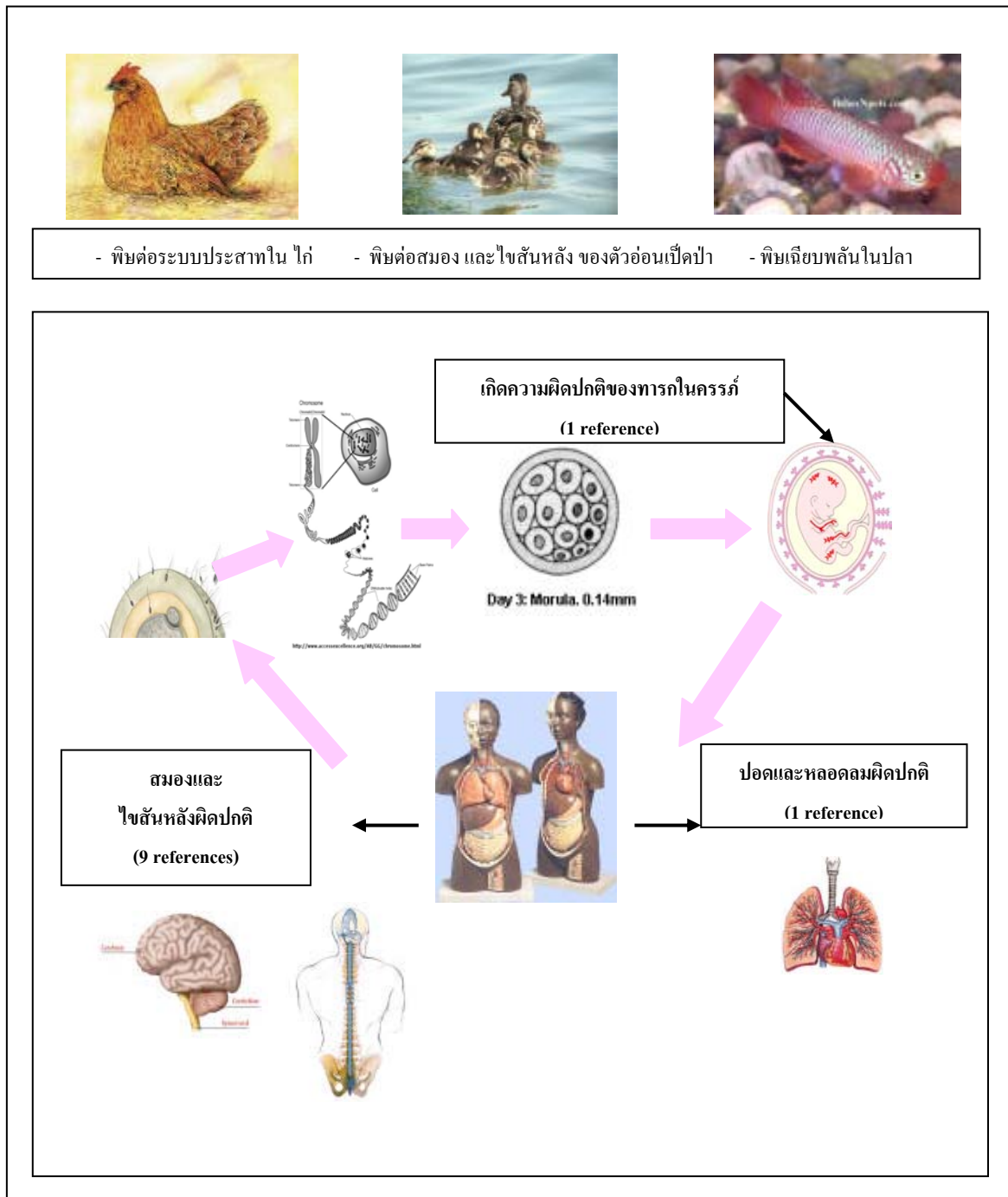
- Laabs, V., Amelung, W., Fent, G., Zech, W., Kubiak, R. Fate of ^{14}C -labeled soybean and corn pesticides in tropical soils of Brazil under laboratory conditions. *J. Agric. Food Chem.* 50:4619-4627, 2002.
- Lee, S., McLaughlin, R., Harnly, M., Gunier., and Kreutzer, R. Community exposures to airborne agricultural pesticides in California: Ranking of inhalation risks. *Environmental Health Perspectives.* 110:1175-1184, 2002.
- Lee, S.-E., Kim, J.S., Kennedy, I. R., Park, J.-W., Kwon, G.-S., Koh, S.-C., Kim, J.-E. Biotransformation of an organochlorine insecticide, endosulfan, by *Anabaena* species. *J. Agric. Food Chem.* 51:1336-1340, 2003.
- Lu, Y., Morimoto, K., Takeshita, T., Takeuchi, T., Saito, T. Genotoxic effects of α -endosulfan and β -endosulfan on human HepG2 cells. *Environmental Health Perspectives* 108(6):559-561, 2000.
- Mor, F., Ozmen, O. Acute endosulfan poisoning in cattle. *Vet .Hum. Toxicol.* 45(6):323-324, 2003. (Abstract).
- Newbold, R.R., Jefferson, W.N., Padilla-Banks, E., Walker, V.R., Pena, D.S. Cell response endpoints enhance sensitivity of the immature mouse uterotrophic assay. *Reproductive Toxicology.* 15:245-252, 2001.
- PAN, Cited in http://www.pesticideinfo.org/Detail_ChemReg.jsp?Rec_ID=PC35085 (Searched on April 15, 2004).
- Payne, J., Scholze, M., Kortenkamp, A. Mixtures of four organochlorines enhance human breast cancer cell proliferation. *Environmental Health Perspectives* 109(4):391-397, 2001.
- Pradhan, S., Pandey, N., Phadke, R. V., Kaur, A., Sharma, K., Gupta, R. K. Selective involvement of basal ganglia and occipital cortex in a patient with acute endosulfan poisoning. *J. Neuro. Sci.* 147:209-213, 1997.
- Petrelli, G., Figà-talamanca, I. Reduction in fertility in male greenhouse workers exposed to pesticides. *Eur. J. Epidemiol.* 17:675-677, 2001.
- Roberts, D. M., Karunarathna, A., Buckley, N. A., Manuweera, G., Sheriff, M.H. R., Eddleston, M. Influence of pesticide regulation on acute poisoning deaths in Sri Lanka. *Bulletin of the World Health Organization* 81(11):789-798, 2003.
- Saiyed, H., Dewan. A., Bhatnagar, V., Shenoy, U., Shenoy, R., Rajmohan, H., Patel, K., Kashyap, R., Kulkarni, P., Rajan, B., Lakkad, B. Effect of endosulfan on male reproductive development. *Environmental HealthProspectives.* 111(16):1958-1962, 2003.

- Schulz, R. Rainfall-induced sediment and pesticide input from orchards into the Lourens River, Western Cape South Africa: Importance of a single event. *Wat. Res.* 35(8):1869-1876, 2001.
- Siddique, T., Okeke, B. C., Arshad, M., Frankenberger, W. T. Biodegradation kinetics of endosulfan by *Fusarium ventricosum* and a *Pandorrea* species. *J. Agric. Food Chem.* 51:8015-8019, 2003.
- Smith, A. G. Chlorinated hydrocarbon insecticides. In *Handbook of pesticide toxicology*. Hayes, W. J., Jr., and Laws, E. R., Jr., Eds. Academic Press Inc. , New York, NY, 1991. Cited in EXTONET, <http://extoxnet.orst.edu/pips/endosulf.htm> (Searched on May 6, 2004).
- The National Institute of Occupational Health (NIOH). Cited in http://www.cseindia.org/html/endosulfan/endosulfan_page4.htm (Searched on March 27, 2004).
- Wilson, V.S., LeBlanc, G.A. Endosulfan elevates testosterone biotransformation and clearance in CD-1 mice. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 148:158-168, 1998.
- Wirth, E. F., Lund, S. A., Fulton, M. H., Scott, G. I. Reproductive alterations in adult grass shrimp, *Palaemonetes pugio*, following sublethal, chronic endosulfan exposure. *Aquatic Toxicology* 59:93-99, 2002.
- Zhang, Z. L., Hong, H. S., Zhou, J. L., Huang, J., Yu, G. Fate and assesment of persistent organic pollutants in water and sediment from Minjiang river estuary, Southeast China. *Chemosphere*. 52:1423-1430, 2003.
- US Agency for toxic substances and disease Registry. Toxicological profile for endosulfan. Draft Report. Atlanta, GA, 1990. Cited in EXTONET, <http://extoxnet.orst.edu/pips/endosulf.htm> (Searched on May 6, 2004).

บทที่ 6

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ EPN

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1984 จนถึงปัจจุบัน พบว่า EPN มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์ และต่อวงจรชีวิตในคน ดังแสดงตามรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ EPN

6.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ EPN

6.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก: Ia (Organophosphate) เป็น chiral organophosphate ที่แต่ละฟอร์ม (stereoisomer) มีความเป็นพิษที่แตกต่างกัน

6.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Cancelled** ในสหรัฐอเมริกา (Output Reporting US EPA)
- **ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้** (Not registered for use) ในประเทศออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร และแคนาดา
- **Banned** ในประเทศอินเดีย (PAN)

6.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 65,000 ก.ก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 21.45 ล้านบาท

6.1.4 ความเป็นพิษ

6.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- เมื่อได้รับผ่านทางเดินหายใจและผ่านทางผิวหนัง จะมีอาการ ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน เหงื่อออก ท้องเสีย แน่นหน้าอก มองเห็นภาพไม่ชัด กล้ามเนื้อกระตุก สับสน สูญเสียการทรงตัว และตายได้ นอกจากนี้ อาจทำให้เกิดการระคายเคืองที่ปอด ไอ หายใจสั้น การได้รับสารในปริมาณมากทำให้มีการหลังของเหลวที่ปอด เกิดการบวม (Pulmonary edema) และหยุดการหายใจ EPN ทำให้เกิดการทำลายระบบประสาท คือทำให้เกิดอาการชา ไร้ความรู้สึก หรือปวดเหมือนเข็มแทง (Pins and needles) หรือมีอาการมือ/เท้าอ่อนแรง การได้รับ EPN ซ้ำอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบุคลิกภาพ มีอาการซึมเศร้า วิดกกังวล ไร้ค่า ขี้โมโห (New Jersey Department of Health and Senior Service Hazardous Substance Fact Sheet)

6.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- พบพิษของ EPN ต่อระบบประสาทของเป็ดป่า (Mallards) ที่ได้ EPN ผสมกับอาหารเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามีอาการกระตุก (ataxia) และอัมพาต นอกจากนี้ยังพบพยาธิสภาพของสมองและไขสันหลังที่ผิดปกติ (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)

6.1.4.3 เกิดการวิรูปในทารก :

- ทำให้ตัวอ่อนเป็ดป่า ที่มีอายุ 18 วัน ตาย ร้อยละ 22-44, ลดการเจริญเติบโตของตัวอ่อน, และพบการเกิดการวิรูป 37-42% โดยพบความผิดปกติของคอกระดูก (cervical) และกระดูกสันหลังคด (axial scoliosis) และการบวมอย่างรุนแรง ตลอดจนพบน้ำหนักสมองลดลง จากการทาเปลือกไข่ของเป็ดป่า (*Anas platyrhynchos*) ด้วย EPN ในขนาดต่างๆ ซึ่งเท่ากับความเข้มข้น 1 เท่า, 3 เท่า และ 9 เท่าของขนาดที่ใช้พ่นเป็นยาฆ่าแมลง (Abstract: Hoffman and Sileo, 1984)

6.1.4.4 เกิดพิษต่ออวัยวะ

- มีผลต่อสมองของหนู Rat (Abstract: Fukushima, et. al., 1997)
- เกิดพิษต่อระบบประสาทใน ไก่ (hens) จากการได้รับ EPN (Abstract: Abou-Donia, et; al., 1985)
- พิษต่อสมอง และไขสันหลังของตัวอ่อนเป็ดป่า (Mallards) (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)
- อาจจะมีผลต่อสมองคนเนื่องจากมีรายงานเกี่ยวกับการกระตุ้น EPN ด้วย Bromine แล้วได้สารพิษที่มีผลยับยั้ง neuroblastoma cells จากสมอง (Abstract: Barber, et. al., 1999)

6.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- EPN เป็น chiral organophosphate ที่แต่ละฟอร์ม (stereoisomer) มีความเป็นพิษที่ต่างกัน มีรายงานว่า R-EPN มีความเป็นพิษมากในไก่ และ ใน houseflies มากกว่า S-EPN R-EPN สามารถยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้มากกว่า S-EPN จากการศึกษาในหลอดทดลอง (Abstract: Tsugawa, et. al., 2000)
- ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN ใน ปลา Killifish เท่ากับ 34.7 ชั่วโมงตามลำดับ (Tsuda, et. al., 1997)
- ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN ในไก่ (Chicks) คือ 16 ชม. (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983a)
- ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN จากตัวไก่ (Adult Hens) คือ 16.5 วัน (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983b)

6.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- เกิดพิษต่อระบบประสาทในไก่ (hens) (Abstract: Abou-Donia, et; al., 1985) และพิษต่อสมอง และไขสันหลัง ของตัวอ่อนเป็ดป่า (Mallards) (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)

6.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ EPN

6.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ia อยู่ในกลุ่ม Organophosphate insecticide เป็น chiral organophosphate. ที่แต่ละฟอร์ม (stereoisomer) มีความเป็นพิษที่แตกต่างกัน (Abstract : Tsugawa, et. al., 2000) มีลักษณะเป็นน้ำมัน หรือผลึกสีเหลืองถึงสีน้ำตาล และมีกลิ่นเฉพาะตัว

6.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Cancelled** ในสหรัฐอเมริกา (Output Reporting US EPA)
- **ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้** (not registered for use) ในประเทศออสเตรเลีย เนเธอร์แลนด์ สหราชอาณาจักร และแคนาดา
- **Banned** ในประเทศอินเดีย (PAN)

6.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 6.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า EPN

ปี พ.ศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	16,250	9,243,964
2541	NA	NA
2542	NA	NA
2543	56,000	16,371,318
2544	69,000	23,812,706
2545	65,000	21,455,888

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- ชื่อทางการค้า: อีชีน็อก

6.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

6.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- พบรายงานผลของ EPN เมื่อได้รับผ่านทางเดินหายใจและผ่านทางผิวหนัง โดยพบว่าการอาการของการได้รับพิษจากสาร EPN คือ ปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน เหนื่อยออก ท้องเสีย แน่นหน้าอก มองเห็นภาพไม่ชัด กล้ามเนื้อกระตุก สับสน สูญเสียการทรงตัว และตายได้ นอกจากนี้ EPN ทำให้เกิดการระคายเคืองที่ปอด ไอ หายใจสั้น การได้รับสารในปริมาณมากทำให้มีการหลังของเหลวที่ปอด เกิดการบวม (pulmonary edema) และหยุดการหายใจ EPN ทำให้เกิดการทำลายระบบประสาท คือทำ

ให้เกิดอาการชา ไร้ความรู้สึก หรือปวดเหมือนเข็มแทง (Pins and needles) หรือมีอาการมือ/เท้าอ่อนแรง การได้รับ EPN ซ้ำๆ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงบุคลิกภาพ มีอาการซึมเศร้า วิดกกังวล รำคาญ ซึมโห (New Jersey Department of Health and Senior Service Hazardous Substance Fact Sheet)

- พบรายงานขนาดที่ทำให้ตายได้ 50% (LD50) ในหนู rat = 36 mg/kg of body mass ในไก่ฟ้า (Pheasant) เท่ากับ 53 mg/kg of body mass และใน Blackbird เท่ากับ 3 mg/kg of body mass (Hill, 1993)

6.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- พบพิษของ EPN ต่อระบบประสาทของเป็ดป่า (Mallards) จากการศึกษาโดยการให้ EPN แก่เป็ดป่าในขนาดต่างๆ (กลุ่มละ 6 ตัว) ผสมกับอาหารเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามีอาการกระตุก (ataxia) โดยในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 270 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 16 วัน ในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 90 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 20 วัน และกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 30 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 38 วัน และพบว่ากลุ่มที่ได้รับ EPN ขนาด 270 ppm เป็นเวลา 90 วันจะมีอาการกระตุกและอัมพาต และกลุ่มที่ได้ EPN มากกว่า 30 ppm จะสังเกตพบการลดลงของน้ำหนักร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่าหน้าที่ของเอนไซม์ acetylcholine esterase ในสมอง และในพลาสมาถูกยับยั้ง และพบอาการทางพยาธิสภาพที่ผิดปกติคือ demyelination degeneration of axon ของไขสันหลัง (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)

6.2.4.3 เกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and effect and organism จากการสืบค้นทุกปีที่ปรากฏในฐานข้อมูล

6.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- พบการเกิดวิรูป (Teratogenic) จากการทาเปลือกไข่ของเป็ดป่า (*Anas platyrhynchos*) ด้วย EPN ในขนาดต่างๆ คือ 12, 36, 108 microG/g ของน้ำหนักของไข่ ซึ่งเท่ากับความเข้มข้น 1 เท่า, 3 เท่า และ 9 เท่าของขนาดที่ใช้พ่นเป็นยาฆ่าแมลง จากการศึกษาพบว่า EPN ทำให้เกิดการตายของเป็ดป่า 22-44 % หลังจากที่มีอายุ 18 วัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ EPN จะมีอัตราการตาย 4-5% EPN ลดการเจริญเติบโตของตัวอ่อนของเป็ดป่า (impaired embryonic growth) พบการเกิดการวิรูป 37-42% ในเป็ดที่มีอายุ 18 วัน คือพบความผิดปกติของคอกระดูก (cervical) และกระดูกสันหลังคด (axial scoliosis) และการบวมอย่างรุนแรง ตลอดจนพบน้ำหนักสมองลดลง (Abstract: Hoffman and Sileo, 1984)

6.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ และแบ่งตัวผิดปกติ (Mutagenic effect)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and effect and mutagenic จากการสืบค้นทุกปีที่ปรากฏในฐานข้อมูล

6.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and effect and genotoxic จากการสืบค้นทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

6.2.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง(Carcinogenic effect)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and effect and carcinogenic จากการสืบค้นทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

6.2.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- พบว่ามีผลต่อสมองของหนู Rat โดยพบว่าหลังจากที่หนูได้รับ EPN 6 วัน ปริมาณ polyunsaturated fatty acids ของกรดไขมันอิสระในสมองลดลงเมื่อเทียบกับหนูกลุ่มควบคุม ซึ่งอาจจะทำให้มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ในสมอง (Abstract: Fukushima, et. al., 1997)

- อาจจะมีผลต่อสมองเนื่องจากมีรายงานเกี่ยวกับการกระตุ้น EPN ด้วย Bromine แล้วได้สารที่มีพิษที่มีผลยับยั้ง neuroblastoma cells จากสมองคน (Abstract: Barber, et. al., 1999)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อระบบประสาทในไก่ (hens) จากการได้รับ EPN และพบว่าพิษดังกล่าวมีมากขึ้นเมื่อได้รับร่วมกับ methyl butyl ketone โดยให้ EPN ขนาด 1.0 mg/kg ที่บริเวณด้านหลังของคอ (dermally apply) 5 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 90 วัน และได้ methyl butyl ketone ในขนาด 10, 50, 100 ppm โดยการสูดดม (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1985)

- พบพิษของ EPN ต่อระบบประสาทของเป็ดป่า (Mallards) จากการศึกษาโดยการให้ EPN แก่เป็ดป่าในขนาดต่างๆ (กลุ่มละ 6 ตัว) ผสมกับอาหารเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามีอาการกระตุก (ataxia) โดยในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 270 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 16 วัน ในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 90 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 20 วัน และกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 30 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 38 วัน และพบว่ากลุ่มที่ได้รับ EPN ขนาด 270 ppm เป็นเวลา 90 วันจะมีอาการกระตุกและอัมพาต และกลุ่มที่ได้ EPN มากกว่า 30 ppm จะสังเกตพบการลดลงของน้ำหนักร่างกาย นอกจากนี้ยังพบว่าหน้าที่ของเอนไซม์ acetylcholine esterase ในสมองและในพลาสมาถูกยับยั้ง และพบอาการทางพยาธิสภาพที่ผิดปกติคือ demyelination degeneration of axon ของไขสันหลัง (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)

6.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- จากการศึกษาใน Killifish เมื่อให้ EPN จะได้เมแทบอลิต์ของ EPN จากกระบวนการออกซิเดชันคือ EPN oxon การกำจัด EPN และ EPN oxon ออกจากตัวปลาเมื่ออัตราเร็วเท่ากับ 0.02 hr^{-1} และ 0.59 hr^{-1} ตามลำดับ หรือมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 34.7 และ 1.2 ชั่วโมงตามลำดับ (Tsuda, et. al., 1997)

- EPN เป็น chiral organophosphate ที่แต่ละฟอร์ม (stereoisomer) มีความเป็นพิษที่แตกต่างกัน มีรายงานว่า R-EPN มีความเป็นพิษมากในไก่ และใน houseflies มากกว่า S-EPN R-

EPN สามารถยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase ได้มากกว่า S-EPN จากการศึกษาในหลอดทดลอง (Abstract: Tsugawa, et. al., 2000)

- จากการศึกษาขบวนการเมแทบอลิซึมของ EPN ในไก่ (Chicks) อายุ 1 สัปดาห์ในขนาด 1 mg/kg (2.7 $\mu\text{Ci/kg}$, ^{14}C EPN) โดยวิธีกิน พบว่าปริมาณ EPN ยังหลงเหลืออยู่ในกระเพาะอาหาร มากกว่าในน้ำดีและมากกว่าตับ และพบในระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nerves) มากกว่าไขสันหลัง และพบปริมาณน้อยในสมอง หลังจากทำให้เป็นเวลา 4 วันพบว่า EPN ถูกกำจัด 91.3 % ทั้งในปัสสาวะและอุจจาระ ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN จากตัวไก่ คือ 16 ชม. ด้วยอัตราเร็วของการกำจัดยาเท่ากับ 0.04 hr^{-1} (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983a)

- จากการศึกษาขบวนการเมแทบอลิซึมของ EPN ในไก่ (Adult Hens) ในขนาด 10 mg/kg (LD50, ^{14}C EPN) โดยวิธีกิน พบว่าปริมาณ EPN ในตับ มากกว่าในน้ำดี มากกว่าในไต เนื้อเยื่อไขมัน และกล้ามเนื้อตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบ EPN ในสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท ไต และพลาสมา ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN จากตัวไก่ คือ 16.5 วัน ด้วยอัตราเร็วของการกำจัดยาเท่ากับ 0.04 วัน^{-1} (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983b)

6.2.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

6.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- จากการศึกษาขบวนการเมแทบอลิซึมของ EPN ในไก่ (Chicks) อายุ 1 สัปดาห์ในขนาด 1 mg/kg (2.7 $\mu\text{Ci/kg}$, ^{14}C EPN) โดยวิธีกิน พบว่าปริมาณ EPN ยังหลงเหลืออยู่ในกระเพาะอาหาร มากกว่า น้ำดี และมากกว่าตับ และพบในระบบประสาทส่วนปลาย (peripheral nerves) มากกว่าไขสันหลัง และพบปริมาณน้อยในสมอง หลังจากทำให้เป็นเวลา 4 วันพบว่า EPN ถูกกำจัด 91.3 % ทั้งในปัสสาวะและอุจจาระ ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN จากตัวไก่ คือ 16 ชม. ด้วยอัตราเร็วของการกำจัดยาเท่ากับ 0.04 hr^{-1} (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983a)

- จากการศึกษาขบวนการเมแทบอลิซึมของ EPN ในไก่ (Adult Hens) ในขนาด 10 mg/kg (LD50, ^{14}C EPN) โดยวิธีกิน พบว่าปริมาณ EPN ในตับ มากกว่าในน้ำดี มากกว่าในไต เนื้อเยื่อไขมัน และกล้ามเนื้อตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบ EPN ในสมอง ไขสันหลัง เส้นประสาท ไต และพลาสมา ค่าครึ่งชีวิตของการกำจัด EPN จากตัวไก่ คือ 16.5 วัน. ด้วยอัตราเร็วของการกำจัดยาเท่ากับ 0.04 วัน^{-1} (Abstract: Abou-Donia, et. al., 1983b)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อระบบประสาทในไก่ (hens) จากการได้รับ EPN และพบว่าพิษดังกล่าวมีมากขึ้นเมื่อได้รับร่วมกับ methyl butyl ketone โดยให้ EPN ขนาด 1.0 mg/kg ที่บริเวณด้านหลังของคอ (dermally apply) 5 วัน/สัปดาห์ เป็นเวลา 90 วัน และได้ methyl butyl ketone ในขนาด 10, 50, 100 ppm โดยการสูดดม (Abstract: Abou-Donia, et; al., 1985)

- พบพิษของ EPN ต่อระบบประสาทของเป็ดป่า (Mallards) จากการศึกษาโดยการให้ EPN แก่เป็ดป่าในขนาดต่างๆ (กลุ่มละ 6 ตัว) ผสมกับอาหารเป็นเวลา 90 วัน พบว่ามีอาการกระดูก

(ataxia) โดยในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 270 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 16 วัน ในกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 90 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 20 วัน และกลุ่มที่ได้ EPN ในขนาด 30 ppm จะเกิดอาการกระตุกหลังจากที่ได้รับ 38 วัน และพบว่ากลุ่มที่ได้รับ EPN ขนาด 270 ppm เป็นเวลา 90 วันจะมีอาการกระตุกและอัมพาต และกลุ่มที่ได้ EPN มากกว่า 30 ppm จะสังเกตพบการลดลงของน้ำหนักตัว นอกจากนี้ยังพบว่าหน้าที่ของเอนไซม์ acetylcholine esterase ในสมองและในพลาสมาถูกยับยั้ง และพบอาการทางพยาธิสภาพที่ผิดปกติคือ demyelination degeneration of axon ของไขสันหลัง (Abstract: Hoffman, Sileo, Murray, 1984)

- พบการเกิดกลาวิรูป (Teratogenic) จากการทาเปลือกไข่ของเป็ดป่า (*Anas platyrhynchos*) ด้วย EPN ในขนาดต่างๆ คือ 12, 36, 108 microG/g ของน้ำหนักของไข่ ซึ่งเท่ากับ ความเข้มข้น 1 เท่า, 3 เท่า และ 9 เท่าของขนาดที่ใช้พ่นเป็นยาฆ่าแมลง จากการศึกษาพบว่า EPN ทำให้เกิดการตายของเป็ดป่า 22-44 % หลังจากที่มีอายุ 18 วัน ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับ EPN จะมีอัตราการตาย 4-5% EPN ลดการเจริญเติบโตของตัวอ่อนของเป็ดป่า (impaired embryonic growth) พบการเกิดกลาวิรูป 37-42% ในเป็ดที่มีอายุ 18 วัน คือพบความผิดปกติของคอมดลูก (cervical) และกระดูกสันหลังคด (axial scoliosis) และการบวมอย่างรุนแรง ตลอดจนพบน้ำหนักสมองลดลง (Abstract: Hoffman and Sileo, 1984)

6.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- มีรายงานขนาดของ EPN ที่ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันในปลา Killifish (*Oryzias latipes*) ขนาดที่ให้ (LD50) ในเวลา 24 ชั่วโมงและ 48 ชั่วโมงคือ 0.65 mg/L และ 0.58 mg/L ตามลำดับ ในขณะที่ Oxidation product ที่เกิดจากการเมแทบอลิซึมของ EPN คือ EPN oxon จะมีค่า LD50 ที่เวลา 24 ชั่วโมงและ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 0.21 mg/L และ 0.16 mg/L ตามลำดับ (Tsuda et. al., 1997)

6.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organism)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and effect and organism จากการสืบค้นทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

6.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

6.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and breakdown and soil and groundwater จากการสืบค้นทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

6.2.7.2 การสลายตัวในน้ำ (Breakdown in water)

- ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and breakdown and water จากการสืบค้นทุกปีที่ผ่านมาในฐานข้อมูล

6.2.7.3 การสลายตัวในผัก (Breakdown in vegetation)

-ไม่พบข้อมูลในฐานข้อมูล Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: EPN and breakdown and vegetation จากการสืบค้นทุกปีที่ปรากฏในฐานข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

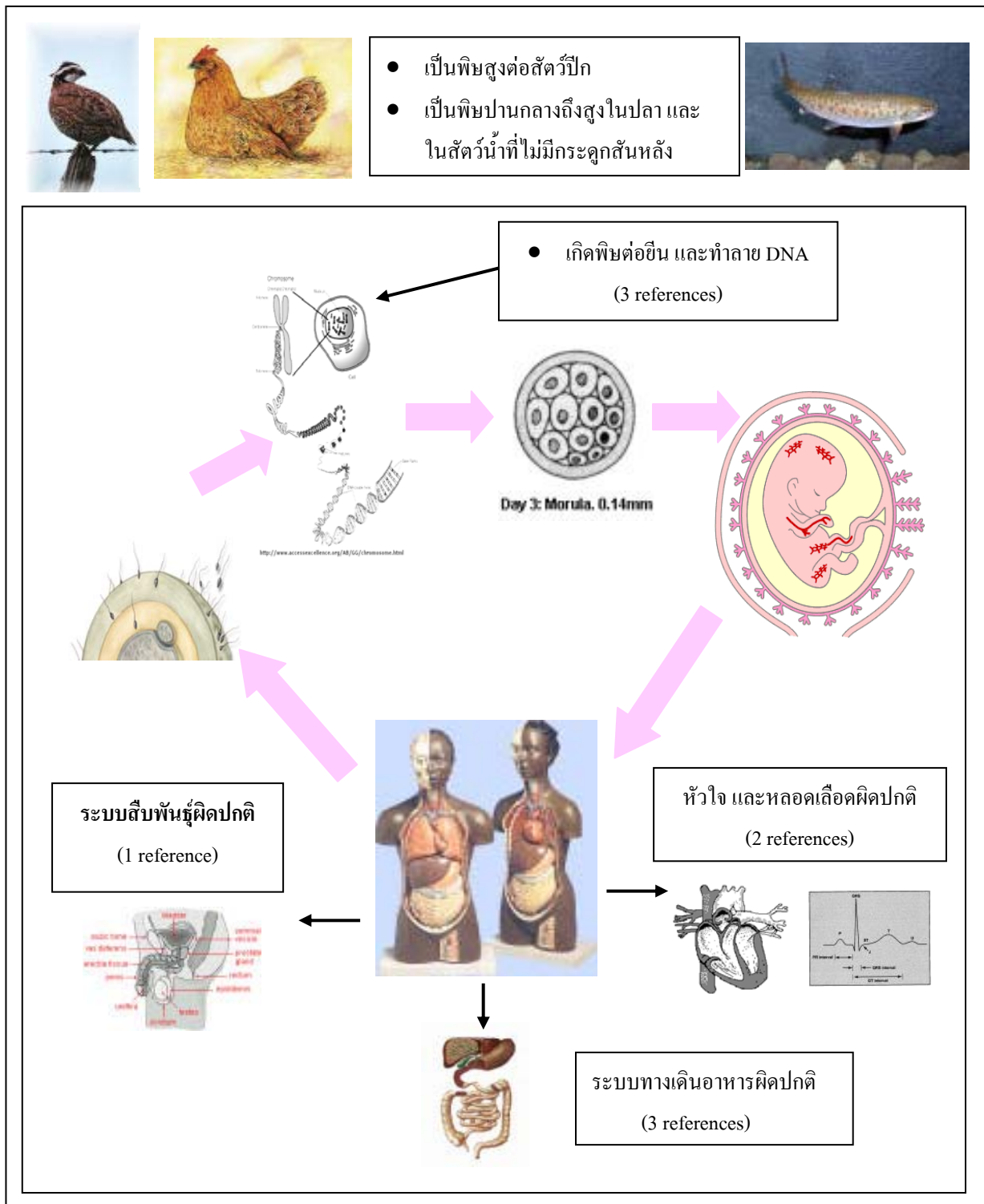
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)
- กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)
- Abou-Donia, M. B., Hernandez, Y. M., Ahmed, N. S., Abou-donia, S. A. Distribution and metabolism of O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate after single oral dose in one-week old chicks. Arch. Toxicol. 54(1):83-96, 1983a (Abstract)
- Abou-Donia, M. B., Reichert, B. L., Ashry, M. A. The absorption, distribution, excretion, and metabolism of a single oral dose of O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate in hen. Toxicol. Appl. Pharmacol. 70(1):18-28, 1983b (Abstract).
- Abou-Donia, M. B., Lapadula, D. M., Campbell, G., Abdo, K. M. The joint neurotoxic action of inhale methyl butyl ketone vapor and dermal applied ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate in hens: potentiating effect. Toxicol. Appl. Pharmacol. 79(1):69-82, 1985 (Abstract).
- Babich, H., Rosenberg, D. W., Borenfreund, E. *In vitro* cytotoxicity studies with the fish hepatoma cell line, PLHC-1 (*Poeciliopsis lucida*). Ecotoxicol. Environ. Saf. 21(3):327-336, 1991.
- Barber, D., Correll, L., Ehrich, M. Comparative effectiveness of organophosphorous protoxicant activation systems in neuroblastoma cells and brain homogenates. J. Toxicol. Environ. Health A. 57(1):63-74, 1999 (Abstract).

- Fugushima, T., Hoja, N., Isobe, A., Shiwaku, K., Yamane, Y. Effects of organophosphorous compounds on fatty acid compositions and oxidative phosphorylation system in the brain of rats. *Exp. Toxicol. Pathol.* 49(5):381-386, 1997 (Abstract).
- Hill, E. F. Acute and subacute toxicology in evaluation of pesticide hazard to avian wildlife. Up- and Down Procedure Peer Panel Report. P-45-67, 1993.
- Hoffman, D. J., Sileo, L., Murray, H. C. Subchronic organophosphorous ester-induced delayed neurotoxicity in mallards. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 75(1):128-136, 1984 (Abstract).
- Hoffman, D. J., Sileo, L. Neurotoxic and teratogenic effects of an organophosphorus insecticide (phenyl phosphonothioic acid-O-ethyl-O-[4-nitrophenyl]ester) on mallard development. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 73(2):284-294, 1984 (Abstract).
- New Jersey Department of Health and Senior Service. Hazardous Substance Fact Sheet. Cited in <http://www.state.nj.us/health/eooh/rtkweb/0829.pdf>. (Searched on April 12, 2004).
- Output Reporting US EPA / OPP Chemical Information, Cited in <http://www.cdpr.ca.gov/cgi-bin/epa/mkepa3.pl> (searched on April 14, 2004).
- PAN, Cited in http://www.pesticideinfo.org/Detail_Chemical.jsp?Rec_Id=PC35087 (Searched on May 6, 2004).
- Tsuda, T., Kojima, M., Harada, H., Nakajima, A., Aoki, S. Acute toxicity, accumulation and excretion of organophosphorous insecticides and their oxidation products in killifish. *Chemosphere.* 35(5): 939-949, 1997.
- Tsugawa, W., Nakamura, H., Sode, K., Ohuchi, S. Improvement of enantioselectivity of chiral organophosphate insecticide hydrolysis by bacterial phosphotriesterase. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 84-86:311-317, 2000 (Abstract).

บทที่ 7

ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Methomyl

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นข้อมูลตั้งแต่ปี คศ. 1969 จนถึงปัจจุบัน พบว่า Methomyl มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตในคนเช่นกัน ดังแสดงตามรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Methomyl

7.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Methomyl

7.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก: Ib อยู่ในกลุ่ม Carbamate insecticide ที่ออกฤทธิ์ต่อ Acetylcholinesterase จัดเป็น broad spectrum ที่ใช้ในกลุ่มเกษตรกร (Sinhaseni et al., 1995) เป็นผลึกสีขาว ลักษณะคล้ายน้ำตาลหรือเม็ดทราย มีกลิ่นคล้ายซัลเฟอร์ อาจพบในรูปแบบผงเปียก หรือในรูปของเหลว (<http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/1208.pdf>)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Restricted

7.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- ยกเลิกการใช้ในสหราชอาณาจักรตั้งแต่ปี 2000 (PSD's Review of OP and carbamate compounds)
- ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้ (not registered for use) ในประเทศเยอรมนี และ ฟินแลนด์ (PAN)

7.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 693,977 กก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 294.7 ล้านบาท
- ผักและผลไม้ที่ปลูกโดยใช้ Methomyl ได้แก่ องุ่น ส้มเขียวหวาน สตรอเบอร์รี่ ลำไย แอปเปิ้ล กระหล่ำปลี หัวหอม มะเขือเทศ (วารุณีและคณะ ,2546)

7.1.4 ความเป็นพิษ

7.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- พบอาหารเป็นพิษระบาด จากการได้รับพิษเฉียบพลันจากการรับประทาน Methomyl ในผู้ป่วย 107 รายที่เป็นลูกค้าของภัตตาคารไทยในแคลิฟอร์เนียกลาง ในระหว่างวันที่ 20 ธ.ค. 1998-2 ม.ค. 1999 โดยพบความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร จากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน Methomyl โดยมีอาการวิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน โดยเกิดอาการประมาณ 40 นาทีหลังจากรับประทาน และหลังจากที่เกิดอาการแล้ว 2 ชม. พบว่ามีอาการท้องเสียร่วมด้วย ระยะเวลาที่มีอาการผิดปกติรวมทั้งหมด 6 ชม. (Abstract: Buchholz, et. al., 2002)

- พิษเฉียบพลันต่อกล้ามเนื้อกระบังลม และซีก ภายใน 2 นาที เป็นเวลานาน 30 นาที เมื่อฉีด Methomyl เข้าใต้ผิวหนัง ขนาด 5 mg/kg ในหนูตัวผู้ Male Sprague-Dawley rats (Abstract: Gupta et al., 1994)

7.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- ในหนู rat (Wistar rat) ตัวผู้ น้ำหนักระหว่าง 150-200 g พบระดับ Testosterone ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำลาย seminiferous tubules ในลูกอัมชะ ทั้งนี้เกิดอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก 30 วันหลังจากหยุดให้ Methomyl ทางปาก 17 mg/kg/day เป็นเวลา 2 เดือน (Mahgoub and El-Nedany, 2001)

7.1.4.3 เกิดพิษต่อระบบสืบพันธุ์ :

- ในหนู rat (Wistar rat) ตัวผู้ น้ำหนักระหว่าง 150-200 g พบระดับ Testosterone ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำลาย seminiferous tubules ในลูกอัมตะ ทั้งนี้เกิดอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก 30 วันหลังจากหยุดให้ Methomyl ทางปาก 17 mg/kg/day เป็นเวลา 2 เดือน (Mahgoub and El-Nedany, 2001)

7.1.4.4 เกิดพิษต่อยีน :

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน เมื่อใช้ชุดทดสอบ MutatoxTM โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์ (Canna-micahelidou and Nicolaou, 1996)

- ทำให้โครโมโซมคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น (Chromosome aberration) ทำลาย DNA ในหลอดทดลอง (Abstract: Bonatti et. al., 1994) และในหนู Swiss CD1 โดยฉีดเข้าช่องท้อง (Intraperitoneally) (Abstract : Bolognesi, et. al., 1994)

7.1.4.5 เกิดพิษต่ออวัยวะ

- เกิดพิษต่อหัวใจจากการได้รับ Methomyl โดยการฉีดพ่นในเขตเมือง Andhra Pradesh พบมีคลื่นหัวใจ T-wave ผิดปกติ และมี ECG ผิดปกติ (National Institute of Occupational Health)

7.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- Methomyl ถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วผ่านทางผิวหนัง ปอดและระบบทางเดินอาหาร แล้วถูก เมแทบอลิซึมในตับ ได้เมแทบอลิท์ที่ถูกกำจัดออกทางเหงื่อและทางปัสสาวะ (Kidd and James, 1991) แม้ว่าจะไม่พบการสะสมในร่างกายแต่อาจถูกเปลี่ยนโดยเอนไซม์อื่นนอกเหนือจากเอนไซม์ cholinesterases (U.S. National Library of Medicine, 1995)

7.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์ปีก (birds) (U.S. Environmental Protection Agency, 1987)
- มีความเป็นพิษปานกลางถึงสูงในปลา และในสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (Kidd and James, 1991)
- มีความเป็นพิษสูงต่อผึ้ง (U.S. Environmental Protection Agency, 1987)

7.1.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม :

7.1.7.1 ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต ประมาณ 14 วัน สะสมในดินน้อยเพราะสามารถสลายได้ดีในน้ำ จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่พบ Methomyl มากในน้ำใต้ดิน ในน้ำใต้ดินมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 25 สัปดาห์ Methomyl ถูกสลายตัวอย่างรวดเร็วในดินที่มีเชื้อจุลินทรีย์ (Howard, 1991)

7.1.7.2 ในน้ำ สารละลายน้ำของ Methomyl สามารถสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะที่มีอากาศ แสง หรือในสารละลายที่เป็นด่าง ค่าครึ่งชีวิตที่ผิวน้ำมีค่าประมาณ 6 วัน ในน้ำสะอาด Methomyl มีค่า ครึ่งชีวิตเท่ากับ 262 วัน (Howard, 1991)

7.1.7.3 ในผัก ในพืชพวกกระหล่ำพบว่าปริมาณตกค้างเหลืออยู่ 3% หลังจากที่มีการใช้ 1 สัปดาห์ (U.S. National Library of Medicine, 1995)

7.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Methomyl

7.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก: Ib อยู่ในกลุ่ม Carbamate insecticide ที่ออกฤทธิ์ต่อ Acetylcholinesterase จัดเป็น broad spectrum ที่ใช้ในกลุ่มเกษตรกร (Sinhaseni et. al., 1995) เป็นผลึกสีขาว ลักษณะคล้ายน้ำตาลหรือเม็ดทราย มีกลิ่นคล้ายซัลเฟอร์ อาจพบในรูปแบบผงเปียก หรือในรูปของเหลว (<http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/1208.pdf>)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : Restricted

7.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- ยกเลิกการใช้ในสหราชอาณาจักรตั้งแต่ปี 2000 (PSD's Review of OP and carbamate compounds)
- ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้ (not registered for use) ในประเทศเยอรมนี และ ฟินแลนด์ (PAN)

7.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 7.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Methomyl

ปี พศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	58,705	22,881,408
2541	114,554	65,112,170
2542	130,740	38,687,281
2543	1,438,625	313,995,758
2544	472,800	257,299,855
2545	693,977	294,696,950

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- ชื่อทางการค้า: Lannate (Mahgoub and El-Nedany, 2001; กาญจนาและคณะ, 2547 ; วิเชียร , มปป.); นีอกซิน – แอล (สายนต์, 2542); Insecticide 1179, Mesomile, Nudrin^R, SD 14999, WL 18236 (http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest55_e.htm, search on April 8, 2004)
- คุณภาพของวัตถุอันตรายทางการเกษตร โดยการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากแหล่งจำหน่ายทั่วไป มาตรวจสอบพบว่า Methomyl 40 % SP จำนวน 15 ตัวอย่าง ปริมาณสารออกฤทธิ์พบพิสัยมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง หรือ 26.7 % และ 18 % SL จำนวน 9 ตัวอย่าง ปริมาณสารออกฤทธิ์พบพิสัยมาตรฐาน 4 ตัวอย่าง หรือ 44.4 % (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

- ผักและผลไม้ที่ปลูกโดยใช้ Methomyl ได้แก่ องุ่น ส้มเขียวหวาน สตรอเบอร์รี่ ลำไย แอปเปิ้ล กระหล่ำปลี หัวหอม มะเขือเทศ (วารุณีและคณะ, 2546)

7.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

7.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- มีรายงาน acute oral toxicity ในหนู Rat 17-45 mg/kg body weight (Gainase, 1969)
- มีรายงานว่า Methomyl มีพิษเฉียบพลันต่อกล้ามเนื้อกระบังลม ในหนูตัวผู้ Male Sprague-Dawley rats เมื่อให้ในขนาด 5 mg/kg โดยการฉีดเข้าใต้ผิวหนัง (Subcutaneous) ทำให้เกิด muscle fasciculation และชัก ภายใน 2 นาที เป็นเวลานาน 30 นาทีหลังจากหยุดให้สาร Methomyl (Abstract: Gupta et. al., 1994)

- พบการระบาดของอาหารเป็นพิษจากการได้รับพิษเฉียบพลันจากการรับประทาน Methomyl ในผู้ป่วย 107 รายที่เป็นลูกค้ำของภัตตาคารไทยในแคลิฟอร์เนียกลาง ในระหว่างวันที่ 20 ธ.ค. 1998-2 ม.ค. 1999 โดยพบความผิดปกติในระบบทางเดินอาหาร จากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อน Methomyl โดยมีอาการวิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน โดยเกิดอาการประมาณ 40 นาทีหลังจากรับประทาน และหลังจากที่เกิดอาการแล้ว 2 ชม. พบว่ามีอาการท้องเสียร่วมด้วย ระยะเวลาที่มีอาการผิดปกติรวมทั้งหมด 6 ชม. (Abstract: Buchholz, et. al., 2002)

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์รายงานการเกิดพิษเฉียบพลันในคนไทย จากการรับประทาน Methomyl ที่ปนเปื้อนในน้ำดื่ม (กรกฎาคม 2527) ข้าวเหนียวสังขยา 30 ราย (มีนาคม 2548) สุราเถื่อน (ตุลาคม 2530) เครื่องดื่มธัญญาหารสำเร็จรูป (มีนาคม 2539) เครื่องดื่มช็อกโกแลต 33 ราย (มิถุนายน 2547) (สมชาย และคณะ, 2547)

- พบพิษเฉียบพลันในกรณีเด็กนักเรียนชั้นอนุบาล 3 และครูของโรงเรียนอนุบาล สวนแพรกษา ต.ท้ายบ้านใหม่ อ.เมืองสมุทรปราการ จำนวน 33 คน จากการรับประทาน Methomyl ที่ปนเปื้อนในดื่มเครื่องดื่มรสช็อกโกแลต ผสมนมผง แล้วมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน แน่นหน้าอก หายใจไม่ออก เหตุเกิดขณะยื่นเข้าแถวเคารพ ธงชาติ เมื่อเช้าวันที่ 28 มิ.ย. 2547 ต้องรีบนำส่ง รพ. เมืองสมุทรปราการ และ รพ.สมุทรปราการ ผู้ป่วยส่วนใหญ่อาการฟื้นคืนอันตราย มีเด็กนักเรียน 4 คน ที่แพทย์ต้องนำเข้าห้องไอซียู ฝ้าดูอาการอย่างใกล้ชิด (ไทยรัฐ, 2547)

7.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- มีหลักฐานการเกิดพิษเรื้อรังในหนู rat (Wistar rat) ตัวผู้ น้ำหนักระหว่าง 150-200 g จากการศึกษาในกลุ่มทดลอง 8 ตัวและกลุ่มควบคุม 8 ตัว เมื่อให้ Methomyl ทางปาก 17 mg/kg/day เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าทำให้ระดับ Testosterone ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำลาย seminiferous tubules ในลูกอัมชะ ทั้งนี้เกิดอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก 30 วันหลังจากหยุดให้ Methomyl แสดงถึงผลกระทบต่อเนื่องอย่างเรื้อรัง (Mahgoub and El-Nedany, 2001)

7.2.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

- มีหลักฐานการเกิดพิษเรื้อรังในหนู rat (Wistar rat) ตัวผู้ น้ำหนักระหว่าง 150-200 g จากการศึกษาในกลุ่มทดลอง 8 ตัวและกลุ่มควบคุม 8 ตัว เมื่อให้ Methomyl ทางปาก 17 mg/kg/day เป็นเวลา 2 เดือน พบว่าทำให้ระดับ Testosterone ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และทำลาย seminiferous tubules ในลูกอัมชะ ทั้งนี้เกิดอย่างต่อเนื่องต่อไปอีก 30 วันหลังจากหยุดให้ Methomyl แสดงถึงผลกระทบต่อเนื่องอย่างเรื้อรัง (Mahgoub and El-Nedany, 2001)

7.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: Methomyl and effect and teratogenic จากการสืบค้นในทุกปีที่มีฐานข้อมูล

7.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic effect)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: Methomyl and effect and mutagenic จากการสืบค้นในทุกปีที่มีฐานข้อมูล

7.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน (Suspect genotoxic) เมื่อใช้ชุดทดสอบ MutatoxTM ที่ทดสอบจากกลไกการทำปฏิกิริยากับ DNA และมีผลทำให้เกิดการทำลาย DNA โดยมีค่า Lowest Detected concentration with positive genotoxic response (LDC) = 21.2 mg/L โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์ (Canna-micahelidou and Nicolaou, 1996)

- จากการศึกษาในหลอดทดลองเปรียบเทียบระหว่าง Methomyl ที่บริสุทธิ์และ Methomyl ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ (Technical formulation; Lannate 25) พบว่าทั้งสองชนิดทำให้เกิดฤทธิ์ที่คล้ายกันคือ ทำให้โครโมโซมคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น (Chromosome aberration) ทำลาย DNA และเพิ่มจำนวนของ micronuclei ทั้งนี้พบว่า Methomyl ในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดฤทธิ์มากกว่า Methomyl ที่บริสุทธิ์เมื่อใช้ในขนาดที่มีความเข้มข้นของ Methomyl เท่ากับ Methomyl ที่บริสุทธิ์ (Abstract: Bonatti et. al., 1994)

- จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง Methomyl ที่บริสุทธิ์และ Methomyl ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ (Technical formulation; Lannate 25) ในหนู Swiss CD1 โดยฉีดเข้าช่องท้อง (Intraperitoneally) พบว่าสารทั้ง 2 มีผลทำให้เกิดพิษต่อยีน จากการสังเกตพบการทำลาย DNA (Abstract: Bolognesi, et. al., 1994)

7.2.4.7 เกิดการก่อมะเร็ง (Carcinogenic effect)

- ไม่พบข้อมูลใน Entrez-Pubmed และ Sci. Direct จาก Key words: Methomyl and effect and Carcinogenic จากการสืบค้นในทุกปีที่มีฐานข้อมูล

7.2.4.8 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- พบว่าอาจมีพิษต่อม้ามในหนู rat ที่ได้กิน Methomyl เนื่องมาจากการเกิดการบาดเจ็บของ oxidative cells ในม้าม (Abstract : Lohitnavy and Sinhaseni, 1998)

- พบรายงานการเกิดพิษต่อหัวใจจากการได้รับ Methomyl โดยการฉีดพ่น ในเขตเมือง Andhra Pradesh โดยอาการหลังจากที่ได้สัมผัสสารหลังจากฉีดพ่น 5 วันคือ มีคลื่นหัวใจ T-wave ผิดปกติ และมี ECG ผิดปกติ (National Institute of Occupational Health)

7.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- Methomyl ถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วผ่านทางผิวหนัง ปอดและระบบทางเดินอาหาร แล้วถูกเมแทบอลิซึมในตับ ได้เมแทบอลิท์ที่ถูกกำจัดออกทางเหงื่อและทางปัสสาวะ (Kidd and James, 1991) แม้ว่าจะไม่พบการสะสมในร่างกายแต่อาจถูกเปลี่ยนโดยเอนไซม์อื่นนอกเหนือจากเอนไซม์ cholinesterases (U.S. National Library of Medicine, 1995)

7.2.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

7.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- Methomyl มีความเป็นพิษสูงต่อสัตว์ปีก (birds) ขนาดที่ทำให้เกิดพิษเฉียบพลันเมื่อ bobwhite quail ได้โดยการกิน (acute oral LD50) คือ 24.2 mg/kg (U.S. Environmental Protection Agency, 1987) ค่า LD50 เมื่อให้ไก่ (Hens) กินคือ 28 mg/kg โดยพบว่าการตายหมด 100 % หลังจากที่ได้รับ 10 นาที่ อาการที่พบคือน้ำตาไหล น้ำลายไหล อาจมีการชัก และหายใจผิดปกติ จากการศึกษาใน Japanese quail มีค่า LD50 เท่ากับ 34 mg/kg (U.S. Environmental Protection Agency, 1987) จากการศึกษาใน old mallards อายุ 8 เดือนเมื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของ Methomyl 90% มีค่า LD50 เท่ากับ 15.9 mg/kg ในไก่ฟ้าอายุ 4 เดือนมีค่า LD50 เท่ากับ 15.4 mg/kg (Tucker, 1970) ค่า LD50 ใน starlings เท่ากับ 42 mg/kg และใน red-winged blackbirds เท่ากับ 10 mg/kg (U.S. Environmental Protection Agency, 1987)

7.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- Methomyl มีความเป็นพิษปานกลางถึงสูงในปลา และในสัตว์น้ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีรายงานในปลา rainbow trout เท่ากับ 3.4 mg/L และใน bluegill sunfish 0.8 mg/L และขนาดที่ทำให้เกิดการตาย 50% (LC50) หลังจากได้รับสารเคมีเป็นเวลา 48 ชม ของ *Daphnia magna* (a small freshwater crustacean) เท่ากับ 0.0287 mg/L (Kidd and James, 1991)

7.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organism)

- Methomyl มีความเป็นพิษสูงต่อผึ้งเมื่อได้รับสารจากการสัมผัสหรือจากการกิน (U.S. Environmental Protection Agency, 1987) ค่า LD50 ของผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นของ Methomyl 90% เท่ากับ 11.0 ถึง 22.0 mg/kg ใน mule deer (Tucker, 1970) โดยอาการที่พบในสัตว์เหล่านี้คือ อาการครึ่งหลับครึ่งตื่น (drowsiness), น้ำลายไหล (drooling), ท้องเสีย และสั่น (Tucker, 1970)

7.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

7.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- Methomyl มีปริมาณเพียงเล็กน้อยในดิน มีค่าครึ่งชีวิต ประมาณ 14 วัน เพราะสามารถละลายได้ดีในน้ำ จึงมีสะสมในดินน้อยและเป็นสาเหตุหนึ่งที่พบ Methomyl มากในน้ำใต้ดิน Methomyl และพบว่า Methomyl ถูกสลายตัวอย่างรวดเร็วในดินที่มีเชื้อจุลินทรีย์ (Howard, 1991)

7.2.7.2 การสลายตัวในน้ำ (Breakdown in water)

- สารละลายน้ำของ Methomyl สามารถสลายตัวอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะที่มีอากาศ แสง หรือในสารละลายที่เป็นด่าง ค่าครึ่งชีวิตที่ผิวน้ำมีค่าประมาณ 6 วัน ในน้ำใต้ดินมีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 25 อาทิตย์ มีรายงานการศึกษาความคงตัวของ Methomyl ที่สภาวะต่างๆในน้ำพบว่าที่ pH 6.0, 7.0 and 8.0 Methomyl มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 54, 38, และ 20 สัปดาห์ ในน้ำสะอาด Methomyl มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 262 วัน (Howard, 1991)

7.2.7.3 การสลายตัวในพืช (Breakdown in vegetation)

- มีรายงานการศึกษาว่า Methomyl ถูกนำส่งจากรากไปทั่วต้นพืชโดยกระบวนการที่เรียกว่า "translocation" และพบว่า Methomyl เองมีอายุขัยสั้นในพืช (McEwen and Stephenson, 1979) และเมื่อถูกนำส่งไปยังใบจะมีค่าครึ่งชีวิต 3 ถึง 5 วัน (Kidd and James, 1991) จากการศึกษาในพืชพวก กระหล่ำพบว่าปริมาณตกค้างเหลืออยู่ 3% หลังจากที่มีการใช้ 1 สัปดาห์ [U.S. National Library of Medicine, 1995]

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ผลการดำเนินงานประจำปี พ.ศ. 2546 วิจัยและพัฒนาวิชาการเฉพาะด้าน. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลาน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลาน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลาน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลาน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลาน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)

กาญจนา นาตะพินธุ, คาริวรรณ เศรษฐธรรม และบัณฑิต ปิยะศิลป์. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช : กรณีศึกษาเส้นทางเดินของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลคอนหัน อำเภอมือง จังหวัดขอนแก่น. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.

วารุณี จิตอารี, สุรัตน์ หงษ์สืบสอง, คณินุช ลังกาการ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ. ประจำวันที่ 30 มิถุนายน 2547, หน้า 1. Cited in <http://www.thairat.co.th/> (Searched on July 17, 2004).

วิเชียร อันประเสริฐ. รายงานความก้าวหน้า เรื่อง ชุมชนไทยกับการใช้สารเคมีในภาคการเกษตร, มปป.

สมชาย แสงกิจพร, สุมล ปวีตรานนท์, รุ่งเรือง กิจผาติ. ไม่ปรากฏชื่อเรื่อง เอกสารอัดสำเนา. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงสาธารณสุข, 2547.

สายันต์ จินดาผาติ. ปริมาณสารเอนโดซัลแบนตกค้างในกะหล่ำปลี กรณีศึกษาอำเภอบ้านแท่น จังหวัดชัยภูมิ. สาธารณสุขศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542.

Bolognesi, C., Peluso, M., Degan, P., Rabboni, R., Munnia, A., Abbondandolo, A. Genotoxic effect of the carbamate insecticide, Methomyl. II. *In vivo* studies with pure compound and the technical formulation, "Lannate 25". *Environ. Mol. Mutagen.* 24(3):235-242, 1994. (Abstract)

Bonatti, S., Bolognesi, C., Degan, P., Abbondandolo, A. Genotoxic effects of the carbamate insecticide Methomyl. I. *In vitro* studies with pure compound and the technical formulation "Lannate 25". *Environ. Mol. Mutagen.* 23(4):306-311, 1994. (Abstract)

Buchholz, U., Mermin, J., Rios, R., Casagrande, T. L., Galey, F., Lee, M., Quattrone, A., Farrar, J., Nagelkerke, N., Werner, S. B. An outbreak of food-borne illness associated with Methomyl-contaminated salt. *JAMA.* 288(5):604-610, 2002. (Abstract)

Canna-Micahelidou, S., Nicolaou, A.-S. Evaluation of the genotoxicity potential (by Mutatox^{TN} test) of 10 pesticide found as water pollutants in Cyprus. *The Science of the Total Environment.* 193: 27-35, 1996.

EXTONET, Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

Gaines, T. B. Acute toxicity of pesticides. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2:88-99, 1969.

Gupta, R. C., Goad, J. T., Kadel, W. L. Energy related metabolic alterations in diaphragm muscle resulting from acute Methomyl toxicity. *Neurotoxicology.* 15(2): 321-330, 1994. (Abstract)

Howard, P. H. Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals: Pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1991. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

http://www.inchem.org/documents/pds/pds/pest55_e.htm (Search on April 8, 2004).

<http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/1208.pdf> (Searched on February 20, 2004).

Kidd, H. and James, D. R., Eds. The Agrochemicals Handbook, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, 1991. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

Lohitnavy, O., Sinhaseni, P. Increase in lactate dehydrogenase isoenzyme-4 and splenocyte toxicity in Methomyl-treated rats. Arh. Hig. Rada. Toksikol. 49(3):231-238, 1998. (Abstract)

Mahgoub, . A., El-Medany, A. H. Evaluation of chronic exposure of the male rat reproductive system to the insecticide Methomyl. Pharmacological Res. 44(2):73-80, 2001.

McEwen, F. L. and Stephenson, G. R. The Use and Significance of Pesticides in the Environment. John Wiley and Sons, Inc., New York, NY, 1979. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

National Institute of Occupational Health, Cited in <http://icmr.nic.in/000004/achievements3.htm> (Searched on April 12, 2004).

PAN, Cited in http://www.pesticideinfo.org/Detail_ChemReg.jsp?Rec_ID=PC35109 (Searched on April 9, 2004).

PSD's Review of OP and carbamate compounds. Cited in <http://www.pan-uk.org/press/17012000.htm>. (Searched on April 9, 2004).

Sinhaseni, P., Foongvidya, S., Tayaputch, N. Exposure evaluation is a crucial step for quantitative risk assessment of Methomyl. Arh. Hig. Rada. Toksikol. 46:301-306, 1995.

Tucker, R. Handbook of Toxicity of Pesticides to Wildlife. U.S. Department of Interior, Fish & Wildlife Service, Washington, DC, 1970. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

U.S. Environmental Protection Agency. Health Advisory Summary: Methomyl. Office of Drinking Water, Washington, DC, 1987. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

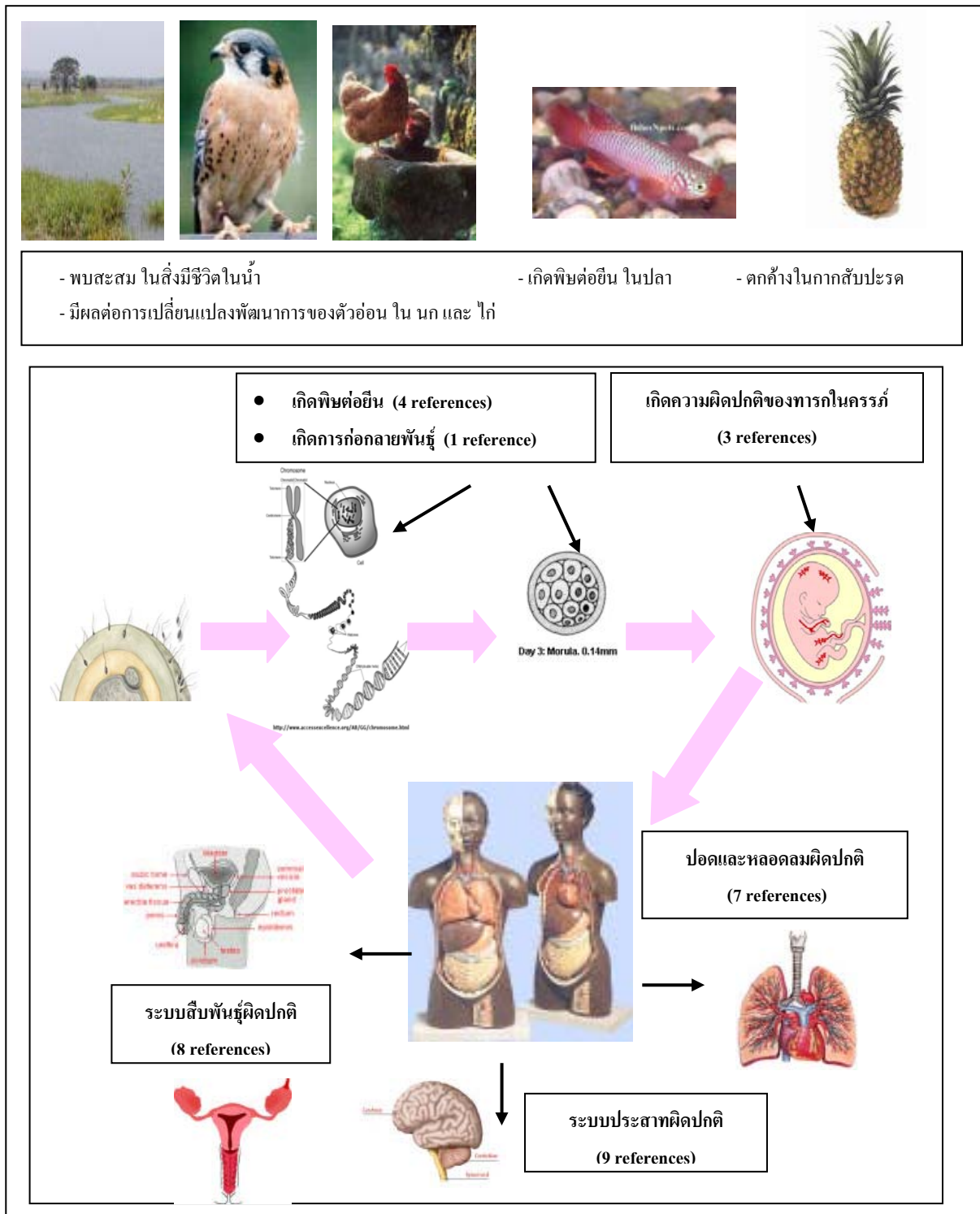
US Environmental Protection Agency, Cited in <http://www.epa.gov> (Searched on April 14, 2004).

U.S. National Library of Medicine. Hazardous Substances Databank. Bethesda, MD, 1995. Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/Methomyl.htm> (Searched on February 20, 2004).

บทที่ 8

สรุปผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Parathion methyl

จากการทบทวนวรรณกรรม โดยการสืบค้นข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 จนถึงปัจจุบัน พบว่า Parathion methyl มีผลต่อทุกขั้นตอนในวงจรชีวิตของสัตว์และต่อวงจรชีวิตในคน ดังแสดงตามรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 ผลกระทบต่อสุขภาพจากการใช้ Parathion methyl

8.1 บทสรุปสำหรับผู้บริหาร เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Parathion methyl

8.1.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ia (Organophosphate)
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา : UN Severely Hazardous Pesticide Formulations

8.1.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- **Banned** ในประเทศอินโดนีเซีย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา (PAN)
- ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้ (not registered for use) ในประเทศสหราชอาณาจักร (PAN)
- ไม่ยินยอมให้นำเข้า ในประเทศ มาเลเซีย สหภาพพม่า และแคนาดา (PAN)

8.1.3 ข้อมูลประเทศไทย

- ในพ.ศ. 2545 มีปริมาณนำเข้า 1,361,400 ก.ก. คิดเป็นมูลค่าประมาณ 117 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2545)
- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Parathion methyl ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักบุ้งจีน ลำไย แอปเปิ้ล ส้มเขียวหวาน ฝรั่ง พุทรา ชมพู องุ่น หัวหอม มะเขือเทศ (วารุณีและคณะ, 2546); ใช้น้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

8.1.4 ความเป็นพิษ

8.1.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน :

- ผลเฉียบพลันที่เกิดขึ้นจากการได้รับ Parathion methyl จะมีความคล้ายคลึงกับการได้รับยาฆ่าแมลงกลุ่ม Organophosphate กลุ่มอื่นๆ โดยมีอาการดังนี้ ตะคริว คัน เสียการทรงตัว ปวดศีรษะ วิงเวียน สั่น คลื่นไส้ ปวดเกร็งท้อง เหงื่อไหล ตาพร่ามัว หายใจลำบาก และหัวใจเต้นช้า เมื่อได้รับในขนาดสูงๆอาจเกิดอาการหมดสติ และชัก และอาจถึงตายได้ ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจหรือโรคตับจะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ Parathion methyl (US Public health service, 1995 Cited in EXTONET)

- พบหลักฐานของการเกิดพิษเฉียบพลันในกลุ่มคนที่ได้รับสาร Parathion methyl โดยทางอ้อม จากการอาศัยอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีการใช้ Parathion methyl (Azeroff and Neas, 1999)

8.1.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง :

- พบ mild cholinesterase inhibition เมื่อให้ Parathion methyl แก่อาสาสมัครในขนาด 24 , 26 และ 28 mg/คน/วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ และเมื่อให้ในขนาด 30 mg/คน/วัน จะพบ red blood cholinesterase activity ลดลง 37% (Gallo,1991 Cited in EXTONET)

8.1.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ :

- พบการผิดปกติในระบบสืบพันธุ์ของหนู (Abstract: Sortue and Kaliwal, 1999) นก (Abstract: Maitra and Sarkar, 1996) และ ปลา (Abstract: Ghosh et. al., 1990)

8.1.4.4 เกิดการวิรูปในทารก :

- ในนก และ ไข่ปลา (Abstract: Vernagy et. al., 1982)

8.1.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ :

- พบการเสริมฤทธิ์ (ประมาณ 2-4 เท่า) ของการเกิดการก่อกลายพันธุ์ของสารกลุ่ม heterocyclic amines (ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง พบในอาหารประเภทโปรตีนที่ผ่านการปรุงแล้ว) (Wagner, et. al., 2003)

8.1.4.6 เกิดพิษต่อยีน :

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน (genotoxic) เมื่อใช้ชุดทดสอบ MutatoxTM (Cannamichelidou and Nicolaou, 1996) และ มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีนในเชื้อ *Salmonella typhimurium* และ *E. coli* K-12 strain จากการวิเคราะห์ตัวอย่างจากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Rehana, Malik, and Ahmad, 1996) โดยทั้ง 2 การศึกษานี้ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์ได้
- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีนในปลาโดยส่งผลต่อการเปลี่ยนของโครโมโซมบ่งชี้ถึงการทำลายในระดับ DNA (Das and John, 1999)

8.1.4.7 เกิดพิษต่ออวัยวะ :

- พบอาการแสดงการเกิดพิษต่อระบบประสาทในสัตว์ทดลอง (Abstract: Garcia, et. al., 2003)

8.1.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย :

- ถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วในระบบทางเดินอาหารของไก่ พบว่า Parathion methyl จะถูกดูดซึมหลังจากการให้ 8 ชม. และไก่มีขบวนการเมแทบอลิซึมโดยเอนไซม์ Cytochrome P450 คล้ายในคน ดังนั้นข้อมูลนี้จึงสามารถทำนายการเกิดเมแทบอลิซึมในคนได้ (Abstract: Abu-Qare, et. al., 2001)

8.1.6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ :

- มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการของตัวอ่อน ใน นก และ ไข่ (Varnagy, 1999; Deli and Varnagy, 1985)
- ทำลายระบบสืบพันธุ์ในปลา (Abstract: Ghosh et. al., 1990) และ มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน ในปลา (Das and John, 1999)

8.1.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม :

- 8.1.7.1 ในดิน มีค่าครึ่งชีวิต เท่ากับ 1-30 วัน (Wauchope, et. al., 1992 Cited in EXTONET)

8.1.7.2 ในน้ำ พบค่าครึ่งชีวิตในน้ำเท่ากับ 8 วันในช่วงฤดูร้อนและ 38 วันในช่วงฤดูหนาว

(Howard, 1991 Cited in EXTONET)

8.1.7.3 พบปริมาณสาร Parathion methyl ตกค้างในกากสับประด จำนวน 0.052 มก. ต่อ ก.ก. ที่ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างสับประดจำนวน 50 ผล เพื่อวิเคราะห์สารตกค้าง ในเวลา 60 วัน นับจากให้ Parathion methyl ครั้งสุดท้าย (Cabrera, et. al, 2000) แต่คนมักจะกินก่อน 60 วัน ดังนั้นปริมาณสารตกค้างย่อมมากกว่า 0.052 มก. ต่อ ก.ก.

8.2 รายละเอียด เรื่อง ผลกระทบต่อสุขภาพของ Parathion methyl

8.2.1 การจัดระดับความเป็นพิษ

- ระดับความเป็นพิษจัดโดยองค์การอนามัยโลก : Ia อยู่ในกลุ่ม Organophosphate ลักษณะผลึกคล้ายน้ำตาลทราย สีขาว ถึง สีเหลืองน้ำตาล มีกลิ่นกระเทียม อาจพบในรูปแบบสารละลายผสม xylene หรือ ผงเปียก
- ระดับความเป็นพิษจัดโดยสหรัฐอเมริกา: UN Severely Hazardous Pesticide Formulations

8.2.2 สถานการณ์ในต่างประเทศ

- Banned ในประเทศอินโดนีเซีย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา (PAN)
- ไม่มีการขึ้นทะเบียนการใช้ (not registered for use) ในประเทศสหราชอาณาจักร (PAN)
- ไม่ยินยอมให้นำเข้า ในประเทศ มาเลเซีย สหภาพพม่า และแคนาดา (PAN)

8.2.3 ข้อมูลประเทศไทย

ตารางที่ 8.1 ปริมาณนำเข้าและมูลค่านำเข้า Parathion methyl

ปี พ.ศ.	ปริมาณนำเข้า(กก.)	มูลค่านำเข้า(บาท)
2540	845,583	72,724,154
2541	1,327,750	145,407,282
2542	1,426,050	135,563,871
2543	288,000	42,813,198
2544	1,382,925	117,731,074
2545	1,361,400	117,095,385

ที่มา สรุปข้อมูลนำเข้าวัตถุดิบทางการเกษตร พ.ศ. 2540-2545 ,กรมวิชาการเกษตร

- ชื่อทางการค้า : Metacid-50 (Ghosh, et. al., 1990), Wofatox 50 EC (Vernagyl, 1993), Folidol 600 (Cabrera, et. al, 2000), โฟลิคอน ดี 605, ประดู่ทอง 3.5.9 , โฟลิคอน เอ็ม 50อี 605 , โฟลิคอน , พาราเมท , พาราไรออน เมริล (กาญจนาและคณะ, 2547)
- คุณภาพของ Parathion methyl โดยการสุ่มตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากแหล่งจำหน่ายทั่วไป มาตรวจสอบพบว่า ผลิตภัณฑ์สารป้องกันกำจัดแมลง Parathion Methyl 117 ตัวอย่าง มีการระบุวันผลิตที่ชัดเจน 95 ตัวอย่าง หรือ 81.2 % ปริมาณสารออกฤทธิ์พบว่าผิดมาตรฐาน 39% (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

- ผักและผลไม้ ที่ปลูกโดยใช้ Parathion methyl ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักบุ้งจีน ตำลึง แอบเปิ้ล ส้มเขียวหวาน ฝรั่ง พุทรา ชมพู องุ่น หัวหอม มะเขือเทศ (วารุณีและคณะ, 2546); คะน้า (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

8.2.4 ความเป็นพิษ (Toxicological effects)

8.2.4.1 เกิดพิษเฉียบพลัน (Acute toxicity)

- Parathion methyl มีความเป็นพิษสูงเมื่อให้ทางปากโดยมีรายงานค่า oral lethal dose 50 เท่ากับ 6-50 mg/kg ในหนู rat, 14.5-19.5 mg/kg ในหนู mice, 420 mg/kg ในกระต่าย, 1270 mg/kg ในหนู Guinea pig และ 90 mg/kg ในสุนัข (Gallo, 1991; Kidd, 1991 Cited in EXTONET) นอกจากนี้ยังมีความเป็นพิษสูงต่อผิวหนังโดยมีรายงานค่า Dermal LD50 เท่ากับ 67 mg/kg ในหนู rat, 1200 mg/kg ในหนู mice และ 300 mg/kg ในกระต่าย (Gallo, 1991; Kidd, 1991 Cited in EXTONET) ค่า Lethal concentration จากการสูดดม Parathion methyl เป็นเวลา 1 ชม. ในหนู rat เท่ากับ 0.24 mg/L (Gallo, 1991 Cited in EXTONET)

- ผลเฉียบพลันที่เกิดขึ้นจากการได้รับ Parathion methyl จะมีความคล้ายคลึงกับการได้รับยาฆ่าแมลงกลุ่ม Organophosphate กลุ่มอื่นๆ (US Public health service, 1995 Cited in EXTONET) โดยมีอาการดังนี้ ตะคริว (numbness) คัน (tingling sensation) เสียการทรงตัว (Inco-ordination) ปวดศีรษะ วิงเวียน ตัน คลื่นไส้ ปวดเกร็งท้อง เหงื่อไหล ตาพร่ามัว หายใจลำบาก และหัวใจเต้นช้า เมื่อได้รับในขนาดสูงๆ อาจเกิดอาการหมดสติ และชัก และอาจถึงตายได้ ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบหายใจหรือโรคตับจะมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับ Parathion methyl (US Public health service, 1995 Cited in EXTONET)

- พบมีผลยับยั้ง Erythrocyte acetylcholinesterase enzyme ในชาวนา 27 คน ที่ฉีดพ่น Parathion methyl (exposure time 2 ชม.) ในปริมาณ 0.35 ± 0.07 % by vol. ที่เวลา 0 ชม. หลังจากรีดพ่นสารนาน 2 ชม. พบการทำงานของเอนไซม์ Erythrocyte acetylcholinesterase ต่ำกว่าก่อนฉีดพ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่เวลาผ่านไป 1 ชม. หลังจากรีดพ่นสารนาน 2 ชม. มีการทำงานของ enzyme activity สูงกว่าที่เวลา 0 ชม. แสดงถึงการ recover ของ enzyme activity แต่ทั้งนี้ ระดับของ enzyme activity ที่เวลาผ่านไป 1 ชม. ยังต่ำกว่าก่อนฉีดพ่นสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อนึ่ง ระดับ Erythrocyte acetylcholinesterase enzyme ใช้เป็น biomarker ในการตรวจวัดการสัมผัส Parathion methyl หรือสารกลุ่ม organophosphate ในปริมาณมาก (He, et. al., 2002)

- พบหลักฐานของการเกิดพิษเฉียบพลันในกลุ่มคนที่ได้รับสาร Parathion methyl โดยทางอ้อม จากการอาศัยอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีการใช้ Parathion methyl เช่น เด็ก และผู้หญิง ที่ไม่ได้ทำงานในไร่ โดยทำการสอบถามอาการที่เกิดขึ้นในระยะเวลา 2 สัปดาห์ หลังจากที่มีการใช้ Parathion methyl ในบริเวณที่อยู่อาศัย พบความเสี่ยงของการเกิดอาการผิดปกติของสมาชิกในครอบครัวเปรียบเทียบกับผู้ที่ใช้ Parathion methyl โดยตรง จำนวน 247 คน สรุปได้ดังนี้ เกิดตะคริวที่แขนและขา (Odd ratio

= 2.1, 95%CI=1.2-3.7) จุกเสียด แน่นหน้าอก (Odd ratio = 2.3, 95%CI=1.3-4.0) ขับถ่ายผิดปกติ (Odd ratio = 2.3, 95%CI=1.3-4.1) มึนงง (Odd ratio = 2.4, 95%CI=1.3-4.4) น้ำตาไหล (Odd ratio = 2.5, 95%CI=1.4-4.5) (Azeroff and Neas, 1999)

- การศึกษาประเมินความเสี่ยงจากการใช้ Parathion Methyl ในผักคะน้า (กรมวิชาการเกษตร, 2546) โดยการศึกษาในแปลงปลูกผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารพิษ Parathion Methyl ในอัตรา 40 ซีซี ต่อ น้ำ 20 ลิตร รวม 4 ครั้ง ทุก 7 วัน เพื่อหาข้อมูลในกรณีที่มีการใช้วัตถุมีพิษชนิดนี้อย่างเต็มที่ (worst case scenario) โดยฉีดพ่นครั้งแรกเมื่อผักอายุ 4 สัปดาห์ การปลูกผักคะน้าครั้งนี้เกษตรกรเก็บผักขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อผักอายุ 4 , 6 และ 7 สัปดาห์ หรือ ระยะคะน้า คะน้าต้น และคะน้าใหญ่ ตามลำดับ ผลการศึกษาความเสี่ยงภัย ดังนี้

1) ปริมาณพิษปนเปื้อนบนร่างกายพบว่า การฉีดพ่น ทั้ง 4 ครั้ง ทั้งผู้ฉีดพ่นและผู้ช่วยถือสายยางในการพ่นมีความเสี่ยงภัยสูง เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน

2) ความเสี่ยงภัยจากผู้ฉีดพ่น โดยการวัดระดับการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase [AChE Activity] ในเลือด ก่อนและหลังการฉีดพ่น 3 ครั้ง พบว่า ในการปฏิบัติงานผู้ฉีดพ่นและผู้ถือสายยางจะได้รับสารนี้เข้าสู่ร่างกาย

3) ความเสี่ยงภัยจากการบริโภคคะน้า โดยการตรวจวัดระดับสารพิษตกค้าง Parathion Methyl ที่ระยะเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 0 –7 วัน พบว่า การกินลูกคะน้าอายุ 4 สัปดาห์ หลังการพ่น 0-2 วัน จะได้รับปริมาณสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงกว่าค่า Acceptable Daily Intake (ADI) ของ Parathion Methyl มาก คิดเป็น 198-1570 เปอร์เซ็นต์ของ ค่า ADI จัดได้ว่าเป็นระดับที่มีความเสี่ยงภัยสูงมากต่อผู้บริโภค

8.2.4.2 เกิดพิษเรื้อรัง (Chronic toxicity)

- เมื่อให้ Parathion methyl ในสุนัขปริมาณ 1.25 mg/kg นาน 12 สัปดาห์ พบการกดเซลล์เม็ดเลือดแดงและเอ็นไซม์ plasma cholinesterase อย่างมีนัยสำคัญ (Gallo,1991 Cited in EXTONET)

- พบ mild cholinesterase inhibition เมื่อให้ Parathion methyl แก่อาสาสมัครในขนาด 24 , 26 และ 28 mg/คน/วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในขนาด 30 mg/คน/วัน จะพบ red blood cholinesterase activity ที่ลดลง 37% (Gallo,1991 Cited in EXTONET)

8.2.4.3 เกิดความผิดปกติต่อระบบสืบพันธุ์ (Reproductive effect)

-จากการให้ Parathion methyl แก่ Albino rat ขนาด 1.5-3 mg/kg body weight (Graded dose) เป็นเวลา 15 วันนับจากวัน estrus พบว่า Parathion methyl มีผลทำให้เกิดการผิดปกติของ duration ของแต่ละ Estrous cycle (Abstract: Sortue and Kaliwal, 1999)

- พบข้อมูลเกี่ยวกับการสะสมของ Parathion methyl ใน aquatic organism ได้แก่ reproductive tissues ของพืช และ unborn progeny ในสัตว์ ซึ่งอาจมีผลต่อการเติบโตของไข่ (Egg viability) ทั้งในพืชและสัตว์เหล่านี้ต่อไป (Abstract: De La Vega Salazar et. al., 1997)

- จากการให้สัตว์ตระกูลนก (Adult male whitethroated munias; *Lonchura malabarica* (Aves; Passeriformes)) กิน Parathion methyl ในขนาด 5, 10, 20 mcg/100 g body weight/day (graded sublethal doses) เป็นเวลา 1, 5, 10 วัน ในระยะที่นกอยู่ในช่วง peak reproductive activity ของ Annual gonadal cycle พบว่า paired testicular weight ลดลงหลังจากให้ Parathion methyl ในขนาด 10 และ 20 mcg เป็นเวลา 10 วัน และพบ Tubules ที่มี healthy germ cells มี จำนวนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ หลังจากได้รับ Parathion methyl เพียง 1 ครั้งในขนาด 5 mcg/100 g body weight ดังนั้นจากการศึกษาใน passeriform birds นี้สรุปได้ว่า การได้รับ Parathion methyl มีอันตรายต่อ male gametogenic function และ Parathion methyl มีฤทธิ์ antagonistic activity เพราะไปลด Cholinergic function ในสมองและ/หรือใน testes (Abstract: Maitra and Sarkar, 1996)

- จากการศึกษานาปลา (*Channa punctatus*) พบว่า Parathion methyl มีผลลด gonadotropic hormone ใน serum และมีผลลดปริมาณ Pituitary gonadotropic hormone และ Gonadotropin-releasing hormone activity อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้ในขนาด nonlethal dose ดังนั้นการศึกษานี้ได้สรุปได้ว่า Parathion methyl มีฤทธิ์เพียงพอที่จะทำให้เกิด reproductive damage จากหลักฐานการเกิด homeostatic imbalance ของระบบ Reproductive regulatory system (Abstract: Ghosh et. al., 1990)

8.2.4.4 เกิดการวิรูปในทารก (Teratogenic effect)

- พบ 2 รายงานจากการค้น Entrez-Pubmed ที่ระบุผลต่อการเกิด teratogenic effect ใน Japanese quail ซึ่งเป็นสัตว์ประเภทนกและใน Pheasant embryo (ไก่ฟ้า) โดยมีผลต่อระบบ ostreal และ ระบบ muscular system (Abstract: Vernagy, 1981; Vernagy, et. al., 1982)

8.2.4.5 เกิดการก่อกลายพันธุ์ (Mutagenic effect)

- พบการเสริมฤทธิ์ ประมาณ 2-4 เท่า และเพิ่มการเกิด metabolite ของ Parathion methyl ที่เกิดจาก microsomal enzyme) ของการเกิดการก่อกลายพันธุ์ของสารกลุ่ม heterocyclic amines (ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง พบในอาหารประเภทโปรตีนที่ผ่านการปรุงแล้ว) ได้แก่ 2-acetoxyacetylaminofluorene (2AAAF), 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo (4,5-b) (PhIP), 2-amino-3-methylimidazo-(4,5-f) quinoline (IQ) (Wagner, et. al., 2003)

8.2.4.6 เกิดพิษต่อยีน (Genotoxic effect)

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน (Suspect genotoxic) เมื่อใช้ชุดทดสอบ MutatoxTM ที่ทดสอบจากกลไกการทำปฏิกิริยากับ DNA และมีผลทำให้เกิดการทำลาย DNA โดยมีค่า Lowest detected concentration with positive genotoxic response (LDC) = 25 microgram/L (Cannamicahelidou and Nicolaou, 1996) โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีนในเชื้อ *Samonella typhimurium* และ *E. coli* K-12 strain จากการวิเคราะห์ตัวอย่างจากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (Ganga river at Narora) ซึ่งมีปริมาณ Parathion methyl ตกค้าง 0.41 ppb (หรือ 0.00041 ppm) (Rehana, Malik, and Ahmad, 1996) โดยการศึกษาที่ใช้แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ (Ames test) ในการนำไปใช้ทำนายโอกาสในการเกิดพิษต่อยีนในมนุษย์

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีนในปลา (*Etropolis sulatensis* (Bloch)) โดยส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนของโครโมโซมบ่งชี้ถึงการทำลายในระดับ DNA จากการศึกษ *in vivo* ที่ความเข้มข้น 0.05 – 0.2 ppm. ในระยะเวลา 96 ชม. (Das and John, 1999)

8.2.4.7 เกิดพิษต่ออวัยวะ (Organ toxicity)

- พบอาการแสดงการเกิดพิษต่อระบบประสาทในสัตว์ทดลอง (Abstract: Garcia, et. al., 2003)

8.2.5 กระบวนการเปลี่ยนแปลงในร่างกาย (Fates)

- กระบวนการเปลี่ยนแปลง Parathion methyl ในหนู rat พบว่าถูก metabolite ได้สาร methylparaoxon ที่จะจับกับ acetylcholinesterase ทำให้เกิดอาการ ดังนี้ ปวดหัว ชัก อาการหายใจขัด กล้ามเนื้ออ่อนแรง และตายในที่สุด methylparaoxon จะเปลี่ยนเป็น dimethylthiophosphate, dimethylphosphate, *p*-nitrophenol ซึ่ง *p*-nitrophenol อาจจะอยู่ในรูปอิสระ หรือเกิดปฏิกิริยาควบคู่กับ glucuronide หรือ sulfate ester ซึ่งสารเหล่านี้จะถูกขับออกทางปัสสาวะ (cited in Barr, et. al., 2002)

- Parathion methyl ถูกดูดซึมอย่างรวดเร็วในระบบทางเดินอาหารของไก่ หลังจากที่ได้รับ ด้วยวิธีการกินในขนาดความเข้มข้น 2 มก./กก./วัน ซึ่งเป็นขนาดที่เท่ากับ 14% ของ Lethal dose ใน male rats พบว่าหลังจากการให้ 8 ชม. จะถูกดูดซึม และแพร่กระจายไปที่ plasma เท่ากับ 189.2 ng/ml of plasma ในตับเท่ากับ 94.7 ng/g fresh tissues ในไตเท่ากับ 146.2 ng/g fresh tissues ในสมองเท่ากับ 61.4 ng/g fresh tissues และที่ระบบทางเดินอาหารเท่ากับ 106.7 ng/g fresh tissues และพบ metabolite ของ Parathion methyl คือ *p*-nitrophenol ในตับและไตเท่านั้น ในการขับออกของสาร (excrete) Parathion methyl จาก plasma มีค่าครึ่งชีวิตของการขับออกเท่ากับ 17.5 ชม. และมีอัตราการกำจัดสาร (Elimination rate) เท่ากับ 0.039 ng/hr. โดย Parathion methyl จะถูกขับออกทาง fecal-urine 98% โดย อยู่ในรูป non-conjugated form เท่ากับ 13% และ conjugated form เท่ากับ 87% ของ Total excretion จาก 87% ที่ขับออกจะเป็น *p*-nitrophenol glucuronidation conjugate 6%, *p*-nitrophenol sulfate conjugate 7%, bound hot sulfuric hydrolyzable residue 23% และ water soluble metabolites 51% ดังนั้นการที่จะทดสอบหาสารที่ตกค้างจาก Parathion methyl โดยทดสอบหาปริมาณ *p*-nitrophenol ที่ อยู่ในรูปอิสระ ไม่ใช่อยู่นิรูป bound form จะทำให้ทราบปริมาณสารที่น้อยกว่าความเป็นจริง และไก่ มีขบวนการเมแทบอลิซึมโดยเอนไซม์ Cytochrom P450 คล้ายในคน ดังนั้นข้อมูลนี้จึงสามารถทำนาย การเกิดเมแทบอลิซึมในคนได้ (Abstract: Abu-Qare, et. al., 2001)

- ค่าครึ่งชีวิตในสุนัข และไก่ เท่ากับ 7-17 ชม. (cited in Barr, et. al., 2002)

8.2. 6 ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ (Ecological effects)

8.2.6.1 ผลกระทบต่อนก (Effects on birds)

- มีหลักฐานพบผลของ Parathion methyl ต่อระยะฟักไข่เป็นตัว (Hatching period) ในสัตว์ปีก (Avian embryo) เช่น ไก่ฟ้า (Pheasant) นกกระทา quail ไก่ (Hens) จากการทดลองฉีดสารในไข่ในบริเวณที่เป็นอากาศ (air space) หรือจากการจุ่มไข่ของสัตว์ดังกล่าว (Immersion techniques) พบว่าสารมีผลต่อการพัฒนาการของตัวอ่อน (embryo) โดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของพยาธิสรีรวิทยาและลักษณะของตัวอ่อน (Pathophysiological and morphological changes) (Varnagy, 1999)

- มีหลักฐานพบผลของ Parathion methyl ต่อการเกิด cervical muscle atrophy ในตัวอ่อนไก่ฟ้า (Pheasant embryo (Varnagy, 1993) และ cervical lordosis and scoliosis, cylosis, and sporadic thoraco-gastroschisis) (Deli and Varnagy, 1985)

- พบหลักฐานการยับยั้งสมอง และ plasma cholinesterase activity ทำให้เกิด hyperglycemia และมีระดับ corticosterone ในพลาสมาเพิ่มขึ้น ในสัตว์ปีกชนิด American kestrel (*Falco sparverius*) ที่ความเข้มข้นเฉลี่ย (mean lethal dose) เท่ากับ 3.08 mg/kg (Rattner and Franson, 1984)

- มีรายงานผลของ Parathion methyl ต่อ reproductive system ในนก (White et. al., 1982)

8.2.6.2 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Effects on aquatic organisms)

- พบการสะสมของ Parathion methyl ใน aquatic organism ใน reproductive tissues (Plants) และใน unborn progeny (animals) ซึ่งอาจมีผลต่อการอยู่รอดของไข่ (Egg viability) ของ aquatic organism เหล่านี้ (Abstract: De La Vega Salazar et. al., 1997)

- จากการศึกษานาปลา (*Channa punctatus*) พบว่า Parathion methyl มีผลลด gonadotropic hormone ใน serum และมีผลลดปริมาณ Pituitary gonadotropic hormone และ Gonadotropin-releasing hormone activity อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อให้ในขนาด nonlethal dose ดังนั้นการศึกษานี้ได้สรุปไว้ว่า Parathion methyl มีฤทธิ์เพียงพอที่จะทำให้เกิด reproductive damage จากหลักฐานการเกิด homeostatic imbalance ของระบบ Reproductive regulatory system (Abstract: Ghosh et. al., 1990)

- มีหลักฐานการเกิดพิษต่อยีน ในปลา (*Etioplus sulatensis* (bloch)) โดยส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมบ่งชี้ถึงการทำลายในระดับ DNA จากการศึกษานี้ *in vivo* ที่ความเข้มข้น 0.05 – 0.2 ppm. ในระยะเวลา 96 ชม. (Das and John, 1999)

- การศึกษาประเมินความเสี่ยงจากการใช้ Parathion Methyl ในผักคะน้า (กรมวิชาการเกษตร, 2546) โดยการศึกษาในแปลงปลูกผักคะน้า ฉีดพ่นสารพิษ Parathion Methyl ในอัตรา 40 ซี

ซี ต่อ น้ำ 20 ลิตร รวม 4 ครั้ง ทุก 7 วัน หาข้อมูลในกรณีที่มีการใช้วัตถุมีพิษชนิดนี้อย่างเต็มที่ (worst case scenario) โดยฉีดพ่นครั้งแรกเมื่อผักอายุ 4 สัปดาห์ การปลูกผักคะน้าครั้งนี้เกษตรกรเก็บผักขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อผักอายุ 4 , 6 และ 7 สัปดาห์ หรือ ระยะลูกคะน้า ค่น้ำต้น และคะน้าใหญ่ ตามลำดับ ผลกระทบของ Parathion Methyl ต่อปลาที่เลี้ยงในร่องน้ำ ในแปลงคะน้า โดยวัดระดับ เอนไซม์ AchE Activity ในสมองปลา ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังฉีดพ่นสารในแปลงคะน้า พบว่า หลังจากการฉีดพ่น ในคะน้า อายุ 4 สัปดาห์ แล้ว 1 วัน ระดับการทำงานของเอนไซม์ AchE Activity ถูกยับยั้งเท่ากับ 77 % และมี ปลาตายลอยอยู่ในกระชังข้างละ 2-3 ตัว ส่วนการการฉีดพ่นเมื่อ ผักคะน้าอายุ 6 สัปดาห์ พบว่าหลังการฉีดพ่น 1 และ 3 วัน เอนไซม์ AchE activity ถูกยับยั้ง 77 – 86 % หลังจากฉีดพ่น 1 วันมีปลาตายลอยในกระชังข้างละ 1-3 ตัว ปลาบางตัวที่นำมาวิเคราะห์มีแผล บริเวณลำตัว

8.2.6.3 ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Effects on other organisms)

- เป็นพิษต่อผึ้ง (Kidd, 1991 Cited in EXTONET)

8.2.7 การสลายตัวในสิ่งแวดล้อม (Environmental fates)

8.2.7.1 การสลายตัวในดินและน้ำใต้ดิน (Breakdown in soil and ground water)

- Low persistence ในดิน มีค่า field half- lifes เท่ากับ 1-30 วัน (Wauchope, et. al., 1992 Cited in EXTONET)

8.2.7.2 การสลายตัวในน้ำ (Breakdown in water)

- พบค่าครึ่งชีวิตในน้ำเท่ากับ 8 วันในช่วงฤดูร้อนและ 38 วันในช่วงฤดูหนาว (Howard, 1991 Cited in EXTONET)

- การศึกษาประเมินความเสี่ยงจากการใช้ Parathion Methyl ในผักคะน้า (กรมวิชาการ เกษตร, 2546) โดยการศึกษาในแปลงปลูกผักคะน้าที่ฉีดพ่นสารพิษ Parathion Methyl ในอัตรา 40 ซีซี ต่อ น้ำ 20 ลิตร รวม 4 ครั้ง ทุก 7 วัน เพื่อหาข้อมูลในกรณีที่มีการใช้วัตถุมีพิษชนิดนี้อย่างเต็มที่ (worst case scenario) โดยฉีดพ่นครั้งแรกเมื่อผักอายุ 4 สัปดาห์ การปลูกผักคะน้าครั้งนี้เกษตรกรเก็บ ผักขายได้ 3 ครั้ง คือ เมื่อผักอายุ 4 , 6 และ 7 สัปดาห์ หรือ ระยะลูกคะน้า ค่น้ำต้น และคะน้าใหญ่ ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์น้ำ ดินและตะกอน การสลายตัวของสารพิษ พบว่า Parathion Methyl มีค่า half life ในน้ำ 1.09 วัน ใน ดิน 4.85 วัน

- การปนเปื้อนของวัตถุมีพิษที่อยู่ในรายการเฝ้าระวังใน แม่น้ำสายหลักในภาคกลาง โดยสุ่มตัวอย่างจากแม่น้ำเจ้าพระยา 17 จุด แม่น้ำท่าจีน 14 จุด และ แม่น้ำแม่กลอง 10 จุด จำนวน 3 ครั้ง พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยา พบว่ามีสารตกค้าง Parathion Methyl ระหว่าง 0.01- 0.014 ไมโครกรัม / ลิตร บริเวณที่พบอยู่ในเขตจังหวัดอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี และ ชัยนาท แม่น้ำท่าจีน พบสารตกค้าง ของ Parathion Methyl ระหว่าง 0.02-0.05 ไมโครกรัม / ลิตร ส่วนแม่น้ำแม่กลองตรวจไม่พบสารพิษ ตกค้างในแม่น้ำ (กรมวิชาการเกษตร, 2546)

8.2.7.3 การสลายตัวในพืช (Breakdown in vegetation)

- จากการศึกษาระดับสารตกค้างในไร่สับปะรดขนาด 15 hectares โดยปลูกสับปะรดจำนวน 31,250 ต้นต่อ hectares และมีการใช้ Parathion methyl จำนวน 7 ครั้ง (หลังจากปลูก 4 ครั้ง และ หลังจากออกดอก 3 ครั้ง) ร่วมกับการทำการ irrigate ทุก 10 วัน หลังจากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรดจำนวน 50 ผล เพื่อวิเคราะห์สารตกค้าง ในเวลา 60 วันนับจากให้ Parathion methyl ครั้งสุดท้าย พบปริมาณสาร Parathion methyl ตกค้างในกากสับปะรด จำนวน 0.052 mg per kg ของสับปะรดทั้งผล แต่ไม่พบในเนื้อสับปะรด (Codex ระบุไม่เกิน 0.2 mg per kg) (Cabrera, et. al, 2000)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ผลการดำเนินงานประจำปี พ.ศ. 2546 วิจัยและพัฒนาวิชาการเฉพาะด้าน. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2540. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2541. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2542. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2543. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2544. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. สรุปข้อมูลมูลน้ำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร พ.ศ. 2545. (เอกสารอัดสำเนา)

กรมวิชาการเกษตร.การกำหนดค่าปริมาณสูงสุดของสารตกค้าง (MRLs) ในผลิตผลการเกษตร ผลการดำเนินงานประจำปี 2546 วิจัยและพัฒนาวิชาการเฉพาะด้าน. หน้า 6-13 และ 224, 2546.

กาญจนา นาถะพินธุ, คาริวรรณ เศรษฐีธรรม และบัณฑิต ปิยะศิลป์. การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพในการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช : กรณีศึกษาเส้นทางเดินของสารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่ตำบลดอนหัน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข, 2547.

วารุณี จิตอารี , สุรัตน์ หงษ์สืบสอง , คณินุช ลังกาการ. สถานการณ์สารเคมีทางการเกษตรในเขตภาคเหนือของประเทศไทย.สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข, 2546.

- Abu-Qare, A. W., Abdel-Rhaman, A. A., Ahmed, H., Kishk, A. M., Abou-Donia, M. B. Absorption, distribution, metabolism, and excretion of daily oral doses of [¹⁴C]Parathion methyl in hens Toxicol. Lett. 125(1-3):1-10, 2001. (Abstract)
- Azaroff, L.F., Neas, L.M. Acute health effects associated with nonoccupational pesticide exposure in rural El Salvador. Environmental Research Section A. 80:158-164, 1999.
- Barr, D.B., Turner, W.E., DiPietro, E., McClure, P.C., Baker, S.E., Barr, J.R., Gehle, K., Grissom, R.E.Jr., Bravo, R., Driskell, W.J., Patterson, D.G.Jr., Hill, R.H.Jr., Needham, L.L., Prikle, J.L., Sampson, E.L. Measurement of *p*-nitrophenol in the urine of residents whose homes were contaminated with Parathion methyl. Environmental Health Perspectives. 110 S6:1085-1091, 2002.
- Canna-Micahelidou, S., Nicolaou, A.-S. Evaluation of the genotoxicity potential (by Mutatox^{TN} test) of 10 pesticide found as water pollutants in Cyprus. The Science of the Total Environment. 193: 27-35, 1996.
- Carbrera, H.A.P., Menezes, H.C., Oliveira, J.V., Batista, R.F.S. Evaluation of residual levels of Benomyl, Parathion methyl, Diuron and Vamidothion in Pineapple Pulp and Bagasse (Smooth Cayenne). J. Agric. Food Chem. 48:5750-5753, 2000.
- Das, P., John, G. Induction of sister chromatid exchanges and chromosome aberrations *in vivo* in *Etroplus suratensis* (Bloch) following exposure to organophosphorus pesticides. Toxicology Letters. 104:111-116, 1999.
- De La Vega Salazar, M.Y., Tabche, L. M., Garcia, C. M. Bioaccumulation of Parathion methyl and its toxicology in several species of the fresh water community in Ignacio Ramirez dam in Mexico. Ecological. Environ. Saf. 38(1):53-62, 1997. (Abstract)
- Deli, E., Varnagy, L. Teratological examination of Wofatox 50 EC (50%Parathion methyl) on pheasant embryo. Anat. Anz. 158(3):237-240, 1985.
- EXTONET, Cited in <http://extoxnet.orst.edu/pips/methylparathion.htm> (Searched on February 19, 2004).
- Gallo, M. A., Lawryk, N. J. Organic phosphorus pesticides. In Handbook of Pesticide Toxicology. Hayes, W. J., Jr. and Laws, E. R., Jr., Eds. Academic Press, New York, NY, 1991.
- Garcia, S.J., Abu-Qare, A. W., Meeker-O'Connell, W. A., Borton, A. J., Abou-Donia, M.B. Parathion methyl: a review of health effect. J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev. 6(2):185-210, 2003. (Abstract)

- Ghosh, P., Bhattacharya, S., Bhattacharya, S. Impairment of the regulation of gonadal function in *Channa punctatus* by metacid-50 and carbaryl under laboratory and field conditions. Biomed. Environ. Sci. 3(1):106-112, 1990. (Abstract)
- He, B., Chen, S., Tang, X., Gan, W., Tao, B., Wen, B. Biological monitoring if combined exposure to organophosphates and pyrethroids. Toxicological Letters 134:119-124, 2002.
- Howard, P. H., Ed. Handbook of Environmental Fate and Exposure Data for Organic Chemicals. Vol 3: Pesticides. Lewis Publishers, Chelsea, MI, 1991.
- Kidd, H. and James, D. R., Eds. The Agrochemicals Handbook, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, 1991 (as updated).
- Maitra, S. K., Sarkar, R. Influence of Parathion methyl on gametogenic and acetylcholinesterase activity in the testis of whitethroated munia (*Lunchura malabarica*). Arch. Environ. Contam. Toxicol. 30(3):384-389, 1996. (Abstract)
- PAN, Cited in http://www.pesticideinfo.org/Detail_ChemReg.jsp?Rec_ID=PC35110 (Searched on April 9, 2004).
- Rattner, B. A., Franson, J. C. Parathion methyl and fenvalerate toxicity in American kestrels: acute physiological responses and effects of cold. Can. J. Physiol. Pharmacol. 62(7):787-792, 1984.
- Rehana, Z., Malik, A., Ahmad, M. Genotoxicity o the Ganges water at Narora (U.P.), India. Mutation Research. 367:187-193, 1996.
- Sortue, S.M., Kaliwal, B.B. Effects of Parathion methyl formulation on estrous cycle and reproductive performance in albino rats. Indian J. Exp. Biol. 37(2):176-178, 1999. (Abstract)
- U.S. Public Health Service. Hazardous Substance Data Bank. Washington, DC, 1995.
- Varnagy, L. Teratogenicity testing of Parathion 20 WP, Methylparathion 18 WP and Wofatox 50 EC in Japanese quail embryos by egg immersion technique. Acta. Vet. Acad. Sci. Hung. 29(1):85-90, 1981. (Abstract)
- Varnagy, L., Imre, R., Fancis, T., Hadhazy, A. Teratogenicity of parathion methyl 18 WP and Wofatox 50 EC in Japanese quail and pheasant embryos, with particular reference to osteal and muscular systems. Acta. Vet. Acad. Sci. Hung. 30(1-3):135-146, 1982. (Abstract)
- Varnagy, L. Biochemical examination of muscle samples from pheasant embryos affected by Wofatox 50 EC (50% parathion-methyl). Acta. Vet. Hung. 41(1-3):409-413, 1993.
- Varnagy, L. Degradation of some pesticides in avian embryo. Acta. Vet. Hung. 47(1):117-122, 1999.

Wagner, E.D., Marengo, M.S., Plewa, M.J. Modulation of the mutagenicity of heterocyclic amines by organophosphate insecticides and their metabolites. *Mutation Research*. 536:103-115, 2003.

Wauchope, R. D., Buttler, T. M., Hornsby A. G., Augustijn-Beckers, P. W. M. , Burt, J. P. SCS/ARS/CES Pesticide properties database for environmental decision making. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 123: 1-157, 1992.

ภาคผนวก

ตาราง ก. ปริมาณการนำเข้าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทต่างๆ

ประเภทสาร	ปี 2540		ปี 2541		ปี 2542		ปี 2543		ปี 2544		ปี 2545	
	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
สารกำจัดแมลง	12,543,015	1,645,547,100	12,823,306	2,044,493,455	19,525,622	6,589,279,284	12,532,982	2,000,546,686	16,673,615	2,553,366,063	16,356,671	293,673,681
สารป้องกันกำจัดโรคพืช	5,820,836	626,574,460	3,683,336	579,239,332	7,204,375	914,321,310	7,392,711	1,119,879,498	7,824,913	1,265,396,074	8,891,945	1,443,637,579
สารกำจัดวัชพืช	22,459,792	2,472,488,051	15,108,080	2,216,528,973	27,639,414	3,260,168,744	29,714,804	3,841,174,367	32,422,569	4,502,397,571	36,596,148	4,348,679,334
สารกำจัดไร	237,666	42,384,847	235,737	47,789,196	157,142	33,508,855	274,473	71,637,701	296,287	83,173,419	339,903	71,037,095
สารกำจัดหนู	191,480	16,451,959	224,160	24,512,348	216,000	20,185,560	141,680	13,909,943	199,700	21,810,814	131,430	12,198,705
สารรมควันพิษ	219,180	30,242,890	190,852	35,519,534	285,809	40,260,458	569,602	62,561,766	784,085	103,172,542	1,089,675	120,472,335
สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	538,302	96,742,592	587,218	88,607,122	876,524	132,206,283	1,162,165	114,338,079	1,460,108	170,364,338	1,417,186	145,080,482
สารกำจัดหอย	72,680	20,371,827	46,339	4,511,439	150,148	25,270,672	226,442	32,585,211	156,141	13,409,520	187,020	11,778,348
สารกำจัดไส้เดือน	24,750	3,715,421	255	11,189	22,400	5,200,638	21,040	1,815,311	Na	Na	Na	Na
สารชีวอินทรีย์	72,634	36,833,660	78,337	51,229,366	43,287	13,321,190	44,990	13,455,638	79,962	25,788,545	68,440	21,805,308
สารอื่นๆ	Na	Na	Na	Na	745,207	25,657,936	657,894	22,474,888	644,070	21,682,296	231,840	10,416,318
รวม	42,180,335	4,991,352,807	32,977,620	5,092,441,954	56,865,928	11,059,380,930	52,738,783	7,294,379,088	60,541,450	8,760,561,182	65,310,258	6,478,779,185

ที่มา: * งานการอนุญาตวัตถุมีพิษ ฝ่ายทะเบียนและการอนุญาตวัตถุมีพิษ

** ด้านตรวจพืชท่าเรือกรุงเทพ ด้านตรวจพืชลาดกระบัง ด้านตรวจพืชท่าเรือแหลมฉบัง

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
		ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	Ib	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	4434	2271068	7327	5692335	17658	19781078	3280	1563567
	III	216,776	37,145,669	223,737	44,609,747	147,708	30,114,887	236,501	48,848,687	268,629	60,497,989	316,666	62,488,324
	U	20,890	5,239,178	12,000	3,179,449	5,000	1,122,900	21,428	9,490,825	10,000	2,894,352	19,957	6,985,204
	อื่นๆ	0	0	0	0	0	0	9,217	7,605,854	0	0	0	0
สารกำจัดหนู	Ia	90,480	7,064,126	110,160	11,706,428	108,000	10,565,304	52,080	5,637,519	77,700	8,891,528	58,430	5,316,707
	Ib	101,000	9,387,833	114,000	12,805,920	98,000	8,785,735	89,600	8,272,424	122,000	12,919,286	73,000	6,881,998
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อื่นๆ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สารรวมควินฟิซ	Ia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อื่นๆ	219,180	30,242,890	190,852	35,519,534	285,809	40,260,458	569,602	62,561,766	784,085	103,172,542	1,089,675	120,472,335
สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช	Ia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	97356	36129890	97683	20402980	201040	38906190	354181	39627766	704690	81339166	555300	58280173

[illegible]

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
		ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	Ib	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	อื่นๆ	0	0	0	0	745207	25657936	657894	22474888	644070	21682296	231840	10416318
รวม		41,973,849	4,888,421,572	16,452,502	2,466,714,455	38,285,484	4,580,986,725	52,299,166	7,031,077,878	59,817,075	8,492,080,103	64,312,507	8,903,519,305

ที่มา: * งานการอนุญาตวัตถุมีพิษ ฝ่ายทะเบียนและการอนุญาตวัตถุมีพิษ

** ด้านตรวจพืชทำเรือกรุงเทพ ด้านตรวจพืชลาดกระบัง ด้านตรวจพืชท่าเรือแหลมฉบัง

*** ไม่มีข้อมูลเพียงพอ ไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดกลุ่มหนึ่งได้

ตาราง ก. ปริมาณการนำเข้าและมูลค่าของสารเคมีกำจัดแมลงแยกตามประเภท

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
สารกำจัดแมลง	Ia	EPN	16,250	9,243,964	na	na	0	0	56,000	16,371,318	69,000	23,812,706	65,000	21,455,888
	Ia	ethoprophos	0	0	na	na	3,000	253,865	0	0	0	0	0	0
	Ia	methyl parathion	845,583	72,724,154	na	na	1,426,050	135,563,871	288,000	42,813,198	1,382,925	117,731,074	1,361,400	117,095,385
	Ia	mevinphos	34,536	6,367,573	na	na	71,372	15,495,804	0	0	0	0	0	0
	Ia	phosphamidon	7,768	1,414,389	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	azinphos-ethyl	14,400	2,829,825	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	carbofuran	4,428,800	114,965,277	na	na	4,844,175	160,862,578	2,960,095	102,682,105	5,270,446	199,231,480	3,634,412	131,736,303
	Ib	dichorvos	139,160	12,136,186	na	na	151,681	16,349,236	141,337	13,930,276	315,172	38,300,097	147,376	14,555,760
	Ib	dicrotophos	180,055	22,352,660	na	na	105,863	17,203,186	173,268	23,644,566	231,709	38,269,976	248,606	42,226,521
	Ib	formetanate	0	0	na	na	35,250	13,439,836	37,500	8,811,025	28,750	12,278,405	5,000	2,062,245
	Ib	formetanate hydrochloride	75,000	24,909,763	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	methamidophos	1,542,784	97,235,731	na	na	2,897,830	167,974,043	2,778,960	149,299,566	3,537,266	196,201,754	3,433,923	187,413,498
	Ib	methidathion	40,529	9,461,953	na	na	9,320	2,422,278	11,045	3,298,527	64,400	5,632,037	12,567	3,528,870
	Ib	methiocarb	7,000	3,291,415	na	na	5,000	2,578,221	3,000	1,621,685	0	0	2,000	1,744,408
	Ib	methomyl	58,705	22,881,408	na	na	130,740	38,687,281	1,438,625	313,995,758	472,800	257,299,855	693,977	294,696,950
	Ib	monocrotophos	1,470,748	203,078,250	na	na	2,850,361	325,314,201	16,000	1,461,451	0	0	0	0
	Ib	omethoate	39,000	4,860,259	na	na	49,000	5,493,199	49,600	4,513,509	136,180	13,423,799	104,360	8,343,443

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	Ib	oxydemeton methyl	0	0	na	na	6,000	911,490	4,000	640,269	4,100	724,319	12,904	2,112,388
	Ib	thiometon	5,400	1,169,548	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ib	triazophos	94,920	21,156,044	na	na	149,400	31,708,077	236,044	53,111,029	204,853	41,786,960	175,247	35,868,611
	II	alpha cypermethrin	1,400	4,673,766	na	na	860	3,338,697	2,410	8,398,217	2,920	14,409,879	1,425	2,357,189
	II	bendiocarb	200	640,968	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	befuracarb	7,000	3,268,440	na	na	0	0	24,100	9,872,817	10,000	6,653,625	6,000	3,819,186
	II	beta cypermethrin	0	0	na	na	2,400	436,244	44,081	5,359,592	23,040	4,283,259	45,880	8,678,786
	II	beta cyfluthrin	17,800	5,213,670	na	na	0	0	0	0	0	0	1,020	7,015,580
	II	bifenthrin	0	0	na	na	100	746,444	260	1,893,565	200	1,380,100	0	0
	II	BPMC	275,700	29,528,690	na	na	544,800	74,678,350	0	0	0	0	0	0
	II	carbaryl	169,500	17,275,548	na	na	161,500	28,761,057	325,000	58,287,650	304,000	67,133,797	522,000	96,522,550
	II	Carbosulfan	32,000	16,613,873	na	na	21,505	4,782,097	55,800	28,055,418	99,600	54,123,606	103,330	38,415,577
	II	cartap	48,000	10,453,320	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	cartip hydrochloride	0	0	na	na	9,600	2,985,093	261,600	70,382,337	362,560	109,121,151	398,796	130,309,936
	II	chlorfenapyr	17,904	52,995,590	na	na	15,826	55,270,093	8,484	30,316,214	14,551	48,428,214	52,197	47,572,019
	II	chlorpyrifos	166,778	29,315,189	na	na	185,231	41,244,568	451,725	88,076,037	704,340	139,522,544	864,698	163,926,698
	II	clomazone	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	II	cyflutrin	11,760	16,088,573	na	na	0	0	0	0	1,670	822,648	0	0
	II	Cyhalothrin	246,636	50,928,320	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	cypermethrin+chlorpyrifos	12,560	3,523,202	na	na	30,708	4,272,749	29,100	3,969,023	34,610	6,153,410	9,700	1,289,301
	II	deltamethrin	0	0	na	na	50	641,700	0	0	100	881,685	3,160	5,800,586
	II	dlazinon	18,255	3,607,990	na	na	8,200	2,009,873	15,105	3,573,761	6,630	1,927,581	22,945	5,885,671
	II	dimethoate	372,917	34,505,726	na	na	449,068	40,400,977	461,842	36,322,879	511,615	42,598,478	549,708	41,896,619
	II	Endosulfan	821,625	196,633,007	na	na	1,054,700	297,574,642	1,066,749	277,973,387	1,154,755	333,764,237	1,182,524	250,830,037
	II	EPTC	13,064	1,274,575	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	ethion	32,815	4,893,935	na	na	21,500	4,692,481	26,000	5,016,979	46,500	9,950,277	55,500	11,307,995
	II	fenitrothion	0	0	na	na	0	0	32,000	5,386,904	16,000	4,924,376	0	0
	II	fenpropathrin	0	0	na	na	0	0	800	1,726,166	1,000	2,485,664	0	0
	II	fenvalerate	5,000	2,401,269	na	na	3,000	1,060,772	5,000	1,662,552	5,000	1,601,010	5,000	1,531,120
	II	fipronil	24,095	114,745,124	na	na	5,014	30,172,584	0	0	12,917	85,537,078	32,576	228,721,953
	II	imidacloprid	36,418	33,420,932	na	na	10,030	59,682,622	0	0	5,525	34,795,998	15,500	199,852,365
	II	isoprocarb	48,000	5,091,216	na	na	37,000	5,511,366	128,000	20,657,734	96,000	17,589,233	160,000	28,370,775
	II	lambda cyhalothrin	0	0	na	na	656	4,929,184	216,556	171,155,188	116,503	50,923,572	36,867	39,853,694
	II	lindane	10,050	1,023,831	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	pendimethalin	0	0	na	na	31,200	4,083,816	0	0	0	0	0	0
	II	phenthoate	6,000	1,605,303	na	na	0	0	0	0	12,180	3,122,324	9,100	3,357,876

[illegible]

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
		methyl												
	III	pyridaben	0	0	na	na	0	0	1,000	1,112,076	0	0	500	1,300,000
	U	Buprofezin	2,400	4,331,761	na	na	22,725	15,781,621	4,200	8,384,842	7,000	787,809	11,150	5,556,656
	U	chlorfluazuron	14,744	7,557,770	na	na	0	0	10,864	8,768,664	10,864	9,679,800	13,192	11,514,662
	U	chlorfluazuron	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	3,104	2,645,497
	U	chlorpyrifos methyl	0	0	na	na	0	0	0	0	2,270	650,181	0	0
	U	cinmethylin	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	cyromazine	800	1,472,601	na	na	2,360	5,298,001	720	1,530,772	2,520	6,032,478	3,600	5,709,680
	U	dlafenthuron+fe noxy carb	0	0	na	na	1,920	5,063,659	0	0	1,920	4,528,990	2,880	6,579,810
	U	diflubenzuron	6,595	8,861,007	na	na	2,000	2,210,694	5,020	4,792,298	5,000	5,402,123	3,500	3,674,966
	U	emamectin benzoate	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	2,598	9,547,269
	U	etofenprox	0	0	na	na	0	0	1,000	1,815,582	1,000	2,234,412	1,200	2,089,544
	U	flufenoxuron	17,123	11,804,803	na	na	10,588	7,988,781	4,578	3,524,045	3,720	3,175,053	0	0
	U	hexaconazole	2,880	953,296	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	methoprene	920	1,118,944	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	quintozene	3,000	863,602	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	teflubenzuron	7,800	1,839,864	na	na	8,200	2,833,994	8,000	2,905,321	7,000	2,319,301	1,189	325,271
	U	thiophanzt	46,800	13,142,798	na	na	101,400	25,987,514	85,800	23,923,782	3,000	479,438	2,000	571,829

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
		methyl												
	U	triflumuron	2,000	2,294,810	na	na	1,700	2,194,522	2,200	2,614,020	2,000	2,496,389	2,250	3,375,253
	other	abamectin	0	0	na	na	55,326	41,304,516	177,422	101,616,702	356,323	161,504,653	630,492	224,244,146
	other	acetamiprid	0	0	na	na	0	0	0	0	2,040	5,827,755	4,040	3,369,449
	other	bacillus thuringiensis	0	0	na	na	7,430	3,456,264	0	0	0	0	0	0
	other	chlormafenozone	0	0	na	na	0	0	0	0	6,384	5,966,213	0	0
	other	corbufuran	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	193,824	5,797,185
	other	febufenozone	0	0	na	na	0	0	0	0	3,366	2,243,148	0	0
	other	fenpyroximate	0	0	na	na	8,229	3,488,009	0	0	12,073	4,317,536	13,152	6,558,369
	other	flumethrin	0	0	na	na	0	0	608	1,350,004	300	775,812	22,400	2,289,900
	other	indoxacarb	0	0	na	na	0	0	0	0	5,170	22,671,652	20,578	83,265,070
	other	lufenuron	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	2,514	3,398,808
	other	petroleum spray oil	0	0	na	na	17,351	421,226	0	0	0	0	0	0
	other	tebufenozone	50	759,037	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	other	white oil	65,253	2,670,645	na	na	43,851	1,768,551	75,088	3,118,860	13,125	746,483	183,786	6,928,549
สารป้องกัน กำจัดโรคพืช	Ib	blasticidin S	0	0	na	na	16,000	2,775,717	6,000	1,215,831	0	0	0	0
	Ib	edifenphos	11,000	1,807,059	na	na	23,000	5,241,206	9,000	2,222,077	0	0	9,000	2,321,541
	II	copper sulfate	0	0	na	na	3,960	367,012	0	0	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	II	cuprous oxide	53,600	4,566,263	na	na	61,000	5,160,587	60,000	4,895,792	61,000	5,852,195	80,000	6,606,736
	II	propiconazole	11,940	6,278,878	na	na	5,072	3,915,012	48,800	41,196,125	18,000	15,845,545	17,950	12,911,652
	II	propiconazole + difenoconazole	0	0	na	na	0	0	31,464	25,941,602	121,600	104,069,600	368,562	283,897,280
	II	propiconazole + prochloraz	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	13,000	8,223,433
	II	pyrazophos	14,400	3,476,954	na	na	0	0	7,232	1,984,183	0	0	0	0
	II	tetraconazole	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	7,365	3,453,092
	II	tricyclazole	1,050	676,022	na	na	0	0	3,150	3,880,841	3,920	4,886,142	0	0
	II	tridemorph	6,196	3,387,986	na	na	10,140	6,328,282	0	0	4,732	3,447,549	9,217	6,553,899
	II	Triflumizone	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	1,040	1,197,969
	III	copper hydroxide	78,676	7,077,553	na	na	237,089	26,431,612	208,620	24,080,342	245,539	31,254,810	259,889	31,777,062
	III	copper oxchloride	1,221,300	62,397,247	na	na	507,250	37,974,292	848,000	52,659,239	1,005,850	70,987,333	963,272	60,595,121
	III	cymoxanil + mancozeb	0	0	na	na	24,000	7,843,893	36,000	11,703,858	37,500	10,928,444	30,000	9,477,384
	III	cyproconazole	7,928	5,502,045	na	na	0	0	4,320	2,555,422	4,200	2,546,670	9,859	5,229,724
	III	dazomet	0	0	na	na	0	0	0	0	4,800	837,376	24,000	3,974,451
	III	difenoconazole	36,235	26,640,623	na	na	0	0	78,400	38,998,375	12,000	11,988,720	66,900	59,260,080
	III	difenoconazole	0	0	na	na	0	0	6,000	12,449,821	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
		+ propiconazole												
	III	dinocap	2,200	563,220	na	na	0	0	5,000	1,331,531	9,000	2,363,479	7,000	1,744,743
	III	dithlanon	0	0	na	na	0	0	3,591	2,017,210	3,600	2,173,257	3,600	1,541,250
	III	etridiazole	784	341,644	na	na	2,959	1,917,285	9,078	3,163,777	0	0	2,615	313,173
	III	flusilazole	6,320	5,130,587	na	na	0	0	11,900	15,545,551	8,840	12,360,873	23,570	27,969,218
	III	iprobenfos	0	0	na	na	0	0	16,000	3,253,502	16,000	3,572,066	12,000	2,596,082
	III	isoprothiolane	4,545	1,004,012	na	na	0	0	7,714	1,923,793	15,262	3,994,091	19,460	3,885,741
	III	metalaxyl	150,275	50,231,045	na	na	324,150	73,110,586	335,600	92,607,645	377,050	99,609,713	366,770	71,195,868
	III	metalaxyl-m	0	0	na	na	0	0	0	0	3,780	10,581,619	5,280	15,049,296
	III	metalaxyl + mancozeb	17,100	6,330,498	na	na	3,840	1,798,022	7,680	3,492,391	8,640	1,809,308	9,600	4,761,312
	III	myclobutanil	0	0	na	na	0	0	932	675,237	3,720	2,582,942	5,180	2,895,291
	III	myclobutanil + mancozeb	7,700	151,740	na	na	0	0	4,900	1,024,317	5,600	595,224	9,800	1,793,453
	III	oxadixyl + mancozeb	18,000	6,218,011	na	na	0	0	8,000	2,689,761	6,000	2,180,280	15,080	5,507,762
	III	procholraz	7,000	3,775,113	na	na	13,000	7,789,596	21,210	12,166,435	34,735	24,436,634	18,900	11,223,248
	III	procholraz + carbendaz	0	0	na	na	4,766	1,946,512	10,550	4,649,739	0	0	0	0
	III	tebuconazole	0	0	na	na	3,872	4,035,324	37,788	29,767,253	50,865	34,347,831	17,850	23,176,770
	III	thiram	0	0	na	na	0	0	10,000	1,138,571	20,000	2,804,178	20,000	2,772,869

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	III	trladimefon	14,300	3,280,560	na	na	10,200	2,291,195	15,545	4,259,123	13,050	3,815,938	12,880	3,390,811
	U	azoxystrobin	10,200	3,584,243	na	na	1,200	6,622,800	23,280	69,789,000	14,400	60,480,723	16,800	73,375,595
	U	benalaxyl	0	0	na	na	1,000	1,019,292	0	0	2,000	2,430,955	1,920	2,308,165
	U	benalaxyl + mancozeb	0	0	na	na	2,100	1,340,503	3,000	1,142,110	6,000	2,583,420	3,000	1,233,717
	U	benomyl	10,200	3,584,243	na	na	9,000	2,287,739	55,600	26,548,834	95,800	39,386,088	6,500	1,455,414
	U	bordeaux + maneb + zineb	100,000	7,120,852	na	na	60,000	5,575,945	80,000	7,696,528	0	0	0	0
	U	captan	430,750	36,427,453	na	na	212,000	22,778,046	456,800	52,513,065	320,000	44,092,388	334,200	36,942,450
	U	carbendazim	590,191	78,949,870	na	na	823,737	106,998,148	881,823	108,290,647	990,390	143,509,338	408,022	33,972,498
	U	carbendazim + epoxiconazole	0	0	na	na	0	0	14,782	10,651,064	26,153	19,971,582	11,510	6,762,340
	U	carboxin	2,000	1,002,971	na	na	0	0	5,000	2,746,224	3,800	2,267,005	4,000	2,327,925
	U	chlorothalonil	20,000	4,200,085	na	na	13,000	2,647,714	58,122	13,692,581	111,870	31,769,788	100,505	25,831,438
	U	dicloran	3,003	1,487,255	na	na	0	0	0	0	3,003	1,855,514	0	0
	U	dimethomorph	17,000	15,470,237	na	na	3,000	3,035,753	12,000	13,077,596	12,000	11,418,273	15,000	11,341,170
	U	dimethomorph + mancozeb	0	0	na	na	8,040	3,541,793	9,680	3,711,039	4,540	2,181,504	2,000	440,500
	U	famoxadone + cymoxanil	0	0	na	na	0	0	0	0	1,000	1,319,638	5,000	6,447,429
	U	fenpiclonil	1,484	1,674,176	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	U	folpet	20,000	1,714,350	na	na	30,000	3,890,699	36,000	4,658,495	59,400	8,647,442	65,200	10,019,081
	U	fosetyl-Al	119,875	35,951,964	na	na	89,625	16,141,105	140,690	24,673,408	135,520	28,041,967	174,325	30,437,389
	U	hexaconazole	763	238,320	na	na	0	0	77,748	27,782,654	19,944	5,984,248	15,636	4,250,058
	U	hymexazol	950	732,187	na	na	570	650,107	570	786,396	0	0	0	0
	U	iprodione	57,750	25,730,557	na	na	9,900	5,629,288	41,250	25,464,429	33,510	19,690,121	22,562	14,103,615
	U	iprovalicarb + propineb	0	0	na	na	0	0	8,000	2,326,761	25,000	5,825,957	21,000	6,850,989
	U	kasugamycin	33,080	2,760,778	na	na	5,965	1,206,195	1,800	407,791	4,110	925,928	14,420	3,251,506
	U	kasugamycin + copper oxchloride	3,000	619,992	na	na	0	0	5,000	1,354,507	0	0	0	0
	U	kasugamycin hydrochloride + copper oxychloride	0	0	na	na	3,000	873,311	0	0	3,000	1,018,504	0	0
	U	mancozeb	800,250	64,177,578	na	na	439,696	40,414,364	1,540,298	146,010,796	1,360,530	132,221,305	1,552,277	129,023,309
	U	maneb	66,125	6,033,684	na	na	16,938	2,829,682	23,168	2,794,612	37,200	4,458,809	36,000	4,239,441
	U	metalliccopper + mancozeb	80,000	9,852,300	na	na	76,800	10,058,975	38,400	5,200,595	19,200	2,993,559	57,600	8,790,144
	U	methyl tolclofos	0	0	na	na	0	0	0	0	550	397,925	0	0
	U	ofurace + folpet	4,000	1,203,187	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	U	ofurace + mancozeb	0	0	na	na	6,300	1,911,499	3,500	970,221	0	0	0	0
	U	oxycarboxin	0	0	na	na	0	0	0	0	1,807	594,233	0	0
	U	pencycuron	13,500	4,228,298	na	na	16,000	6,785,465	0	0	3,000	1,517,373	700	329,723
	U	phosphorus acid	192,940	14,347,178	na	na	162,984	11,176,686	191,735	13,251,958	320,169	21,642,338	236,206	18,161,714
	U	procymidone	4,050	2,310,902	na	na	1,000	502,613	7,700	6,555,401	6,600	5,584,442	7,500	6,430,811
	U	propamocarb hydrochloride	8,000	3,898,690	na	na	8,680	5,993,201	0	0	5,635	4,889,347	2,242	1,800,701
	U	propineb	483,000	61,523,874	na	na	315,000	49,067,885	451,500	74,633,028	640,500	114,046,946	761,000	129,590,419
	U	quintozene	0	0	na	na	1,088	152,753	4,255	2,038,395	0	0	3,762	703,229
	U	quintozene + etridlazole	0	0	na	na	7,045	1,738,012	26,350	6,851,714	0	0	20,287	6,184,809
	U	sulfur	846,586	25,686,444	na	na	754,325	23,810,493	1,121,775	35,665,692	1,092,875	37,609,082	1,211,555	42,478,679
	U	thiophanate methyl	0	0	na	na	0	0	5,400	1,692,507	5,400	1,882,367	5,400	1,800,665
	U	Tolclofos- methyl	500	215,445	na	na	0	0	3,000	5,295,472	2,750	2,612,847	2,200	1,453,092
	U	trlbasic copper sulfate	0	0	na	na	6,600	619,918	0	0	0	0	6,600	667,733
	U	Triforine	10,340	3,410,680	na	na	21,360	5,853,714	0	0	16,313	4,778,666	22,410	5,735,000
	U	validamycin	3,950	844,562	na	na	16,680	3,590,232	28,680	4,519,907	19,560	2,285,140	31,612	3,698,069
	U	zineb	222,000	10,509,068	na	na	254,980	16,831,407	135,000	9,527,520	297,000	21,576,538	1,251,545	131,711,881

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	other	bordeaux mixture	0	0	na	na	20,000	1,832,547	41,550	1,959,637	23,100	1,195,356	46,200	2,457,285
	other	gentamycin sulfate + oxytracyclin hydrochloride	0	0	na	na	0	0	0	0	0	0	2,610	908,887
	other	polyoxin B	0	0	na	na	1,000	329,829	1,000	421,794	1,000	386,566	0	0
	other	polyoxin AI	0	0	na	na	1,000	394,725	0	0	0	0	0	0
	other	streptomycin sulfate + oxytetracycline hydrochloride	0	0	na	na	3,000	907,486	5,000	1,373,012	5,000	1,451,035	3,000	894,398
	other	streptomycin sulfate + tetracycline	5,000	1,830,220	na	na	0	0	0	0	0	0	0	0
	other	Trinexapac ethyl	0	0	na	na	0	0	781	314,764	0	0	0	0
สารกำจัดวัชพืช	II	anilosfos	21,500	4,567,398	0	0	10,000	3,733,029	15,000	5,101,770	5,000	1,757,782	10,000	3,553,360
	II	chlorfenapyr	4,410	10,793,072	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	clomazone	0	0	0	0	7,711	5,708,774	13,608	10,155,478	20,146	14,894,139	18,144	13,025,836
	II	DSMA + diuron	102,312	5,974,461	52,000	4,064,028	0	0	69,600	6,967,804	91,824	10,485,589	66,000	7,393,347

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
		+ 2,4-D												
	II	glyphosate + 2,4-D	36,096	2,989,653	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	II	metribuzin	27,200	8,386,862	13,600	8,005,624	10,200	4,590,462	104,174	67,026,458	16,866	10,945,612	57,000	37,148,652
	II	molinate +propanil	0	0	0	0	0	0	47,001	9,069,185	47,001	9,197,987	31,420	5,547,028
	II	paraquat	791,160	109,960,911	817,240	161,943,766	1,525,308	301,366,331	0	0	0	0	0	0
	II	paraquat dichloride	0	0	0	0	0	0	2,160,436	593,840,541	1,935,598	567,016,113	6,419,763	946,884,995
	II	phenthoate	0	0	0	0	0	0	10,600	5,837,126	0	0	0	0
	II	thiobencarb	32,560	4,464,643	0	0	32,560	5,498,157	293,040	51,296,244	293,040	62,482,698	195,360	40,128,682
	III	acetochlor	9,497	1,341,413	18,479	1,894,739	14,820	1,897,817	21,870	1,939,729	25,894	4,331,435	17,020	2,459,123
	III	acifluorfen	0	0	0	0	0	0	11,947	3,428,315	0	0	7,224	3,852,443
	III	alachlor	141,351	14,239,273	90,970	11,285,138	104,000	12,685,873	645,986	54,014,066	807,990	72,899,545	675,690	56,809,657
	III	ametryne	1,580,040	264,340,967	377,960	101,721,189	280,000	58,193,255	757,020	152,424,287	1,672,044	385,968,766	1,673,500	384,238,025
	III	dicamba	4,000	698,468	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	dimethenamid	0	0	0	0	0	0	0	0	2,282	1,071,695	0	0
	III	fluazifop butyl	73,710	14,222,244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	fluazifop-p-butyl	0	0	0	0	0	0	91,260	30,399,605	70,160	24,224,260	56,160	17,269,093
	III	flufenacet	0	0	0	0	0	0	0	0	48,000	4,707,995	0	0
	III	fomesafen	103,270	30,179,480	16,560	7,948,800	16,560	6,363,936	48,800	18,348,800	36,570	13,481,252	45,902	17,055,158

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	III	glufsinate ammonium	132,600	20,568,014	23,400	4,854,973	86,421	14,224,024	17,284	2,944,997	27,600	5,326,967	15,810	3,162,083
	III	glyphosate + dicamba	16,920	1,468,800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	hexazinone+diuron	0	0	144,000	61,038,562	0	0	79,605	27,049,436	108,680	36,179,856	154,630	47,824,700
	III	metolachlor	13,860	4,066,298	3,520	1,263,045	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	ordram + propanil	0	0	0	0	47,001	8,801,364	0	0	0	0	0	0
	III	pendimethalin	109,200	11,227,031	188,000	26,520,961	62,400	8,092,542	213,450	29,405,478	202,640	30,588,329	234,000	28,728,160
	III	piperophos + dimethametryn	6,380	2,705,047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	III	propanil	585,695	65,558,505	433,134	59,917,194	535,048	76,165,261	796,884	116,514,089	957,759	146,637,870	800,982	119,487,504
	III	quizalofop-p-ethyl	0	0	0	0	0	0	0	0	3,850	1,381,705	31,940	11,409,522
	III	quizalofop-p-tefuryl	57,600	14,742,220	0	0	0	0	8,500	34,525,492	7,000	32,841,600	20,040	29,717,437
	III	triclopyr	0	0	0	0	0	0	4,392	1,922,595	10,980	5,287,546	7,686	3,444,642
	U	asulam	2,000	239,200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	atrazine	1,261,060	126,692,572	803,680	122,344,026	1,030,320	128,943,011	1,568,020	192,298,125	2,129,695	294,172,743	0	0
	U	atrazine +	213,560	28,240,067	121,480	26,313,855	40,500	7,272,832	94,320	18,383,149	199,660	37,531,390	455,880	83,587,363

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
		ametryn												
	U	azoxystrobin	0	0	2,600	18,025,800	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	bensulfuron	4,650	3,605,087	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	bensulfuron methyl	0	0	6,220	8,068,075	2,520	3,013,344	4,820	5,839,706	5,000	5,233,497	3,500	3,145,635
	U	bispyribac- sodium	300	443,574	0	0	0	0	4,200	6,229,510	8,000	16,666,989	12,000	22,104,062
	U	bromacil	0	0	342,917	225,694,055	232,975	138,075,394	325,633	216,534,030	279,309	205,330,968	217,150	125,915,890
	U	butachlor	418,861	82,796,842	159,873	22,258,441	276,779	36,324,600	720,839	87,782,527	876,125	156,590,250	719,689	72,698,869
	U	butachlor + propanil	699,440	92,411,805	45,360	10,955,156	0	0	570,708	83,524,559	370,193	65,037,906	405,000	67,657,119
	U	butachlor + safener	44,712	11,924,178	0	0	0	0	145,550	40,117,665	87,264	27,582,802	75,440	22,282,131
	U	butralin	9,875	1,789,727	7,000	1,796,431	6,400	1,391,033	0	0	0	0	0	0
	U	cinmethylin	0	0	0	0	3,139	2,385,366	2,093	1,592,036	0	0	3,138	1,160,358
	U	cycholsulfamuro n	0	0	9,998	12,067,790	8,991	10,520,096	18,992	23,198,410	7,980	11,218,639	4,000	3,414,191
	U	cyhalofop butyl	9,230	5,457,384	8,600	6,375,078	0	0	48,047	24,831,769	58,329	41,980,343	29,713	15,600,514
	U	dalapon	22,000	1,246,013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	diflufenican	840	1,779,082	1,064	4,493,480	1,360	5,568,436	18,340	12,261,436	1,000	4,722,080	520	2,335,213
	U	diuron	543,800	86,268,053	281,439	60,092,639	398,849	76,657,093	859,178	177,653,047	654,710	140,106,663	467,512	91,130,499

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	U	fluroxypyr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,942	984,162
	U	glyphosate	11,376,891	882,572,952	7,969,446	681,933,711	6,808,479	574,016,806	0	0	0	0	0	0
	U	glyphosate + picloram	80,640	12,086,798	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	glyphosate + surfactant	105,408	9,936,000	0	0	0	0	117,936	11,619,771	0	0	0	0
	U	imazapyr	0	0	3,045	657,936	43,911	10,140,428	0	0	1,030	262,414	0	0
	U	imazaquin	874	597,995	708	789,431	0	0	0	0	1,408	2,052,325	681	508,342
	U	imazethapyr	0	0	15,470	2,868,310	0	0	63,570	14,980,883	96,440	42,155,579	42,714	9,855,600
	U	metsulfuron methyl	4,800	10,390,428	2,000	6,611,560	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	metsulfuron methyl + bensulfuron methyl	3,000	2,419,436	0	0	6,000	5,988,362	0	0	0	0	0	0
	U	metsulfuron methyl + chlorimuron ethyl	1,500	6,570,678	11,200	38,708,854	12,500	35,870,639	11,000	29,560,091	8,000	22,136,908	12,395	38,637,653
	U	metsulfuron + bensufuron	0	0	1,000	1,260,649	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	oxidlazon	100,000	66,404,723	91,500	89,679,520	66,500	58,933,792	135,000	123,307,496	92,000	96,773,243	45,360	35,286,965

[illegible]

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	other	butafenacil	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	542	334,562
	other	clefoxydim	0	0	0	0	880	575,252	13,556	8,980,394	2,460	65,228	26,980	12,660,048
	other	clethodim	0	0	0	0	0	0	3,890	3,318,069	5,324	2,845,118	5,000	2,387,863
	other	ethoxysulfuron	0	0	900	1,996,521	5,580	9,822,312	2,160	3,666,854	0	0	3,690	7,164,192
	other	fenoxaprop-p-ethyl	210,600	84,492,614	196,154	96,675,769	97,052	46,602,642	188,048	96,305,887	282,089	161,281,436	299,380	173,021,947
	other	fentrazamide	0	0	0	0	0	0	0	0	36,780	48,950,521	40	52,495
	other	glyphosate - trimesium	42,040	5,394,705	0	0	0	0	220,932	28,763,248	545,427	47,444,383	0	0
	other	glyphosate dlammonium salt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,454	494,112
	other	glyphosate isopropylamine salt	0	0	0	0	0	0	15,536,897	1,059,278,705	15,919,650	1,144,287,086	17,661,994	1,051,153,436
	other	glyphosate monoammonium salt	0	0	0	0	0	0	18,000	5,277,968	36,000	12,526,219	0	0
	other	guinclorac	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,700	5,374,933
	other	haloxyfop-R-methyl ester	36,000	18,078,978	0	0	0	0	17,024	10,211,744	15,626	13,715,879	2,056	1,485,511
	other	imazapic	0	0	0	0	5,438	6,070,150	5,400	6,254,998	11,764	17,067,950	7,564	7,583,295

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	other	isoxaflutole	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,800	7,634,165
	other	mathalin	0	0	0	0	15,600	2,053,640	0	0	0	0	0	0
	other	MSMA	38,400	1,400,767	19,200	1,892,100	29,532	3,287,310	0	0	0	0	0	0
	other	oxadlaryl	0	0	0	0	480	1,387,138	780	2,185,454	500	1,170,460	0	0
	other	propisochlor	12,648	3,565,272	0	0	9,357	1,910,397	15,808	3,371,036	16,000	4,353,965	16,000	3,403,790
	other	sulfentrazone	0	0	0	0	0	0	1,968	2,033,044	0	0	0	0
สารกำจัดไร	II	fenazaquin	0	0	0	0	4,053	2,102,908	0	0	15,288	18,196,922	0	0
	II	phosmet	0	0	0	0	0	0	5,889	5,097,116	1,956	1,386,584	0	0
	II	phoxim	0	0	0	0	381	168,160	1,438	595,219	414	197,572	3,280	1,563,567
	III	amitraz	74,781	13,371,109	54,710	14,498,350	29,956	5,883,416	83,281	17,269,495	106,049	25,650,300	125,402	26,192,626
	III	dicofol	34,500	4,190,967	90,500	15,323,635	5,500	991,269	51,250	9,150,915	66,430	12,765,693	74,074	9,236,385
	III	propargite	107,495	19,583,593	61,230	11,264,367	71,000	13,907,375	70,320	15,310,963	63,436	14,770,870	65,473	15,831,417
	III	propargite + tetradifon	0	0	16,697	2,948,618	39,752	7,459,356	31,650	7,117,314	32,714	7,311,126	51,717	11,227,896
	III	pyridaben	0	0	600	574,777	1,500	1,873,471	0	0	0	0	0	0
	U	bromopropylate	8,040	1,424,240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	fenbutatin oxide	3,850	1,868,868	0	0	0	0	3,438	2,298,976	0	0	5,957	3,547,005
	U	hexythlazon	0	0	0	0	0	0	240	1,993,643	0	0	0	0
	U	tetradifon	9,000	1,946,070	12,000	3,179,449	5,000	1,122,900	17,750	5,198,206	10,000	2,894,352	14,000	3,438,199
	other	fenpyroximate	0	0	0	0	0	0	8,617	3,544,277	0	0	0	0
	other	halfenprox	0	0	0	0	0	0	600	4,061,577	0	0	0	0

[illegible]

ประเภทสาร	ความรุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
	U	1-naphthyl aceticacid	0	0	0	0	34,600	7,633,950	23,481	5,683,241	28,142	8,823,846	27,724	4,140,652
	other	4-indol-30yl butyric acid	0	0	0	0	0	0	1,750	2,138,666	350	467,356	1,150	1,470,744
	other	ANAA	0	0	5,600	3,892,031	0	0	0	0	0	0	0	0
	other	IaA	500	776,438	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	other	hydrogen cyanamide	9,585	2,607,754	4,260	1,413,448	5,345	1,616,277	15,754	3,839,912	16,359	4,062,659	19,160	5,209,237
	other	IbA	9,550	7,384,736	4,000	6,087,064	0	0	300	339,938	0	0	0	0
	other	Iedosing	7,350	1,275,597	5,125	923,061	0	0	5,075	1,040,580	0	0	0	0
	other	monoritrophenol	20,600	3,506,163	18,000	5,004,707	15,000	3,610,449	21,300	5,275,252	15,000	4,211,967	18,000	4,884,794
	other	Thiourea	304,000	13,092,900	331,600	15,333,610	449,500	18,450,606	611,000	21,022,150	535,575	28,566,891	628,100	30,425,045
	other	Trinexapac-ethyl	2,180	4,689,014	0	0	0	0	0	0	650	1,971,389	0	0
สารกำจัดหอย และหอยทาก	II	metaldehyde	46,680	3,555,957	46,339	4,511,439	122,198	10,161,743	213,442	17,721,873	156,141	13,409,520	187,020	11,778,348
	U	niclosamide ethanolamine salt	0	0	0	0	12,350	13,578,746	13,000	14,863,338	0	0	0	0
	other	miclosamide	26,000	16,815,870	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
สารกำจัด	Ib	cadusafos	24,750	3,715,421	255	11,189	0	0	0	0	0	0	0	0

ประเภทสาร	ความ รุนแรง	ชื่อสามัญ	ปี 2540*		ปี 2541*		ปี 2542*		ปี 2543*		ปี 2544**		ปี 2545**	
			ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg)	มูลค่า (บาท)
ไล่เดือนฝอย														
	lb	fenamiphos	0	0	0	0	2,000	233,498	18,500	1,780,414	0	0	0	0
	other	metham sodium	0	0	0	0	0	0	2,540	34,897	0	0	0	0
สารชีวอินทรีย์	other	abamectin	8,824	18,099,168	37,964	33,876,823	0	0	0	0	0	0	0	52,022,958
	other	bacillus thuringiensis	63,810	16,808,492	40,373	17,352,543	0	0	39,981	5,702,314	58,227	15,813,099	24,104	55,903,465
	other	bacillus thuringiensis on spodoptera exiqua	0	0	0	0	0	0	0	0	4,250	2,341,315	10,610	2,356,190
	other	bacillus thuringiensis var aizawai	0	0	0	0	0	0	0	0	6,640	1,587,332	28,135	1,622,122
	other	bacillus thuringiensis var kurstaki	0	0	0	0	0	0	2,999	1,171,774	11,075	4,485,290	12,181	5,683,373
	other	bacillus thuringiensis on trichoplusla n	0	0	0	0	0	0	2,010	891,550	0	0	0	893,576
สารอื่นๆ	other	methyl chloride	0	0	0	0	745,207	25,657,936	657,894	22,474,888	644,070	21,682,296	231,840	10,416,318
Total			41,967,096	4,880,518,997	16,470,978	2,468,609,167	38,300,298	4,582,884,512	52,265,027	7,016,646,256	59,773,957	8,472,598,796	64,264,512	8,884,522,501