บทที่ 1

บทนำ

(Introduction)

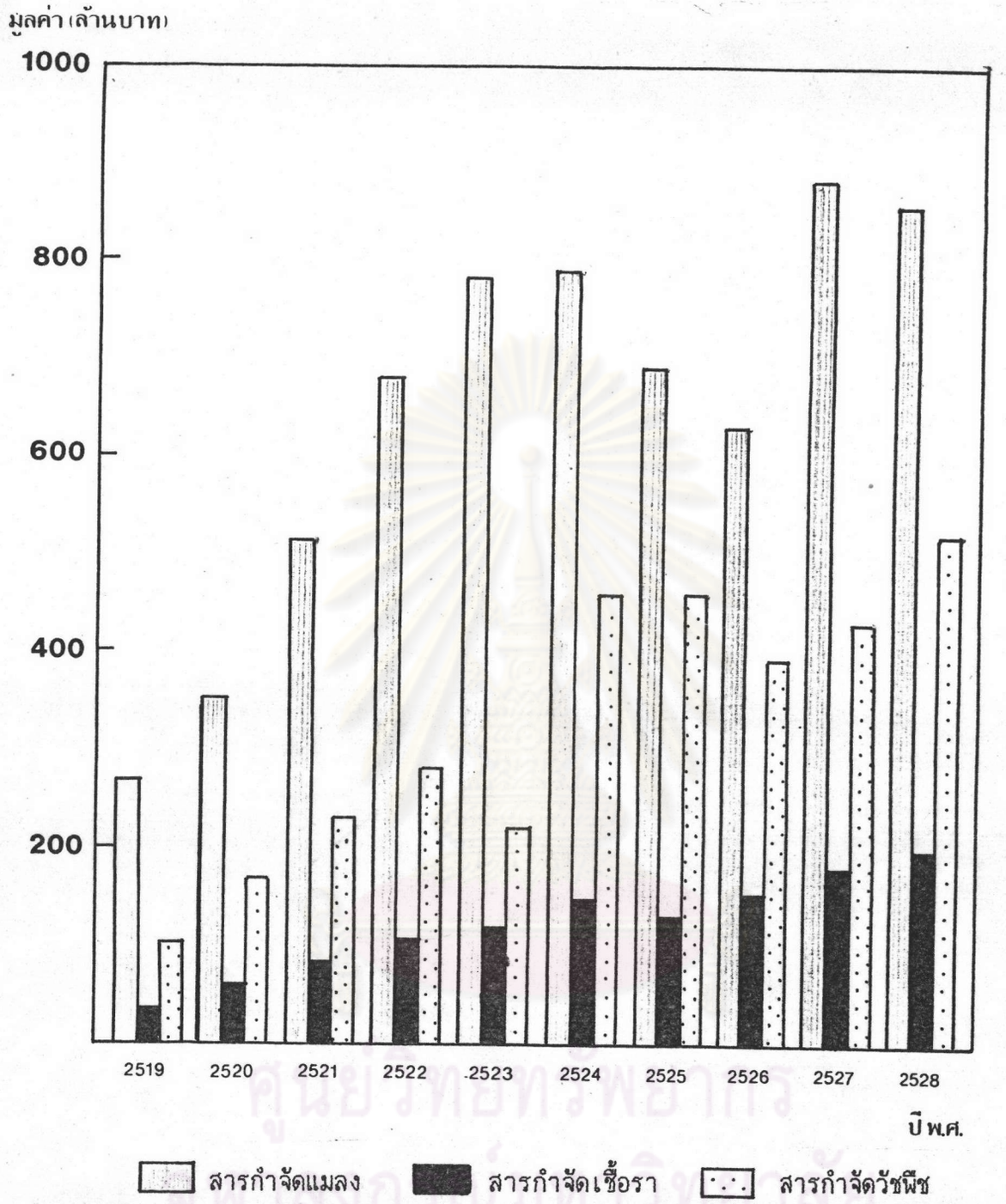
1.1 มูลเหตุจูงใจ

โดยเหตุที่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการส่งสินค้าออกโดยมูลค่าส่วนใหญ่แล้วเป็นสินค้าที่เนื่องมาจากผลิตผลทางการเกษตรเกือบทั้งสิ้น ดังนั้นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร นั่นคือ การป้องกันและกำจัดศัตรูพืช สารกำจัดศัตรูพืชซึ่งใช้ในประเทศไทย อันได้แก่ สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดรา สารกำจัดไร สารกำจัดหนู และ อื่นๆ นั้น ส่วนใหญ่แล้ว เป็นสารที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ทั้งที่อยู่ในลักษณะของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์ technical grade เพียงอย่างเดียว ซึ่งจะต้องนำมาผสมปรุงแต่งก่อนจะนำไปใช้ ปริมาณการนำเข้าของสารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ มีมูลค่าหลายพันล้านบาทต่อปี และมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกๆ ปีอีกด้วย(1) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 1

ตารางที่ 1 มูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืช ปี 2519 - 2528 (1)

สารกำจัดศัตรูพืช	มูลค่าการนำเข้า (ล้านบาท)									
	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528
สารกำจัดแมลง	268	352	514	679	785	792	692	631	884	855
สารกำจัดเชื้อรา	34	59	83	106	121	149	132	156	181	198
สารกำจัดวัชพืช	101	170	231	282	221	460	461	393	431	519
รวม	403	581	828	1067	1127	1401	1289	1181	1497	1572

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 กราฟแสดงมูลค่าการนำเข้าสารกำจัดศัตรูพืชระหว่างปี พ.ศ.2519-2528

สารกำจัดศัตรูพืชนั้น แม้ว่าจะสามารถกำจัดศัตรูพืชได้ก็ตาม แต่สารกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดมีพิษต่อร่างกายของมนุษย์ และ สัตว์เลี้ยง โดยมีระดับของความเป็นพิษ (Toxicity) ที่แตกต่างกันออกไป(2) ดังนั้น ผู้ใช้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นเกษตรกร สมควรจะต้องระมัดระวังในการใช้เป็นอย่างยิ่งโดยสวมเสื้อผ้า ถุงมือ และผ้าคลุมร่างกายให้มิดชิด ในขณะฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ และ ภายหลังจากการฉีดพ่นแล้วควรชำระล้างร่างกายรวมทั้งเสื้อผ้าปกคลุมร่างกายเพื่อมิให้เกิดอันตรายเมื่อนำไปใช้อีก

อันตรายจากการใช้สารเหล่านี้(3) ผู้ได้รับพิษยาจะมีอาการวิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย เหงื่อออกมาก ม่านตาหรี่เล็ก ตาพร่า ปวดช่องท้อง ท้องร่วง หายใจขัด ให้รีบนำผู้ป่วยออกจากบริเวณที่ใช้วัตถุมีพิษ ชำระล้างร่างกายให้สะอาด แล้วเปลี่ยนเสื้อผ้าผู้ป่วยเสียใหม่ ให้ผู้ป่วยอยู่ในที่อากาศถ่ายเทได้ หากมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นที่บริเวณผิวหนังที่สัมผัสสาร ให้ล้างด้วยน้ำและสบู่ ถ้าวัตถุมีพิษเข้าปากต้องทำให้อาเจียนโดยเร็วโดยการล้วงคอ หรือกรอกไข่ขาวดิบลงคอผู้ป่วยเพื่อให้อาเจียนออกมา แล้วให้ผู้ป่วยกินยาอาโทรปินซัลเฟต ขนาด 1/100 เกรน 2 เม็ด หรือทำการปฐมพยาบาลตามคำแนะนำของฉลากที่ติดข้างขวด และรีบนำส่งโรงพยาบาลหรือหน่วยอนามัยที่อยู่ใกล้เคียงทันที พร้อมนำภาชนะบรรจุหรือฉลากวัตถุมีพิษไปด้วย

สารกำจัดศัตรูพืชเหล่านี้ หากเกษตรกรใช้อย่างระมัดระวัง ก็จะไม่ก่อให้เกิด อันตรายแต่อย่างใด แต่ถ้าเกษตรกรใช้ไม่ระมัดระวังแล้วจะก่อให้เกิดอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้เป็นอันดับแรก ต่อมาคือ ผู้บริโภคหากเกษตรกรฉีดพ่นสารเหล่านี้แก่พืชมากเกินไป จะก่อให้เกิดสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน น้ำ กระจายทั่วไปในอากาศ และ/หรือ ตกค้างอยู่ในผลิตผลทางการเกษตรต่างๆ ที่ถูกฉีดนั้น(4-5) ซึ่งอันตรายจะไปสู่ผู้บริโภคต่อไป(6) ดังนั้นทางที่ดีจึงเห็นควรมีการตรวจหาปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในธัญญพืชและพืชผักต่างๆ ก่อนถึงผู้บริโภค ซึ่งสามารถทำได้สะดวก รวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์ปริมาณน้อยๆ ได้ ซึ่งทาง FAO/WHO ได้กำหนดปริมาณสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งตกค้างในพืชต่างๆ มีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อ พืชและธัญญพืชหนึ่งกิโลกรัม (7)

Bowman และ Beroza (8) ได้ทำการวิเคราะห์สารกำจัดแมลงพวกออร์แกโนฟอสฟอรัส (organophosphorus) 20 ชนิดในข้าวโพดและนม ทำการแยกบนคอลัมน์ 4 ชนิดและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟี (GC) และ การสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์

ได้ Recoveries 80-90 %

Sighn และ Lapoite ได้ทำการเปลี่ยนสารประกอบออร์แกโนไธโอฟอสฟอรัส (organothiophosphorus) เป็นอนุพันธ์โดยให้ถูกออกซิไดซ์ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโป-คลอไรด์(sodium hypochlorite) แล้วจึงทำการวิเคราะห์ด้วย GC โดยมี FPD (Flame Photometric Detector)เป็นเครื่องตรวจวัดได้เซนซิติวิตี(sensitivity) 0.25-0.5 ppm

Blaha และ Jackson(9)ได้ทำการวิเคราะห์สารประกอบ organophosphorus ในอาหารโดยทำการ clean-up ด้วย Gel Permeation Chromatography (GPC) และทำการวิเคราะห์โดยใช้ GC ที่มี Electron Capture Detector(ECD) เป็นเครื่องตรวจวัดได้ Recoveries 80-118 %

คณะกรรมการตรวจสอบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรของสหราช อาณาจักร(10) ได้กำหนดวิธีการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช organophosphorus ในเมล็ดพืช โดยทำการสกัดด้วย อะซีโตน-น้ำ แยกซ้ำด้วยไดคลอโรมีเทน และทำการ clean-up บน silica gel-charcoal column วิเคราะห์ด้วย GC ผลการทดลองจากห้องทำการวิจัย 14 แห่ง ได้ค่าเฉลี่ย Recoveries 74 %

ในการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช carbamates นั้น Krause และ August(11) ได้วิเคราะห์สารตกค้าง carbamates 22 ชนิดในผักและผลไม้ โดยทำการสกัดด้วยเมธานอล (methanol) ทำการ clean-up ด้วย charcoal-silanized Celite column ทำการวิเคราะห์ด้วย GC โดยใช้เครื่องตรวจวัด ECD หรือ FPD และ ใช้เทคนิคทาง HPLC โดยใช้เครื่องตรวจวัดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescence Detector)ค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์สำหรับสารที่มีเซนซิติวิตีสูง สามารถวิเคราะห์ได้ต่ำถึง 0.02-0.5 ppm

Leppert(12) ได้ทำการวิเคราะห์สารตกค้าง Carbofuran ในพืช ดิน และ น้ำ โดยการสกัดด้วย Hexane-2-Propanol หรือ Methanol-buffered water ตามด้วยการ clean-up ด้วย Florisil, gel permeation และ Darco-Attaclay ผสมอลูมินา (alumina) แล้วจึงทำการหาปริมาณโดยใช้ GC และเครื่องตรวจวัดที่ไวต่อสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบได้ค่า Recoveries ที่ดี ผลการวิเคราะห์ในพืชและดินอยู่ในระดับ 0.05 ppm และ ในระดับ 0.01 ppm ในน้ำ

Roseboom และ Herbold(13)ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณไตรอะซีน(triazine)

เช่น อะมีทริน ในพืชต่างๆ โดยทำการสกัดด้วยไดคลอโรมีเทน(dichloromethane) และ clean-up ด้วยการผ่านคอลัมน์ที่บรรจุด้วย silica gel แล้วใช้คาพิลลารีคอลัมน์ที่เคลือบด้วย OV-225 หรือ Carbowax 20 M มี thermionic detector เป็นเครื่องตรวจวัด ได้ค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ถึง 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมี Recoveries ประมาณ 100 %

Bardalaye และ Wheeler(14)ทำการหาปริมาณสารตกค้างของอะมีทรินและ Metabolites ของอะมีทรินในรากพืชเมืองร้อนโดยทำการสกัดด้วย เอธิลอะซีเตต-โทลูอีน แยกและตรวจหาปริมาณโดยใช้คอลัมน์ที่บรรจุด้วย 5% DEGS-PS เคลือบบน Supelcoport ขนาด 100-200 mesh วัดโดยใช้ GC มีเครื่องตรวจวัดเป็น FPD หรือ NP detector ได้ค่า Recoveries 67-111% ในช่วงความเข้มข้น 0.1-1.0 ไมโครกรัมต่อกรัม

Lawrence (15) ได้ใช้ HPLC ในการวิเคราะห์คาร์บาเมตในอาหาร โดยใช้อะซีโตนในการสกัด และ clean-up ด้วย 2% deactivated Florisil column ได้ค่าขีดจำกัดการวิเคราะห์ต่ำถึง 0.1-0.3 ppm สำหรับสารที่ไม่ไวต่อแสง UV และ 0.004 - 0.05 ppm สำหรับสารที่ไวต่อแสง UV สูง

สำหรับการใช้เทคนิคทางธินแลร์โครมาโทกราฟีในการวิเคราะห์สารนั้น Ramasamy (16) ได้ทำการวิเคราะห์สารประกอบพวกออร์แกโนฟอสฟอรัสและพวกคาร์บาเมต โดยทำการฉีดพ่นสารเคมี เพื่อทำปฏิกิริยาลงบนแผ่น TLC เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจวัดมากขึ้น สามารถทำปริมาณวิเคราะห์ ในช่วงความเข้มข้นของสารบนแผ่น TLC ได้ 0.1-20 ไมโครกรัม

Mendoza และ Shields(17)ได้ทำการวิเคราะห์สารประกอบออร์แกโนฟอสฟอรัสและพวกคาร์บาเมตโดยใช้ enzyme-inhibition -TLC เพื่อเพิ่มเซนซิติวิตีของ TLC โดยใช้เอนไซม์เอสเทอเรส(esterase) จากตับลูกวัวหรือตับหมู แล้วทำการรม(exposed) และไม่รมด้วยไอโบรมีน(bromine) ผลที่ได้ให้เซนซิติวิตี สูงในระดับนาโนกรัม

Ernst(18) ได้ลองหาเซนซิติวิตีโดยการวิเคราะห์ด้วยการใช้เอนไซม์เอสเทอเรสจาก drosophila ตับหนูและหัวผึ้ง ในการฉีดพ่นสารประกอบออร์แกโนฟอสฟอรัสและพวกคาร์บาเมตบนแผ่น TLC ที่สกัดจากผักและผลไม้พบว่าเอนไซม์เอสเทอเรสจากหัวผึ้งให้เซนซิติวิตีสูงขึ้น สำหรับการวิเคราะห์สามารถให้เซนซิติวิตีอย่างน้อย 1 ไมโครกรัมได้

ตามที่ FAO/WHO ได้กำหนดวิธีศึกษาปริมาณวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชในพืช และในธัญญพืชต่างๆ ไว้(19)คือสำหรับโมโนโครโทฟอส(Monocrotophos)และเมธิลพาราไธออน

(Methyl Parathion)ให้ทำการวิเคราะห์โดยเทคนิค Enzyme-Inhibition/TLC (20-21) และ GC(9,22) สำหรับเมวินฟอส(Mevinphos) ให้ทำการวิเคราะห์โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของอนุพันธ์ที่ระเหยได้ แล้วทำการวิเคราะห์โดยเทคนิค GC หรือ HPLC ต่อไป (16,23)

1.2 <u>วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย</u>

1. เนื่องจากการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช และสารตกค้าง (residues) บางประเภทนั้นได้แก่ พวกออร์แกโนฟอสฟอรัส คาร์บาเมต และสารกำจัดศัตรูพืชที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปจะใช้เทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟี ซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องตรวจวัดพิเศษที่ไวต่อการตรวจวัดได้แก่ NPD (Nitrogen Phosphorus Detector) NPD นี้เป็นเครื่องตรวจวัดที่มีเซนซิติวิตีสูงทำให้การตรวจวัดยุ่งยากและบางครั้งให้ผลการวิเคราะห์มีความผิดพลาดสูง นอกจากนี้ยังราคาแพงอีกด้วย ดังนั้นจึงของนำเสนอเทคนิคทางไฮเปอร์ฟอร์แมนซ์ธินแลร์โครมาโทกราฟี (HPTLC) ซึ่งคาดว่าจะเป็นเทคนิคที่ทำการวิเคราะห์ได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่า

2. เพื่อหาวิธีวิเคราะห์ตลอดจนขั้นตอนต่างๆ จนสามารถทำให้เทคนิคนี้นำไปใช้กับการวิเคราะห์แบบประจำ(Routine Analysis) สำหรับการวิเคราะห์สารตกค้างสารกำจัดศัตรูพืชในผลิตผลทางการเกษตร

1.3 <u>ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยโดยย่อ</u>

1. ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลในเรื่อง

- สารกำจัดศัตรูพืช ประเภทและชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการทดลองอันได้แก่ อะมีทริน เบนไธโอคาร์บ คาร์โบฟูราน เมธิลพาราไธออน โมโนโครโทฟอสและเมวินฟอส รวมทั้งคุณสมบัติต่างๆ เทคนิควิธีการแยก และการวิเคราะห์สารต่างๆ เหล่านั้น

- เทคนิคธินแลร์โครมาโทกราฟี และเทคนิคไฮเพอฟอร์แมนซ์ธินแลร์โครมาโทกราฟี วิธีการใช้และพัฒนาเทคนิคนี้ วิธีการแยกและวิธีการวิเคราะห์สารชนิดต่างๆ โดยใช้เทคนิคชนิดนี้

2. ศึกษาลักษณะการแยก สารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดดังกล่าว โดยการทำคุณภาพวิเคราะห์ ด้วยเทคนิค TLC ทั้งในโมบายเฟสที่เป็นตัวทำละลายเดี่ยว และตัวทำละลายผสม 2-3 ชนิด

3. ศึกษาลักษณะการแยก การทำคุณภาพวิเคราะห์ สารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดดังกล่าว โดยนำโมบายเฟสที่ศึกษาแล้วจากข้อ 2 มาทดลองซ้ำอีกครั้ง ด้วยเทคนิค HPTLC เพื่อ

หาค่า R_f ที่แน่นอน และหาโมบายเฟสที่เหมาะสมจริงต่อการแยกอีกครั้งหนึ่ง

4. โดยใช้โมบายเฟสที่เหมาะสมต่อการแยกนั้น ทำการหาค่าความแม่นยำ (precision)ของการวิเคราะห์ ในเรื่องของจำนวนครั้งในการ scan ด้วยเครื่อง HPTLC ความแม่นยำของการใส่สารด้วยเครื่อง Linomat II และอื่นๆ

5. หาค่าความถูกต้อง(accuracy)ของการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดเหล่านั้น และ ของผสม โดยใช้โมบายเฟสดังกล่าว ซึ่งทำทั้งในรูปแบบของ External Standardization และ Internal Standardization

6. หาเทคนิคการแยกสกัด และการวิเคราะห์สารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งอยู่ใน ข้าว ข้าวโพด และ กระหล่ำปลี โดยการหาค่า % Recovery ด้วยโมบายเฟสหลายชนิด เมื่อไม่ทำการ clean-up

7. ทำการวิเคราะห์โดยการหาค่า % Recovery ของสารกำจัดศัตรูพืชในธัญญพืชดังกล่าว เมื่อทำการ clean-up สารตัวอย่างและทำ development ในโมบายเฟสหลายชนิด และโมบายเฟสในข้อ 3

1.4 <u>ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1. คาดว่าจะได้เทคนิคการวิเคราะห์สารตกค้างจากสารกำจัดศัตรูพืช ในผลิตผลทางการเกษตรโดยเฉพาะพวกออร์แกโนฟอสฟอรัส คาร์บาเมต และสารประกอบพวกไตรอะซีน ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์โดยเทคนิค HPTLC ซึ่งทำได้ง่ายและสะดวกกว่า

2. คาดว่าเทคนิคนี้สามารถนำไปใช้การแยกและการวิเคราะห์สารอินทรีย์อื่น ๆ เช่น พวกยา ฮอร์โมน สารจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ(Natural Product) เป็นต้น

3. คาดว่าจะได้เทคนิคการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย

1.5 <u>การจำแนกชนิดของสารกำจัดศัตรูพืช</u> (24)

สารกำจัดศัตรูพืชสามารถจำแนกออกได้หลายลักษณะ คือ

1. โดยเป้าหมายของการกำจัด สามารถแบ่งได้เป็น สารกำจัดแมลง (insecticides) สารกำจัดวัชพืช(herbicides) สารกำจัดเชื้อรา(fungicides) สารกำจัดหนู(rodenticides) สารกำจัดพืชเล็กๆ พวกสาหร่าย(algaecides) สารกำจัดทาก (molluscicides) สารกำจัดเห็บ ไร(acaricides) สารกำจัดไส้เดือน(nematocides) เป็นต้น

2. โดยคุณสมบัติทางเคมี สามารถแบ่งได้เป็น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ (chlorinated hydrocarbon) สารประกอบออร์แกโนฟอสเฟส (organophosphates) สารประกอบคาร์บาเมต (carbamates) เป็นต้น

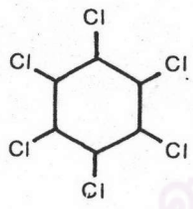
3. โดยลักษณะทางกายภาพ สามารถแบ่งได้เป็น ลักษณะเป็นฝุ่นผง สารละลาย สารแขวนลอย ของแข็งระเหิดได้ เป็นต้น

4. โดยรูปแบบของความเป็นพิษ(mode of action) สามารถแบ่งได้เป็น สารที่เป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร (stomach poison) สารที่เป็นพิษเมื่อสัมผัส (contact poison) สารที่ไอระเหยเป็นพิษ (fumigants) เป็นต้น

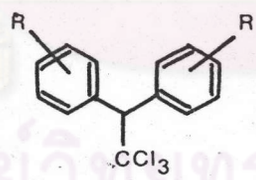
ซึ่งในที่นี้จะทำการแบ่งชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นสารอินทรีย์ โดยจำแนกตามคุณสมบัติทางเคมีได้เป็น(25)

1.5.1 <u>สารประกอบออร์แกโนคลอรีน</u> (Organochlorines)

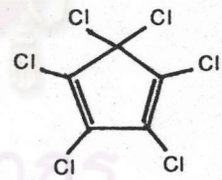
สารประกอบอินทรีย์ประเภทนี้ มีสูตรโครงสร้างซึ่งมีหมู่ฟังชันนัล(functional group) เป็นคลอรีน ตัวอย่างของสารประเภทนี้ ได้แก่



Hexachloro-
cyclohexane



Diphenyl-
trichloroethanes
(DDT, methoxychlor)

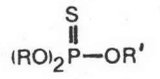


Chlorinated
cyclopentadiene adducts
(เช่น aldrin,heptachlor,endrin,
endosulphan เป็นต้น)

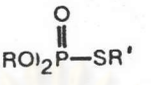
สารประกอบประเภทนี้ มีความเสถียร มีสมบัติที่ไม่ละลายน้ำ หรือละลายน้ำได้น้อยมาก (ประมาณ 0.15 ส่วนในพันล้านส่วน) แต่ละลายในไขมันได้ดี ดังนั้นสารประเภทนี้จึงจัดเป็นสารที่เป็นพิษเมื่อสัมผัส

1.5.2 <u>สารประกอบออร์แกโนฟอสเฟต</u> (Organophosphates)

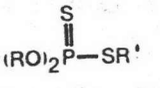
สารประกอบประเภทนี้มีความเป็นพิษมากกว่าสารประกอบออร์แกโนคลอรีนแต่มีความคงทน(persistance) ต่ำกว่า ความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าสารประกอบออร์แกโนคลอรีน สามารถแบ่งออกตามลักษณะสูตรโครงสร้างได้เป็น 3 แบบ คือ



ฟอสฟอโรไธโอเนต



ฟอสฟอโรไธโอเลต



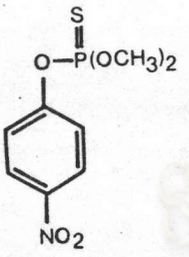
ฟอสฟอโรไดไธโอเอต

(phosphorothionates) (phosphorothiolates) (phosphorodithioates)

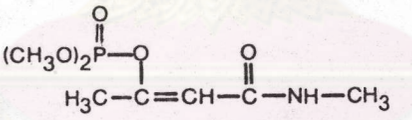
โดยที่ หมู่ R โดยปกติจะเป็นหมู่เมธิล(methyl group) หรือ หมู่เอธิล(ethyl group)

หมู่ R' คือ หมู่อัลคิล(alkyl) หรือ หมู่เอริล(aryl) ยิ่งหมู่ R' ใหญ่มากขึ้นเท่าใดยิ่งเพิ่มความเป็นพิษ และความคงทนมากขึ้น

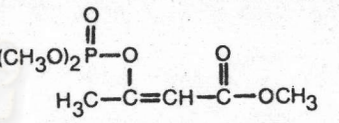
ตัวอย่างของสารประกอบเหล่านี้ได้แก่



เมธิลพาราไธออน



โมโนโครโทฟอส



เมวินฟอส , ฟอสดริน

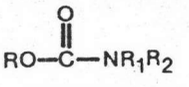
(Methyl Parathion) (Monocrotophos) (Mevinphos , Phosdrin)

LD_{50} = 6 LD_{50} = 21 LD_{50} = 3.7

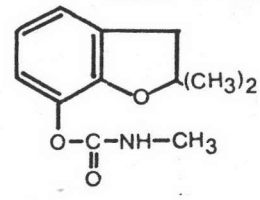
ในทางชีววิทยา สารประกอบออร์กาโนฟอสเฟตทำให้เกิดความเป็นพิษโดยไปรบกวนระบบของเอนไซม์ในร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเอนไซม์อะซีทิลโคลิเนสเตอเรส (acetylcholinesterase)

1.5.3 <u>สารประกอบคาร์บาเมต</u> (Carbamates)

สารประกอบเหล่านี้เป็นอนุพันธ์ของกรดคาร์บามิค (carbamic acid) มีสูตรโครงสร้าง ดังนี้



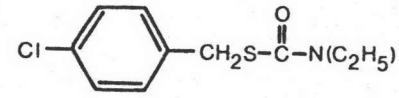
เมื่อ หมู่ R คือ หมู่อะโรแมติกฟีนอลิกเอสเทอร์ (aromatic phenolic ester group) และ R_1, R_2 คือ หมู่ไฮโดรเจน(H) หรือ หมู่อัลคิล สารประกอบเหล่านี้ใช้เป็นสารกำจัดแมลง หรือ บางชนิดใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช ตัวอย่างเช่น



คาร์โบฟูราน , ฟูราดาน

(Carbofuran , Furadan)

LD_{50} = 5.3



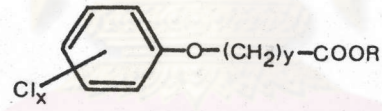
เบนไธโอคาร์บ , ไธโอเบนคาร์บ

(Benthiocarb , Thiobencarb)

LD_{50} = 1,903

1.5.4 <u>สารประกอบอนุพันธ์ของ กรดฟีนอกซีอัลคาโนอิก</u> (Phenoxy Alkanoic Acid)

สารประกอบเหล่านี้มักใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช ลักษณะโครงสร้างของสารประกอบเหล่านี้ คือ

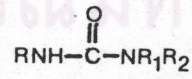


เมื่อ X มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 3 (และโดยปกติจะอยู่ในตำแหน่ง 2, 4 และ 5 ของวงเบนซีน

Y มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 3

1.5.5 <u>สารประกอบยูเรีย</u> (Substituted Urea)

สารประกอบเหล่านี้มีการละลายน้ำน้อย มีสูตรโครงสร้างดังนี้

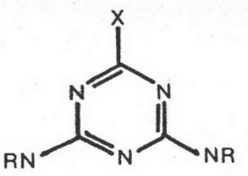


โดยที่ R เป็น หมู่อะโรมาติกที่มีคลอรีนเป็นหมู่แทนที่ (substituted chlorinated aromatic ring)

R_1, R_2 คือ หมู่ไฮโดรเจน หมู่อัลคิล หรือหมู่อัลคอกซี(alkoxy group)

1.6.6 <u>สารประกอบไตรอะซีน</u> (Triazines)

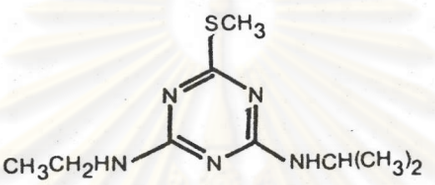
สารประกอบชนิดนี้มักใช้เป็นสารกำจัดวัชพืช มีสูตรโครงสร้างเป็น



เมื่อ X เป็นกลุ่มเฮไลด์(halide) ได้แก่ คลอรีน(Cl) โบรมีน(Br)

R คือ หมู่อัลคิล

ตัวอย่างเช่น



อะมีทริน

(Ametryne)

LD_{50} = 1,750

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย