

การหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในดิน  
จังหวัดสุโขทัย

ปริญญานิพนธ์

ของ

มุกดา ประสพศิลป์

ขอสมุดกตจาก  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

11 มีนาคม 2519

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญาชั้นมัธยมศึกษา ให้สมควร  
รับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

๑

นาย ด้วง

ประธาน

นาย วัชร

กรรมการ

11 มีนาคม 251๑

## ประกาศกฤษฎีกา

ปริญญาบัตรฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและแนะนำอย่างดียิ่งจาก  
ดร. ประยูร คีมา ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อาจารย์อาภรณ์ วีรสาร  
กรรมการที่ปรึกษาการทำปริญญาบัตร ท่านอาจารย์ทั้งสองได้กรุณาให้ใช้เครื่องมือ  
ให้ทราบกึกเห็น ช่วยเหลือแนะนำและตรวจแก้ไขปริญญาบัตรตั้งแต่ต้นจนจบ ผู้เขียน  
ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ดร. เทียนชัย รุ่งสินธุศักดิ์ คุณวิเชียร ญัฐวัฒนานนท์  
คุณนอย เพชรผึ้ง คุณอรุณเวทย์ นิลกำแหง คุณเสอศักดิ์ จตุรภูช นักวิทยาศาสตร์  
และเจ้าหน้าที่ทุกท่านของโครงการวิจัยวัฏภูมิพีชที่ให้คำปรึกษาแนะนำเกี่ยวกับวิธีการทดลอง  
การใช้เครื่องมือ และช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดินเป็นอย่างดี

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือจนทำให้ปริญญาบัตร  
ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี.

มุกดา ประสพศิลป์

## สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	คำนำ	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
	คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	4
	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	5
2	ทฤษฎีโครมาโตกราฟี	12
	โครมาโตกราฟีแบบกาซ-ของเหลว	12
	โครมาโตกราฟีแบบ thin-layer	14
3	วิธีดำเนินการทดลอง	16
	การเก็บตัวอย่าง	16
	การวิเคราะห์ตัวอย่าง	16
	การวิเคราะห์ข้อมูล	18
	การวัดการกระจายของข้อมูลและการแจกแจงข้อมูล	22
	การทดลองเพื่อยืนยัน	23
4	ผลการทดลอง	27
5	สรุป อภิปรายผล และขอเสนอแนะ	42
	สรุปผลการทดลอง	43

บทที่	หน้า
5 (ต่อ) อภิปรายผลการทดลอง	46
ข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50
ภาคผนวก	

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้างในดิน	7
2 แสดงปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดที่พบในดิน ทุกตัวอย่าง ( ppb )	28

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	แผนผังแสดงการทำงานของโครมาโตกราฟีแบบ กาซ-ของเหลว	14
2	แสดง retention time ของสารเคมีมาตรฐาน	19
3	แสดง retention time ของยาฆ่าแมลงในตัวอย่าง ที่สกัดได้	19
4	วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของยาฆ่าแมลง	20
5	วิธีการวิเคราะห์หาชนิดของยาฆ่าแมลงโดย TLC ตัวอย่าง ละลายที่เป็นตัวพา 1% acetone ใน n-heptane	25
6	วิธีการวิเคราะห์หาชนิดของยาฆ่าแมลงโดย TIC ตัวอย่างละลายที่เป็นตัวพา n-heptane	26
7	แสดง Chromatogram ของ standard heptachlor, heptachlor epoxide, aldrin, $\gamma$ -chlordane: ใช้ column 3% OV-1 on Chromosorb W.	34
8	แสดง Chromatogram ของ standard p,p'-DDE, p,p'-DDE, p,p'-DDT, endrin, o,p'-DDT ใช้ column 3% OV-1 on Chromosorb W.	35
9	แสดง Chromatogram ของกินตัวอย่างที่ 20 เดือน พฤษภาคม ใช้ column 3% OV-1 on Chromosorb W	36

- |    |  |         |
|----|--|---------|
| 10 | แสดง Chromatogram ของคินตัวอย่างที่ 21 เค็อน<br>พฤษภาคม ใช้ Column 3/ OV-1 on Chromosorb W.          | 37      |
| 11 | แสดง Chromatogram ของคินตัวอย่างที่ 24 เค็อน<br>พฤษภาคม ใช้ Column 3/ OV-1 on Chromosorb W.          | 38      |
| 12 | แสดง Chromatogram ของตัวอย่างคินเค็อนกรกฎาคม:<br>ตัวทำละลายที่เป็นตัวพา 1% acetone ใน<br>n - heptane | 40      |
| 13 | แสดง Chromatogram ของตัวอย่างคินเค็อนกรกฎาคม:<br>ตัวทำละลายที่เป็นตัวพา n - heptane                  | 41      |
| 14 | เครื่องแบ่งส่วนคิน   | ภาคผนวก |
| 15 | เครื่องสกัดชนิด soxhlet extractor  | ภาคผนวก |
| 16 | เครื่อง Gas Chromatograph  | ภาคผนวก |
| 17 | แสดงการทำ partition  | ภาคผนวก |

## คำนำ

ปัจจุบันนี้หลายประเทศทั่วโลกกำลังประสบปัญหาที่นำวิตกอย่างยิ่งปัญหาหนึ่ง และกำลังได้รับความสนใจอย่างมากก็คือปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เช่น อากาศเป็นพิษ ดินเป็นพิษ น้ำเป็นพิษ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น การปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ เหมมาและควันพิษจากเครื่องยนต์ และโรงงานอุตสาหกรรม การทิ้งขยะมูลฝอยที่เน่าเปื่อยยากหับถมลงบนดิน และการใช้ยาฆ่าแมลงเพื่อกำจัดศัตรูพืช

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินเป็นพิษมากขณะนี้คือการใช่ว่าฆ่าแมลงเพื่อกำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลงเป็นวัตถุที่มีพิษที่สังเคราะห์ขึ้นจากอินทรีย์วัตถุและอนินทรีย์วัตถุใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศเกษตรกรรม ภายหลังจากที่เกษตรกรฉีดพ่นยาฆ่าแมลงลงบนต้นพืชหรือใส่ในดินโดยตรง ยาฆ่าแมลงเหล่านั้นจะสะสมอยู่ในดินเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนอาจถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำหรือระเหยเป็นไอปะปนอยู่ในอากาศ ยาฆ่าแมลงจะสะสมอยู่ในดินมากน้อยเพียงไรนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง คือ

1. ชนิดของยาฆ่าแมลง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ ยาฆ่าแมลงประเภทคลอรีเนกเกิดไฮโดรคาร์บอน (Chlorinated Hydrocarbons) เช่น ดีดีที เฮพทาคลอร์ ออลดริน เป็นต้น ยาฆ่าแมลงประเภทนี้จะถูกแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในดินทำลายได้ช้าจึงสะสมอยู่ในดินเป็นเวลาประมาณ 15 - 20 ปี ยาฆ่าแมลงประเภทออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphates) เช่น พาราไธออน มาลาไธออน และยาฆ่าแมลงประเภทคาร์บาเมต (Carbamates) เช่น คาร์บาริล คาร์โบทีเวแรน เป็นต้น ยาฆ่าแมลงสองประเภทหลังจะถูกแบคทีเรียในดินทำลายได้รวดเร็วจะสะสมอยู่ในดินเป็นเวลาประมาณ 2 - 5 ปี

2. ความสามารถของยาฆ่าแมลงที่จะเกาะกับอนุของดิน โดยทั่วไปอนุของดินที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ ถ้ายาฆ่าแมลงประเภทใดที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกก็สามารถเกาะกับอนุของดินได้แน่นและมากกว่ายาฆ่าแมลงที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ

3. อุณหภูมิและความชื้นของดิน ถ้าดินมีอุณหภูมิและความชื้นพอเหมาะสำหรับแบคทีเรียในดินเจริญเติบโตได้ดี แบคทีเรียจะสามารถทำให้ยาฆ่าแมลงในดินสลายตัวได้มากขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิและความชื้นของดินไม่พอเหมาะ ซึ่งมีผลทำให้แบคทีเรียเติบโตช้าจึงสลายยาฆ่าแมลงในดินได้น้อยกว่า

4. ความสามารถของพืชที่จะดูดซึมยาฆ่าแมลง พืชสามารถดูดซึมยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดได้แตกต่างกัน เช่น มันฝรั่ง และหัวผักกาดแดง สามารถดูดเอเฟนทาลออร์เข้าไปสะสมในรากของมันได้มาก แต่มันฝรั่งไม่สามารถดูดออกอร์ชินเข้าไปได้ สำหรับหัวผักกาดแดงสามารถดูดออกอร์ชินเข้าไปสะสมในรากของมันได้ (ประยูร คีมา, ม.ป.ป.)

5. ความสามารถของน้ำที่จะชะล้างยาฆ่าแมลง ยาฆ่าแมลงที่เกาะอยู่กับอนุของดินอาจถูกน้ำฝน น้ำประปา หรือน้ำที่ใช้ในทางเกษตรกรรมชะล้างหรือสาดลงไปปะปนอยู่ในแม่น้ำ ลำธาร ห้วย หนอง บึง ซึ่งจะทำให้ยาฆ่าแมลงที่สะสมอยู่ในดินมีปริมาณน้อยลง

6. การสลายตัวของยาฆ่าแมลงในดินด้วยกระแสดม การที่ลมพัดพาเอา ยาฆ่าแมลงที่ปะปนอยู่ในดินปลิวไปในอากาศ ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพและอนามัยของประชาชน หรือสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ

การสะสมของยาฆ่าแมลงในดินมีผลทำให้แมลงที่อาศัยอยู่ในดินสามารถสร้างความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงได้ นอกจากนั้นยาฆ่าแมลงยังสามารถถูกดูดซึมและเคลื่อนย้ายเข้าสะสมอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ยาฆ่าแมลงบางชนิดมีสารที่ทำลายเมตาโบลิซึมของพืช อาจทำให้พืชตายในทันที ยาฆ่าแมลงเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงที่นอนและซุกคุ่นหาอาหารในดินเป็นต้น เหตุนี้จึงกล่าวเหล่านี้เองเป็นสาเหตุคลอใจให้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หา ยาฆ่าแมลงที่สลายตัวช้าในดิน โดยใช้โครมาโตกราฟีแบบกาซ-ของเหลว (gas - liquid chromatography) เพราะเป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์หา ยาฆ่าแมลง

ที่มีปริมาณน้อยมากได้

### ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในพื้นที่ดินที่ไ้ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัย

### ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่าในพื้นที่ไ้ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัยมียาฆ่าแมลงประเภทคลอริเนตเต็คไฮโดรคาร์บอน ชนิดใดบ้าง และปริมาณเท่าไร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในด้านกำรส่งเสริมการเกษตรเกี่ยวกับการแนะนำยาฆ่าแมลงที่จะใช้กับพืชไร้เพื่อให้มียาฆ่าแมลงตกค้างอยู่ในดินน้อยที่สุด

2. เทคนิคและวิธีการที่ไ้จากการศึกษาค้นคว้าและทดลองครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับอุดมศึกษาได้

3. เทคนิคและกระบวนการทดลองครั้งนี้ จะไ้หลักและวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมเกี่ยวกับ Soil Pollution เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการวิจัยเกี่ยวกับ Soil Pollution ไ้ศึกษาต่อไป

### ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

การศึกษาค้นคว้ามี่ขอบเขตดังนี้

1. ศึกษาเฉพาะพื้นที่ดินที่ไ้ทำไร่จากอำเภอต่าง ๆ ของจังหวัดสุโขทัยรวม 9 แห่ง เป็นเวลา 4 เดือน โดยออกเก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง ๆ ละ 27 ตัวอย่าง (แหล่งละ 3 ตัวอย่าง) รวม 108 ตัวอย่าง

2. ศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงประเภทคลอริเนตเต็คไฮโดรคาร์บอนที่กสิกรรมใช้ทั่วไปเท่านั้น

## คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

1. ยาฆ่าแมลง หมายถึง วัตถุที่มีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูพืช
2. วัตถุที่มีพิษ หมายถึง สารออกฤทธิ์หรือวัตถุที่มีสารออกฤทธิ์ผสมอยู่ รวมทั้ง วัตถุที่มีพิษชนิดธรรมดา และวัตถุที่มีพิษชนิดร้ายแรง
3. สารออกฤทธิ์ หมายถึง เคมีภัณฑ์หรือสิ่งที่มีคุณสมบัติอันอาจทำให้เกิดอันตราย แก่มนุษย์ สัตว์ และพืช
4. ยาฆ่าแมลงประเภทคลอรีเนตเค็ทไฮโดรคาร์บอน หมายถึง ยาฆ่าแมลงที่มี องค์ประกอบของธาตุคาร์บอน (Carbon) ไฮโดรเจน (Hydrogen) และคลอรีน (Chlorine) ยาฆ่าแมลงที่กลไกการนิยมนใช้ทั่วไป คือ ดีดีที (p, p'-DDT) ทีดีอี (p, p'-TDE) ดีดีอี (p, p'-DDE) ออโตพาราดีดีที (o, p'-DDT) ดีลด์ริน (dieldrin) ออลด์ริน (aldrin) เฮปตาคลอร์ (heptachlor) เฮปตาคลอร์-เอพอกไซด์ (heptachlor epoxide) คลอเดน (γ-chlordane) และเอนดริน (endrin)
5. Thin-Layer Chromatography (TLC) หมายถึง วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลาง เช่น Silica gel Alumina เป็นต้น เคลือบอยู่บน แผ่นแก้ว ไซคลอสมบัตินี้ของตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายและพาสารตัวอย่างไปได้ใน อัตราเร็วต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสาร
6. Gas - Liquid Chromatography (GLC) หมายถึง วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลางเป็นของเหลวเคลือบอยู่บนเม็ดของแข็ง ซึ่งบรรจุอยู่ภายในท่อ (Column) แล้วใช้ก๊าซ เช่น ไนโตรเจน เป็นตัวพาสารผสมให้แยกออกจากกัน
7. ดิน หมายถึง ดินที่ได้จากการเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ที่ใส่หัวไร่ของจังหวัด สุโขทัย

8. สกัค หมายถึงวิธีการแยกยาฆ่าแมลงที่ปนอยู่ออกจากดิน โดยตัวทำละลาย จะละลายยาฆ่าแมลงจากดินออกมาเป็นสารละลาย

9. ppm (part per million) หมายถึงหน่วยวัดปริมาณยาฆ่าแมลง ปริมาณยาฆ่าแมลง 1 ppm หมายถึงยาฆ่าแมลงหนึ่งในสารตัวอย่างหนึ่งล้านส่วน หรือหนึ่งมิลลิกรัมในสารตัวอย่างหนึ่งกิโลกรัม

10. ppb (part per billion) หมายถึงหน่วยวัดปริมาณยาฆ่าแมลง ปริมาณยาฆ่าแมลง 1 ppb หมายถึงยาฆ่าแมลงหนึ่งในสารตัวอย่างหนึ่งพันล้านส่วน หรือหนึ่งไมโครกรัมในสารตัวอย่างหนึ่งกิโลกรัม

11. เมช (mesh) หมายถึงหน่วยวัดความถี่ของตะแกรง ซึ่งแสดงจำนวนช่องตาม ความยาว 1 นิ้ว เช่น 1 เมช หมายถึง 1 ช่องต่อ 1 ตารางนิ้ว  
5 เมช หมายถึง 25 ช่องต่อ 1 ตารางนิ้ว เป็นต้น

### เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

เชสเตอร์และอาร์มสตรอง (Chester and Armstrong , 1972) ได้ศึกษา ตัวทำละลายที่ใช้สกัดดินในห้องปฏิบัติการ โดยใส่ DDT 0.025 ppm. ลงในดิน เป็นเวลา 1 - 7 วัน แล้วนำมาสกัดโดยใช้ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ acetone ในอัตราส่วน 4:59 ปรากฏว่าได้ผลดีมาก นักวิทยาศาสตร์ท่านอื่นได้ ทดลองใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายนี้ไปสกัดดินก็ได้ผลเป็นที่พอใจมากกว่าตัวทำละลาย ชนิดอื่น ๆ

โคลและคณะ ( Cole, et al., 1967) ได้ศึกษาดินตอนเหนือของเพนซิลวาเนีย โดยการสกัดด้วย soxhlet extractor และตัวทำละลายผสมที่ใช้คือ hexane กับ acetone ในอัตราส่วน 2:1 ทำการสกัดนาน 16 ชั่วโมง ต่อจากนั้นทำ partition โดยใช้ acetone แล้วผ่านลงไปในห้องซึ่งบรรจุด้วย alumina Celite<sup>(R)</sup> และ Nuchar activated carbon ในอัตราส่วน 2:1:1 เพื่อกรอง สิ่งสกปรกและเม็คส์ออกจากสารตัวอย่าง แล้วนำไปวิเคราะห์หาตัวพิษโดยใช้เครื่อง

gas chromatograph ที่มีเครื่องตรวจ (detector) ชนิด electron capture ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าพบวัตถุพิษน้อยมาก วัตถุพิษชนิดที่พบก็คือดีดีดี ออโทพารา-ดีดีดี ดีดีดี และดีดีดี

โคจิมาจิและเทอริเออร์ (Kijemagi and Terriere, 1972) ได้ศึกษาการสลายตัวของวัตถุพิษในดินในสวนผลไม้ โดยเปรียบเทียบระหว่างสวนที่ Hood River กับสวนที่ Medford สวนที่ Hood River ใส DDT 414 ปอนด์ และ dicofol 22.1 ปอนด์ สวนที่ Medford ใส DDT 169 ปอนด์ และ dicofol 14.32 ปอนด์ โดยแบ่งดินเป็น 4 ส่วนตามความลึกดังนี้คือ 0 - 6 นิ้ว 7 - 12 นิ้ว 13 - 24 นิ้ว และ 25 - 36 นิ้ว ทำการสกัดโดยเขย่าดินกับตัวทำละลายผสม hexane กับ acetone ในอัตราส่วน 1:1 วิเคราะห์วัตถุพิษโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ใช้เครื่องตรวจชนิด electron capture พบว่า dicofol เมื่อได้รับความร้อนจะเปลี่ยนไปเป็น 4,4'-dichloro benzophenone (DBP) ในดินชั้นบนจะมีปริมาณของ DDT dicofol และ DBP มากกว่าช่วงอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้วัตถุพิษในระยะแรก ๆ ของการทำสวน ผลการตรวจวิเคราะห์สรุปไว้ในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงปริมาณวัตถุมีพิษที่ตกค้างในดิน

ระดับความลึก ของดิน(นิ้ว)	ความเข้มข้นของวัตถุมีพิษ (ppm)					
	p,p'-DDT	o,p'-DDT	p,p'-DDE	o,p'-DDE	dicofol	DBP
	Hood River					
0 - 6	33.1	5.59	7.61	1.59	2.24	7.25
7 - 12	7.25	1.20	0.97	0.18	2.32	0.87
13 - 24	1.08	0.17	0.19	0.02	0.50	0.19
25 - 36	1.02	0.11	0.12	0.01	0.36	0.07
	Medford					
0 - 6	14.35	2.99	2.50	1.40	3.58	0.86
7 - 12	1.79	0.36	0.38	0.21	0.98	0.09
13 - 24	0.69	0.11	0.12	0.07	0.32	0.06
25 - 36	0.32	0.07	0.07	0.05	0.13	0.05

จากการศึกษาพบว่า ภายใน 3 - 4 ปี หลังจากใช้วัตถุมีพิษแล้วปริมาณดักที่  
ในดินเกือบทุกระดับจะยังคงอยู่เหมือนเดิม

แนชและแฮร์ริส (Nash and Harris, 1972) ได้ศึกษาหาวิธีซึ่งใช้ป้องกัน  
การเปลี่ยนแปลงของดักที่ไปเป็นดักที่ ระหว่างการสกัดดินที่เป็นค่างสูง และดักที่ไล่  
ลงไปในพื้นที่เป็นค่างสูง ถ้าดินที่ใช้ทดลองนั้นจะทำให้ดักที่เปลี่ยนไปเป็นดักที่ง่ายขึ้น  
วิธีการสกัดใช้ Column ซึ่งได้ปรับปรุงเพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงของดักที่ระหว่าง  
การสกัด การสกัดนั้นหากใช้ Column จะเร็วกว่าการสกัดโดยใช้ soxhlet  
extractor และการเขย่า แต่การสกัดโดยใช้ Column มีดักที่ตกค้างร้อยละ 4  
สำหรับการสกัดโดยใช้ soxhlet extractor จะมีดักที่ตกค้างเพียงร้อยละ 1 เท่านั้น  
ยกเว้นดินเหนียวซึ่งได้ผลต่ำทั้งสองวิธี ดินที่เป็นค่างมากสามารถสกัดได้ด้วย soxhlet

extractor และ Column โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงคีติทไปเป็นคีติ

นอกจากนั้นแนชและแบริสยังได้ศึกษาความชื้นของดินที่มีผลต่อการสกัดคีติและอนุพันธ์ของคีติโดยเปรียบเทียบวิธีการสกัด 3 แบบ คือ

ก. สกัดด้วย soxhlet extractor โดยใช้ดินแห้ง 1 - 5 กรัม เติมน้ำ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในดิน ทำละลายเป็นสารผสมระหว่าง hexane + acetone + methanol ในอัตราส่วน 8:1:1 สักนาน 12 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ไปลดปริมาตรใน Kuderna - Danish Concentrator ให้เหลือ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติม hexane ลงไปอีก 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข. สกัดโดย Column ใช้ดินแห้ง 3 กรัม เติมน้ำ 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในดินและใช้ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane + acetone + methanol ในอัตราส่วน 4:3:3 นำสารที่ได้ไปล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง ๆ ละ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใส่โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ (Sodium sulphate anhydrous) เพื่อดูดน้ำที่เหลือออก

ค. สกัดโดยการเขย่า ใช้ดินแห้ง 5 กรัม นำมาสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ acetone ในอัตราส่วน 1:1 ปริมาณ 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้ผ่าน Florisil<sup>(R)</sup> 5 กรัม แล้วล้างด้วยน้ำ 2 ครั้ง ๆ ละ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วใส่โซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ เพื่อดูดน้ำที่เหลือออก

ผลจากการทดลองปรากฏว่า ถ้าดินมีความชื้นมากจะสกัดคีติและอนุพันธ์ของคีติออกมาได้น้อยกว่าดินที่มีความชื้นน้อย

แนชและคณะ (Nash, et al., 1973) ได้เปรียบเทียบการสกัดวัฏภูมิพิษประเภทคลอริเนเตดไฮโดรคาร์บอนจากดินของ Congaree เป็นดินปนทรายซึ่งใส่วัฏภูมิพิษเมื่อ 20 ปีที่แล้ว โดยสกัดด้วยวิธีการเขย่า Column และ soxhlet extractor แล้ววิเคราะห์วัฏภูมิพิษโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ที่มีเครื่องตรวจจับชนิด electron capture ได้ทดลองกับบออลดริน คีลดริน ไอโซดริน

เอนคริน เฮฟทาคลอร์ คลอคเคน BHC. ท็อกซาฟีน และคิเลน พบว่าการสกัดโดยใช้ soxhlet extractor และการเขย่ามีประสิทธิภาพดีกว่าการสกัดด้วย column การสกัดโดยใช้ soxhlet extractor และการเขย่าใช้หัววัตุมีพิษประเภทคลอรีเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอน 9 ชนิด ใกล้เคียงกัน การสกัดโดยใช้ column มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด และปริมาณของวัตุมีพิษที่เหลืออยู่ในดินที่ใส่วัตุมีพิษเมื่อ 20 ปีที่แล้ว ได้แก่ ออลคริน 15.1 ppm คีลคริน 12.8 ppm ไอโซคริน 22.3 ppm เอนคริน 35.5 ppm เฮฟทาคลอร์ 13.5 ppm คลอคเคน 7.7 ppm BHC. 6.6 ppm ท็อกซาฟีน 45.1 ppm คิเลน 7.3 ppm

ซาฮา (Saha, 1968) ได้วิเคราะห์ดินร่วนซุย (slit loam) โดยใช้ดินตากแห้ง 100 กรัม ใส่คีลครินที่  $C^{14}$  แล้วเก็บไว้ 4 เดือน เรียกว่า dry soil อีกส่วนหนึ่งหลังจากใส่คีลครินแล้วเติมน้ำ 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเก็บไว้ 4 เดือน เรียกว่า wet soil นำดินทั้งสองประเภทมาสกัดโดยวิธีการเขย่าด้วยตัวทำละลายดังนี้

ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane	กับ acetone ในอัตราส่วน 9:1
ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane	กับ acetone ในอัตราส่วน 1:1
ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane	กับ isopropanol ในอัตราส่วน 2:1
ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane	กับ isopropanol ในอัตราส่วน 1:1
ตัวทำละลายผสมระหว่าง chloroform	กับ methanol ในอัตราส่วน 1:1

สารละลายของ acetonitrile

นำสารที่สกัดได้มาตรวจหาปริมาณกัมมันตรังสี พบว่าประสิทธิภาพของการสกัดใน wet soil น้อยกว่าใน dry soil ยกเว้นการสกัดคีลครินโดยใช้วิธีการเขย่ากับ acetonitrile สำหรับตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ isopropanol และ hexane กับ acetone จะให้ recovery จาก wet soil น้อยคือประมาณร้อยละ 50 - 65 แสดงว่า biodegradation ของคีลครินเกิดใน wet soil มากกว่าใน dry soil สารที่เกิดจากการสลายตัว (degradation

product) สกัดออกจากดินยากกว่าสารตัวเดิม การเพิ่มความเข้มข้นของ acetone ในตัวทำละลายผสมของ hexane กับ acetone ร้อยละ 10 - 15 จะลดประสิทธิภาพของการสกัดคลอรีนจาก wet soil ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของ isopropanol ในตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ isopropanol จะสกัดคลอรีนได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 4 - 7 การเปลี่ยนอัตราส่วนของตัวทำละลายจะเปลี่ยนประสิทธิภาพการสกัดจาก dry soil ตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ acetone จะเป็นตัวสกัดที่ดีกว่าตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ isopropanol ใน dry soil acetone สามารถแยกปริมาณของคลอรีนจาก wet soil และ dry soil ได้ดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น

แซนส์และคณะ (Sans, et al., 1966) ได้วิเคราะห์ดินที่ไต้หวัน 31 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของ Ontario ซึ่งเป็นแหล่งที่ทำการกสิกรรมอย่างหนาแน่น ปรากฏว่ามี organochlorine insecticides ตกค้างคือ คีโคพีนมากกว่า 0.1 ppm ใน 24 แห่ง จาก 31 แห่ง ออลดรินและคิลดริน พบประมาณ 0.1 ppm ใน 16 แห่งจาก 31 แห่ง เฮพทาคลอร์ และเฮพทาคลอร์เอพอกไซด์ พบ 3 แห่ง คลอเดนพบทุกแห่งที่คิดเฮพทาคลอร์ วัตถุพิษเหล่านี้ตกค้างอยู่มากในไร่ยาสูบ สวนผัก และสวนผลไม้ ดินจากประเทศกานาดา เมื่อนำมาตรวจพบว่ามีเฮพทาคลอร์ ออลดริน คิลดริน เฮพทาคลอร์เอพอกไซด์ ในดินที่ใส่วัตถุพิษเหล่านี้เมื่อ 9 ปีที่แล้ว

ฮาร์กแมนและคนอื่น ๆ (Hardman and others) ได้วิเคราะห์หาออลดริน และคิลดรินที่ตกค้างอยู่ในดิน จำนวน 17 - 21 แห่ง พบคิลดริน 0.01 - 0.41 ppm ขณะเดียวกัน เดกเกอร์และคนอื่น ๆ (Decker and others) ได้วิเคราะห์หาคิลดรินที่ตกค้างในดินจำนวน 35 แห่ง พบในปริมาณ 0.12 - 1.22 ppm วิธีการวิเคราะห์หาวัตถุพิษที่ตกค้างในดินดังกล่าวใช้วิธี Colorimetric method

สตีเวนและคณะ (Stevens, et al., 1970) ได้ศึกษาดินทั่วประเทศ 51 แห่ง ในปี ค.ศ. 1965, 1966 และ 1967 เพื่อหาปริมาณของวัตถุพิษที่ยังคงตกค้างอยู่ในดิน เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ซึ่งเคยใช้วัตถุพิษฉีดยาเป็นประจำ 17 เอเคอร์

จากพื้นที่ดินที่ฉกพบวัตถุมีพิษเพียงเล็กน้อย 16 เอเคอร์ และในพื้นที่ที่ไม่เคยฉกพบวัตถุมีพิษเลย 18 เอเคอร์ สกัดโดยการเขย่า ทำละลายที่ใช้คือตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ isopropanol ในอัตราส่วน 3:1 วิเคราะห์วัตถุมีพิษโดยใช้เครื่อง gas chromatograph ผลการทดลองพบคีคทีและคีลกรินในพื้นที่ที่ใช้วัตถุมีพิษเป็นประจำในปริมาณมาก พบคีคทีน้อยมากในพื้นที่ที่ใช้วัตถุมีพิษน้อย และไม่พบวัตถุมีพิษตกค้างในพื้นที่ที่ไม่เคยใช้วัตถุมีพิษเหล่านั้นเลย

ยูล (Yule, 1970) ได้ศึกษาดินในทางเหนือและทางตะวันออกของภาคเหนือของสหรัฐอเมริกา ที่ได้ฉกคคทีเพื่อป้องกันแมลง โดยนำดินมาร่อนแล้วสกัดด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง hexane กับ acetone ในอัตราส่วน 2:1 นำมาทำให้สะอาดด้วย Florisil (R) วิเคราะห์หาวัตถุมีพิษโดยใช้ gas - liquid chromatography กับ thin - layer chromatography หลังจากฉกพบวัตถุมีพิษเมื่อ 11 ปีที่แล้ว จะตรวจพบคีคที และ isomer ของคีคทีตกค้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ทฤษฎีโครมาโตกราฟี

โครมาโตกราฟี คือวิธีการแยกสารผสมให้บริสุทธิ์ โดยใส่สารละลายของสารผสมที่ต้องการแยกลงในตัวกลาง (medium) ซึ่งสามารถจับสารนั้นไว้ได้โดยการดูดซับ (adsorption) ละลายหรือโดยวิธีการอื่น จากนั้นผ่านของเหลวหรือก๊าซไปในตัวกลางซึ่งจะชะ (elute) สารผสมต่าง ๆ ออกไปด้วยอัตราเร็วต่างกัน การเคลื่อนที่ของสารผสมไปตามทิศทางของการชะขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดทางกายภาพและทางเคมีระหว่างสารนั้นกับตัวกลางและตัวชะ สารผสมที่ต้องการแยกให้ได้สารบริสุทธิ์จะละลายในตัวกลางส่วนหนึ่ง อีกส่วนหนึ่งจะละลายในตัวชะ ดังนั้นจะมีการแบ่งละลาย (partition) ของสารในสารผสมระหว่างตัวกลางกับตัวชะ อัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของสารผสมที่ละลายในตัวกลางและตัวชะจะคงที่เสมอ อัตราส่วนนี้เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการแบ่งละลาย (partition coefficient)

$$\text{สัมประสิทธิ์ของการแบ่งละลาย} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารผสมที่ละลายในตัวกลาง}}{\text{ความเข้มข้นของสารผสมที่ละลายในตัวชะ}}$$

สารใดในสารผสมที่สามารถละลายในตัวกลางได้ก็จะเคลื่อนที่ไปได้ช้า หากละลายได้ดีในตัวชะก็จะเคลื่อนที่ไปได้เร็วกว่า ดังนั้นการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยวิธีนี้ การดูดซับและการแบ่งละลายจึงเป็นปัจจัยสำคัญ

โครมาโตกราฟีแบบก๊าซ-ของเหลว (gas-liquid chromatography, GLC) เป็นวิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลางเป็นของเหลวเคลือบอยู่บนเม็ดของแข็งซึ่งบรรจุอยู่ในท่อ (column) มีตัวชะหรือตัวพา (carrier) เป็นก๊าซ เมื่อนำสารผสมเข้าไปก๊าซจะพาสารผสมเข้าสู่ท่อซึ่งบรรจุเม็ดของแข็งที่เคลือบแล้ว อัตราการเคลื่อนที่ของสารผสมในท่อนั้นขึ้นอยู่กับ การแบ่งละลายของสารผสมระหว่างของเหลวที่เป็นตัวกลางกับก๊าซที่เป็นตัวพา ต่อจากนั้นตัวพาจะนำสารผสมเข้าเครื่องตรวจ (detector) แล้ว

เครื่องตรวจจะส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึกซึ่งจะบันทึกบนกระดาษกราฟในรูปของพีค ( peak ) สารใดสามารถละลายในตัวพาได้ก็ จะถูกพาออกมาเร็วกว่าสารที่ละลายได้ยากในตัวกลาง ถ้าเป็นสารบริสุทธิ์ชนิดเดียวกัน ตัวพาจะใช้เวลานำไปสู่เครื่องตรวจ และเครื่องบันทึกในระยะเวลาเท่ากัน ระยะเวลาเรียกว่า retention time สารแต่ละชนิดจะมี retention time แตกต่างกัน ค่า retention time เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสาร และสามารถใช้นำมาทำนายสารตัวอย่างได้

คุณสมบัติบางประการของสารและส่วนประกอบที่ใช้ในโกรมมาโทกราฟีแบบแก๊ส-ของเหลว

1. ตัวกลางควรเป็นของเหลวที่จุดเดือดสูง อาจมีคุณสมบัติเป็น polar หรือ non polar ก็ได้ เช่น 3% OV - 1 3% QF - 1 10% DC - 200 เป็นต้น

2. เม็ดของแข็ง ควรเป็นสารที่คุณสมบัติเฉื่อย ( inert ) และตัวกลางสามารถเคลือบบนผิวหน้าได้ง่าย ส่วนมากมักจะเป็นเม็ดกลมมีขนาด 80 - 120 เมช เช่น Chromosorb W Chromosorb P Celite<sup>(R)</sup>

Gas - Chrom Q Anakrom ABS เป็นต้น

3. ท่อ อาจทำด้วยแก้ว โลหะ หรือพลาสติก มีรูปร่างต่างกัน เช่น ขดเป็นเกลียว หรืออเป็นรูปตัว U

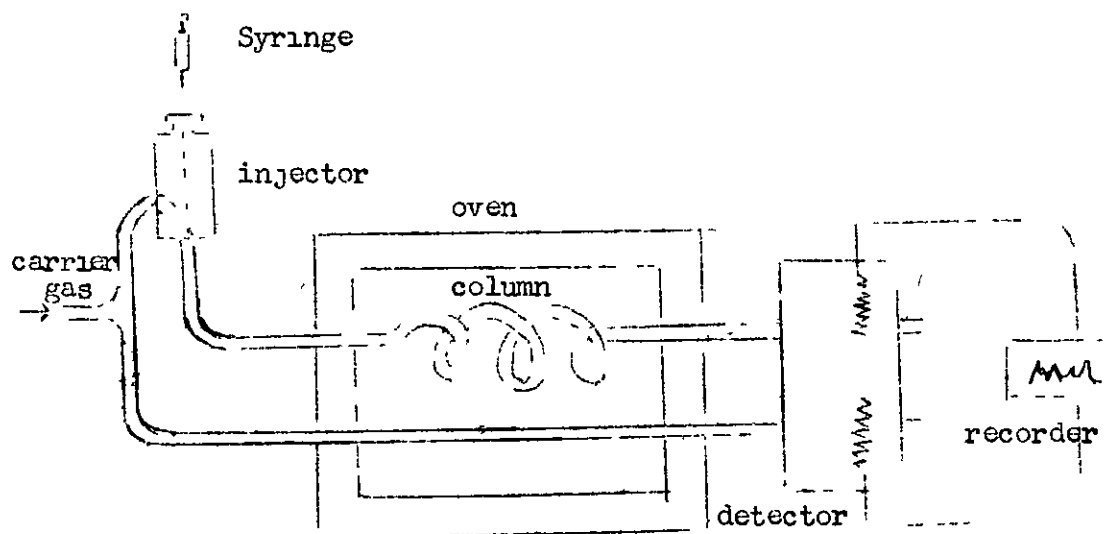
4. ตัวพา เป็นกาซ เช่น ไนโตรเจน ฮีเลียม ไฮโดรเจน เป็นต้น

5. เครื่องตรวจ มีอยู่หลายแบบซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามชนิดของสารตัวอย่าง เช่น

ก. เครื่องตรวจแบบ flame ionization ใช้สำหรับตรวจ เครื่องมือประเภทแอลกอฮอล์ วัตถุที่มีพิษประเภทออกาโนฟอสเฟต

ข. เครื่องตรวจแบบ electron capture ใช้สำหรับ ตรวจสารประกอบประเภท alkyl halide วัตถุที่มีพิษประเภทคลอรีเนตเต็ค - ไฮโดรคาร์บอน

ค. เครื่องตรวจแบบ argon ionization ใช้สำหรับตรวจสอบ-ประกอบประเภทไฮโดรคาร์บอน ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ



ภาพ 1 แผนผังแสดงหลักการทำงานของโครมาโตกราฟีแบบก๊าซ-ของเหลว

โครมาโตกราฟีแบบ thin-layer (open column หรือ thin - film) เป็นวิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลางเป็น silica gel alumina หรือ cellulose เป็นตัวเคลื่อนที่บนแผ่นแก้วเมื่อหยดสารผสมลงบนแผ่นแก้วที่เคลือบด้วยตัวกลางแล้วให้ยู่ใกล้กับขอบของแผ่นแก้วแล้วนำแผ่นแก้วนั้นไปหย่อนลงไปในตัวทำละลายที่เป็นตัวพา (mobile solvent) โดยที่ระดับของตัวทำละลายไม่ถึงแนวที่หยดสารผสม เช่น อะซิโตน (acetone) เฮปเทน (n - heptane) เบนซีน (benzene) เป็นต้น ตัวทำละลายที่เป็นตัวพาเหล่านี้จะพาสารผสมไปด้วยอัตราเร็วต่างกัน สารใดสามารถละลายในตัวทำละลายที่เป็นตัวพาได้ดี ก็จะพาไปได้ไกลกว่าสารที่ถูกดูดซับไว้ในตัวกลางได้ดีกว่า

ตัวทำละลายที่เป็นตัวพานั้นก็เหมือนกันจะพาสารตัวอย่างชนิดหนึ่งไปด้วยอัตราเร็วคงที่ อัตราส่วนของระยะทางของการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่างต่อระยะทางการเคลื่อนที่

ของตัวทำละลายที่เป็นตัวพา เรียกว่า ค่า  $R_f$  ( $R_f$  Value)

$$R_f = \frac{\text{ระยะทางการเคลื่อนที่ของสารตัวอย่าง}}{\text{ระยะทางการเคลื่อนที่ของตัวทำละลายที่เป็นตัวพา}}$$

ค่า  $R_f$  จะเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของสารและสามารถใช้ทำนายชนิดของสารตัวอย่างได้

อัตราการเคลื่อนที่ของสารผสมในตัวทำละลายที่เป็นตัวพาแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารผสม ตัวกลางและตัวทำละลายที่เป็นตัวพา เช่น ค่า polarity dipole moment จำนวน functional group ที่ต่อกับนิวเคลียส (nucleus) เป็นต้น

## วิธีดำเนินการทดลอง

### การเก็บตัวอย่าง

ทำการสำรวจพื้นที่ซึ่งใช้ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัยเพื่อสุ่มตัวอย่างดินจากพื้นที่  
เหล่านั้น จำนวน 27 ตัวอย่าง การเก็บตัวอย่างใช้วิธี cluster random sampling  
โดยเก็บจากแปลงที่มีเนื้อที่ไม่เกิน 10 ไร่ จากจุดที่กระจายอยู่ทั่วแปลงไม่ต่ำกว่า  
10 แห่ง แต่ละแห่งสุดหลุมลึก 6 - 9 นิ้ว ทำหลุมเป็นรูปตัว V ใช้เสียมแซะดิน  
ตามเชิงหน้าประมาณครึ่งนิ้วจากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่จุดจนถึงก้นหลุมแล้ว  
นำดินที่เก็บได้ทั้ง 10 แห่ง มาผสมกันเป็นหนึ่งตัวอย่าง เก็บตัวอย่างเดือนละ 1 ครั้ง  
เป็นเวลา 4 เดือน รวม 108 ตัวอย่าง โดยเก็บในเนื้อที่เดิม

### การวิเคราะห์ตัวอย่าง

#### 1. อุปกรณ์

- 1.1 เครื่องแบ่งส่วนดิน
- 1.2 เครื่องสกัดยาฆ่าแมลงชนิด soxhlet extractor
- 1.3 เครื่อง Gas Chromatograph
- 1.4 กรวยแยก
- 1.5 ตะแกรงร่อนดิน
- 1.6 เข็มฉีดยา

#### 2. สารเคมี

- 2.1 acetone (analytical grade)
- 2.2 hexane (analytical grade)

2.3 สารเคมีมาตรฐาน คือ  $p,p'$ - DDT  $p,p'$ - DDE  $p,p'$ - TDE  $o,p'$ - DDT aldrin endrin heptachlor heptachlor epoxide  $\gamma$ -chlordane

### 3. วิธีการทดลอง

3.1 นำตัวอย่างดินแต่ละตัวอย่างมาคลุกเคล้ากันแล้วนำไปผึ่งให้แห้งในห้องปฏิบัติการ เมื่อแห้งก็แล้วค้ให้ละเอียดแล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงที่มีความถี่ 16 เมช ดินแต่ละตัวอย่างที่ได้นำมาแบ่งเป็นสองส่วนโดยเครื่องแบ่งส่วนดินนำดินแต่ละส่วนมาชั่งส่วนละ 50 กรัม เพื่อใช้ในการสกัด

3.2 นำดินที่ชั่งแล้วมาสกัดโดยใส่ลงใน extraction thimble ขนาด  $33 \times 118$  มิลลิเมตร แล้วใส่ลงใน extraction chamber เติมตัวทำละลายผสมระหว่าง acetone กับ hexane ในอัตราส่วน 1 : 1 ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลม ขนาด 500 มิลลิลิตร นำขวดก้นกลมตั้งบน heating mantle แล้วต่อกับ extraction chamber และ condenser ปรับให้อุณหภูมิของ heating mantle ประมาณ  $60 - 65^{\circ}C$  ตัวทำละลายจะระเหยและควบแน่นใน condenser แล้วหยดลงบนดินและชะยาฆ่าแมลงที่ปนอยู่ในดินลงสู่ขวดก้นกลม ใช้เวลาสกัดต่อเนื่องกัน 8 ชั่วโมง

3.3 นำสารละลายที่ได้มาใส่กรวยแยก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ครั้งละ 100 50 50 มิลลิลิตรตามลำดับ แต่ละครั้งแยกเอาชั้นน้ำทิ้งไป นำสารละลายที่ได้ผ่านโซเดียมซัลเฟตที่ปราศจากน้ำ เพื่อดูน้ำที่อาจค้างอยู่ในสารละลายลดปริมาณของสารละลายที่เตรียมได้โดยใช้เครื่องเป่าให้เหลือ 50 มิลลิลิตร เก็บสารละลายนี้ไว้สำหรับตรวจด้วย Gas Chromatograph และโครมาโทกราฟีแบบ thin - layer ต่อไป

3.4 สภาวะ (condition) ของเครื่อง Gas Chromatograph แบบ MT - 220 (Tracor Instrument, Texas)

3.4.1 ท่อ (column) เป็นแก้วรูปตัว U ยาว 6 ฟุต เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน  $\frac{1}{4}$  นิ้ว สารที่บรรจุในท่อใช้ 2 ชนิด คือ 3% OV -1

และ 3% OV - 1 บน chromosorb W. ขนาด 100/120 เมช อุณหภูมิของท่อ 200°C

3.4.2 เครื่องตรวจ (detector) เป็นชนิด electron capture โดยใช้  $Ni^{63}$  อุณหภูมิของเครื่องตรวจ 300°C

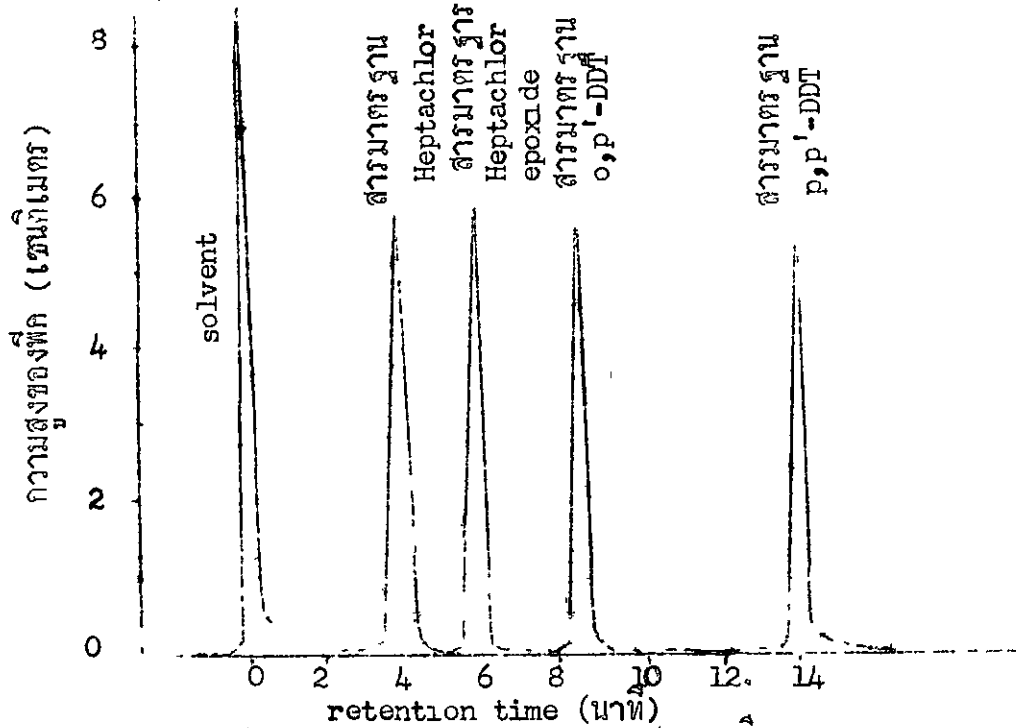
3.4.3 ก๊าซที่เป็นตัวพา (carrier gas) ใช้ก๊าซไนโตรเจน อัตราการไหล 100 มิลลิลิตร/นาที

เมื่อฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่อง Gas Chromatograph สารนั้นจะกลายเป็นไอ ก๊าซไนโตรเจนจะพาผ่านท่อที่บรรจุ 3% OV - 1 on 100/120 Chromosorb W. ไอของสารส่วนหนึ่งจะละลายอยู่ในช่องเคลือบที่บรรจุอยู่ในท่อ ไออีกส่วนหนึ่งจะแบ่งละลายอยู่ในก๊าซไนโตรเจน ต่อจากนั้นก๊าซไนโตรเจนจะพาไอของสารผ่านไปเครื่องตรวจ ซึ่งมี  $Ni^{63}$  จะให้รังสีเบต้า ทำให้โมเลกุลของก๊าซไนโตรเจนแตกออกแล้วได้อิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ช้า (slow electron) อิเล็กตรอนนี้จะไปสะสมที่ขั้วบวก (anode) ทำให้กระแสไฟฟ้าคงที่ ถ้าสารตัวอย่างที่ถูกพาเข้ามาเป็นสารที่สามารถดูดซับอิเล็กตรอน (electron adsorbing) กระแสไฟฟ้าในวงจรจะลดลง การลดลงของกระแสไฟฟ้าอาจวัดได้จากจำนวนของสารประกอบ และ electron affinity ของสารประกอบนั้น ๆ ซึ่งจะออกมาในรูปของสัญญาณไฟฟ้า และถูกส่งต่อไปยังเครื่องบันทึก เครื่องบันทึกจะแปรสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ออกมา และบันทึกลงบนกระดาษกราฟในรูปของพีค (peak) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาระดับและคำนวณหาปริมาณของยาฆ่าแมลง จากการทดลองข้างต้นนี้ retention time ของคีคี้ เท่ากับคีลกริน จึงนำสารตัวอย่างเดิมฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatograph ซึ่งท่อบรรจุด้วย 3% OV - 1 on 100/120 Chromosorb W. จะสามารถแยกคีคี้ และคีลกริน ออกจากกันได้ นำข้อมูลไปหาปริมาณของคีคี้ ที่แท้จริง

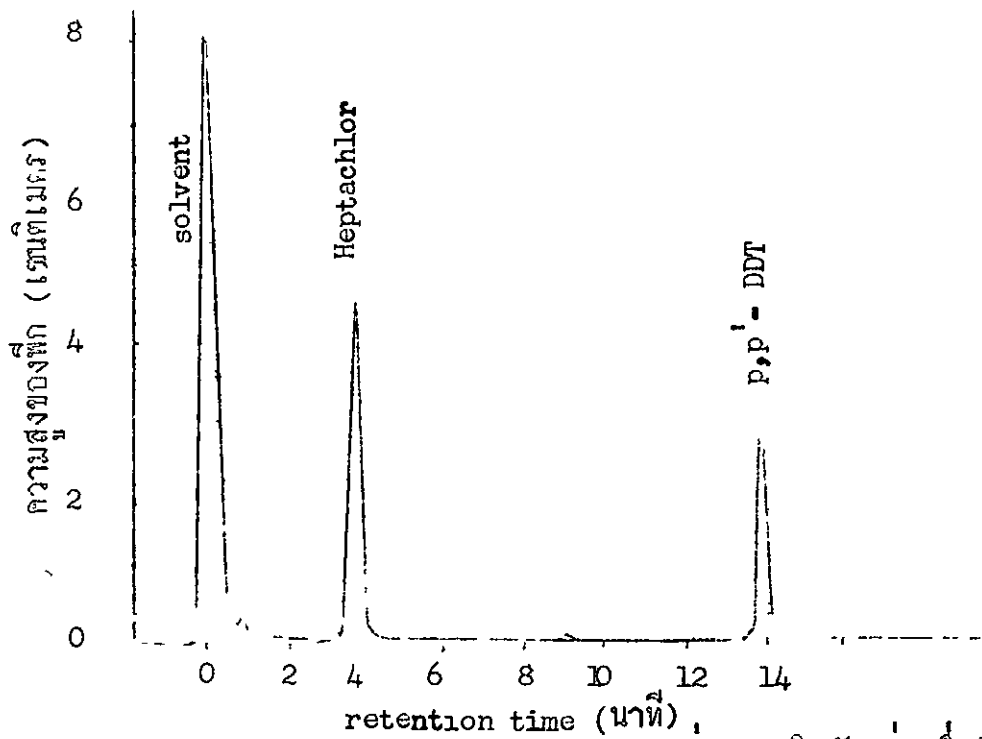
### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาระดับของยาฆ่าแมลง นำพีคที่ได้จากสารตัวอย่างไปเทียบกับพีคของสารมาตรฐาน โดยดูว่าพีคที่ได้จากสารตัวอย่างมี retention time ตรงกับพีค

ของสารมาตรฐานตัวใด ดังภาพ



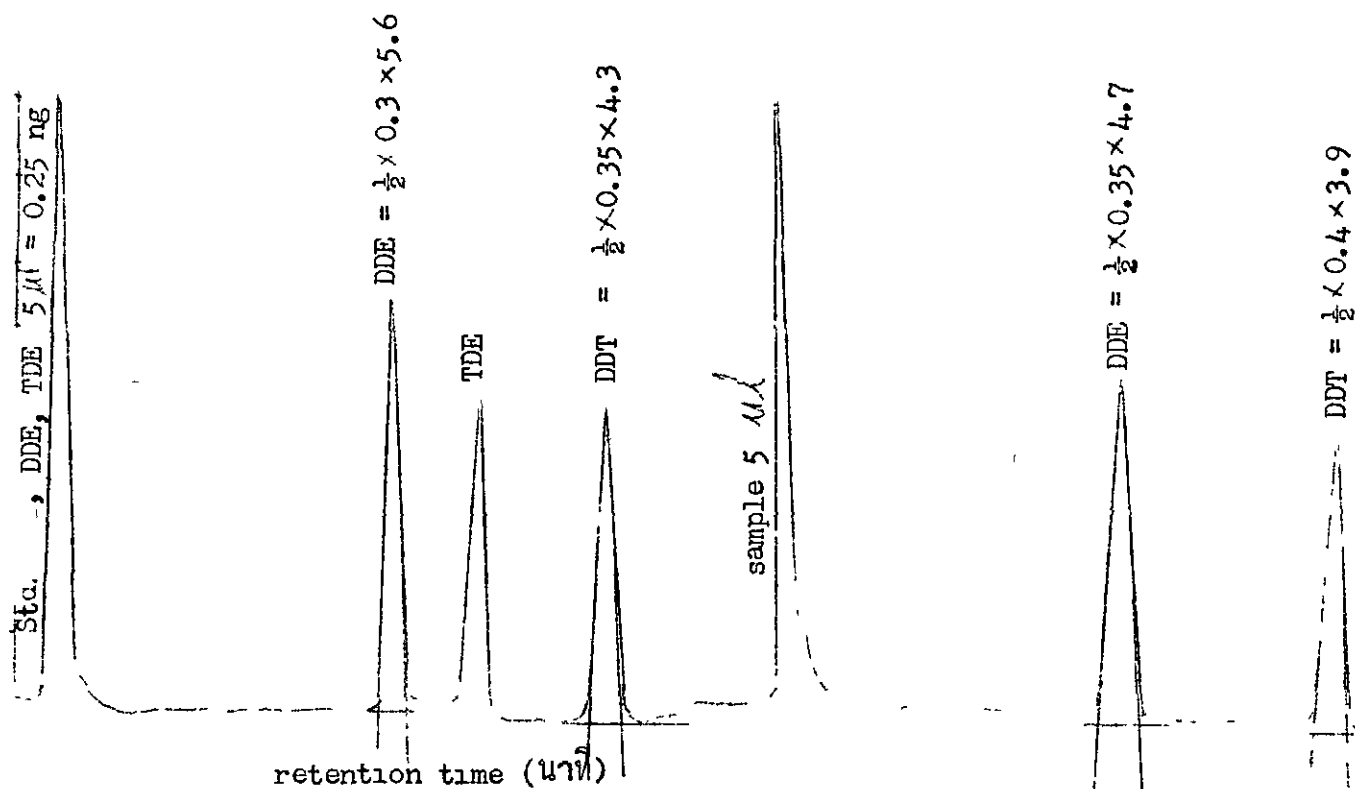
ภาพ 2 แสดง retention time ของสารเคมีมาตรฐาน



ภาพ 3 แสดง retention time ของยาฆ่าแมลงในตัวอย่างที่สกัดได้

จากภาพข้างบน แสดงว่า พีคที่ได้จากสารตัวอย่างเป็นพีคของเฮพตาคลออร์ และดีดีที ทั้งนี้เพราะพีคของสารตัวอย่างมี retention time เท่ากับ retention time ของพีคของเฮพตาคลออร์ และดีดีทีในสารมาตรฐานตามลำดับ

2. หาปริมาณของยาฆ่าแมลง โดยการเปรียบเทียบพื้นที่ใต้สามเหลี่ยมของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ดังภาพ 4



ภาพ 4 วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณของยาฆ่าแมลง

จากภาพ : สมมุติฉีกสารผสมของสารมาตรฐาน 5  $\mu$ l มีสารแต่ละตัว  
= 0.25 ng

: สมมุติฉีกสารตัวอย่าง 5  $\mu$ l มียาฆ่าแมลง 2 ชนิด ที่มี  
retention time เท่ากับดีดีที และดีดีที ในสารมาตรฐาน

วิธีคำนวณหาปริมาณของยาฆ่าแมลง

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณของ คีทีอี

พื้นที่ใ้สามเหลี่ยมของสารมาตรฐานฐานคีทีอี =  $\frac{1}{2} \times 0.3 \times 5.6$  ตารางเซนติเมตร

พื้นที่ใ้สามเหลี่ยมของคีทีอีในสารตัวอย่าง =  $\frac{1}{2} \times 0.35 \times 4.7$  ตารางเซนติเมตร

∴ ในสารตัวอย่างมีคีทีอี =  $\frac{0.25 \times \frac{1}{2} \times 0.35 \times 4.7}{\frac{1}{2} \times 0.3 \times 5.6}$  ng

= 0.245 ng

สารตัวอย่างปริมาตร 5 ml มีคีทีอี = 0.245 ng

สารตัวอย่างปริมาตร  $50 \times 10^3$  ml มีคีทีอี =  $\frac{0.245 \times 50 \times 10^3}{5}$  ng

ดิน 50 กรัม มี คีทีอี =  $\frac{0.245 \times 50 \times 10^3}{5}$  ng

ดิน 1 กรัม มี คีทีอี =  $\frac{0.245 \times 50 \times 10^3}{5 \times 50}$  ng

=  $\frac{0.245 \times 10^3}{5 \times 10^3}$   $\mu\text{g}$

ดิน 1 กรัม มี คีทีอี = 0.049  $\mu\text{g}$

หรือ ดินนี้มี คีทีอี อยู่ = 0.049 ppm.

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณคีทีอี

พื้นที่ใ้สามเหลี่ยมของสารมาตรฐานฐานคีทีอี =  $\frac{1}{2} \times 0.35 \times 4.3$  ตารางเซนติเมตร

พื้นที่ใ้สามเหลี่ยมของคีทีอีในสารตัวอย่าง =  $\frac{1}{2} \times 0.4 \times 3.9$  ตารางเซนติเมตร

∴ ในสารตัวอย่างมีคีทีอี =  $\frac{0.25 \times \frac{1}{2} \times 0.4 \times 3.9}{\frac{1}{2} \times 0.35 \times 4.3}$  ng

$$\begin{aligned} \therefore \text{ปริมาณคีโคที ในสารตัวอย่าง } 5 \mu\text{l} &= 0.259 \text{ ng} \\ \text{ปริมาตรสาร } 50 \times 10^3 \text{ แลมี คีโคที} &= \frac{0.259 \times 50 \times 10^3}{5} \text{ ng} \\ \text{กิน 1 กรัม มี คีโคที} &= \frac{0.259}{5} \mu\text{g} \\ &= 0.0518 \mu\text{g} \\ \therefore \text{กินนี้มี คีโคที อยู่} &= 0.0518 \text{ ppm.} \end{aligned}$$

จากตัวอย่างการคำนวณพอจะสรุปเป็นสูตรในการคำนวณได้ดังนี้คือ

$$\text{ปริมาณยาฆ่าแมลง (ppm)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน} \times \text{พื้นที่ไตสามเหลี่ยมของสารมาตรฐาน}}{\text{พื้นที่ไตสามเหลี่ยมของสารตัวอย่าง}} \times \text{ปริมาณสารตัวอย่างที่ฉีดเข้าเครื่อง GLC}$$

### หมายเหตุ

จะใช้สูตรนี้คำนวณได้ เมื่อใช้กินตัวอย่าง 50 กรัม เก็บสารละลายที่ได้จากการสกัด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ความเข้มข้นของสารมาตรฐานมีหน่วยเป็น ng และพื้นที่ไตสามเหลี่ยมมีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

### การวัดการกระจายของข้อมูลและแจกแจงข้อมูล

1. การวัดการกระจายของข้อมูล วัดโดยการหาความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ของข้อมูลแต่ละชุดโดยใช้สูตร

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N-1}}$$

$s$  = ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$x$  = ปริมาณยาฆ่าแมลงของแต่ละตัวอย่าง

$\bar{x}$  = ปริมาณเฉลี่ยของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิด

$N$  = จำนวนตัวอย่างทั้งหมดของกิน

2. การแจกแจงข้อมูล นำปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดไปแบ่งเป็นชั้น โดยมีจำนวนชั้นและอัตรภาคชั้นตามแต่ความเหมาะสม เพื่อดูปริมาณของยาฆ่าแมลงในแต่ละช่วงว่ามีความถี่มากน้อยเพียงใด

### การทดลองเพื่อยืนยัน (Confirm)

การทดลองเพื่อยืนยัน โดยใช้โครมาโทกราฟีแบบ Thin - Layer เพื่อยืนยันชนิดของยาฆ่าแมลงที่พบโดยวิธีดังกล่าวข้างต้น

#### 1. อุปกรณ์

- 1.1 แผ่นกระจก
- 1.2 Chromatographic chamber
- 1.3 Spray gun
- 1.4 เครื่องอบแสงอุลตราไวโอเลต

#### 2. สารเคมี

- 2.1 acetone (analytical grade)
- 2.2 n - heptane (analytical grade)
- 2.3 diethyl ether
- 2.4 Silica gel G.
- 2.5 สารละลายของ  $\text{AgNO}_3$
- 2.6 สารละลายของ  $\text{ZnCl}_2$
- 2.7 diphenylamine

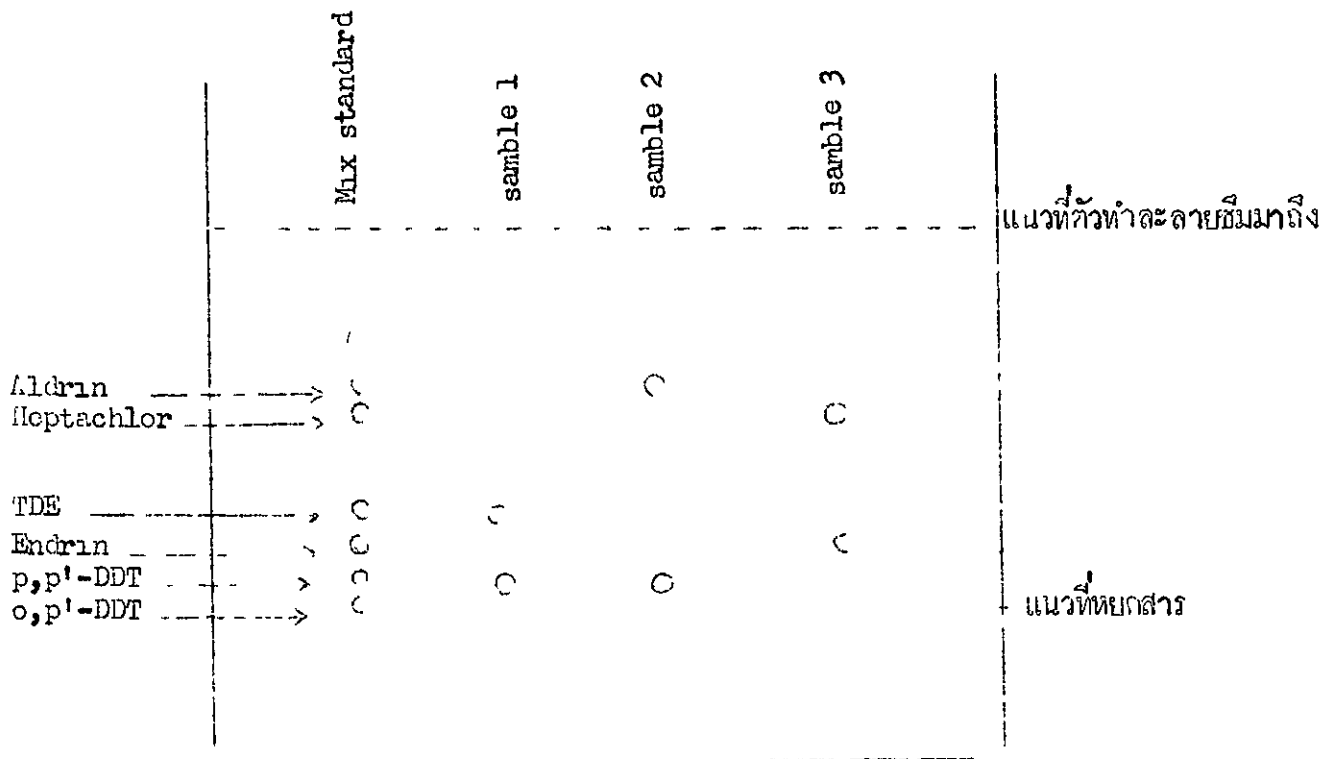
3. การเคลือบแผ่นกระจก ซึ่ง silica gel 25 กรัม ทำให้เป็น slurry ด้วยน้ำกลั่น 60 มิลลิลิตร นำ slurry ใส่ลงใน TLC spreader แล้วลากผ่านกระจกขนาดกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร ที่ล้างสะอาดแล้ว เช็ดด้วย acetone และ diethyl ether slurry ทั้งหมดเคลือบกระจกได้

5 แผ่น โดยมีความหนา 0.25 มิลลิเมตร ปล่อยให้ Silica gel บนแผ่นกระจกแห้งติดกับกระจกแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 °C เป็นเวลา 45 นาที

4. นำสารตัวอย่างและสารมาตรฐานจากตอนต้น มาหยด (spot) ลงบนแผ่นกระจกที่เคลือบแล้ว โดยให้ห่างจากริมกระจกประมาณ 2.5 เซนติเมตร และแต่ละจุดห่างกันประมาณ 2 เซนติเมตร ปล่อยให้ตัวทำละลายในสารตัวอย่างและสารมาตรฐานระเหยไปจนหมด นำแผ่นกระจกจุ่มลงใน chromatographic chamber ซึ่งใส่ n - heptane 100 มิลลิลิตร ปล่อยให้ตัวทำละลายที่เป็นตัวพา (mobile solvent) ขึ้นขึ้นไปสูงตามที่กำหนดไว้ นำแผ่นกระจกออกจากถัง รอจนตัวทำละลายที่เป็นตัวพา ระเหยไปจนหมด พ่นสารละลายของสังกะสีคลอไรด์จนทั่วทั้งแผ่น อบแผ่นกระจกนี้ด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ต 3 - 5 นาที จะปรากฏเป็นจุดสีน้ำเงินของสารตัวอย่างและสารมาตรฐานบนแผ่นกระจก

ทำการทดสอบกับสารตัวอย่างเดิมอีกครั้งหนึ่งโดยเปลี่ยนตัวทำละลายที่เป็นตัวพา เป็น 1% acetone ใน n - heptane และเปลี่ยนสารที่พ่นเป็นสารละลายของเงินไนเตรต หลังจากอบด้วยแสงอุลตราไวโอเล็ตแล้วจะเกิดเป็นจุดสีน้ำตาลบนแผ่นกระจก

5. การหาชนิดของอะตอมแอมलगโดยการเปรียบเทียบค่า  $R_F$  ของสารตัวอย่างกับ  $R_F$  ของสารมาตรฐาน คังภาพ



ภาพ 5 การวิเคราะห์หาชนิดของยาฆ่าแมลงโดย TLC  
 หัวทำละลายที่เป็นตัวพา 1% acetone ใน n-heptane

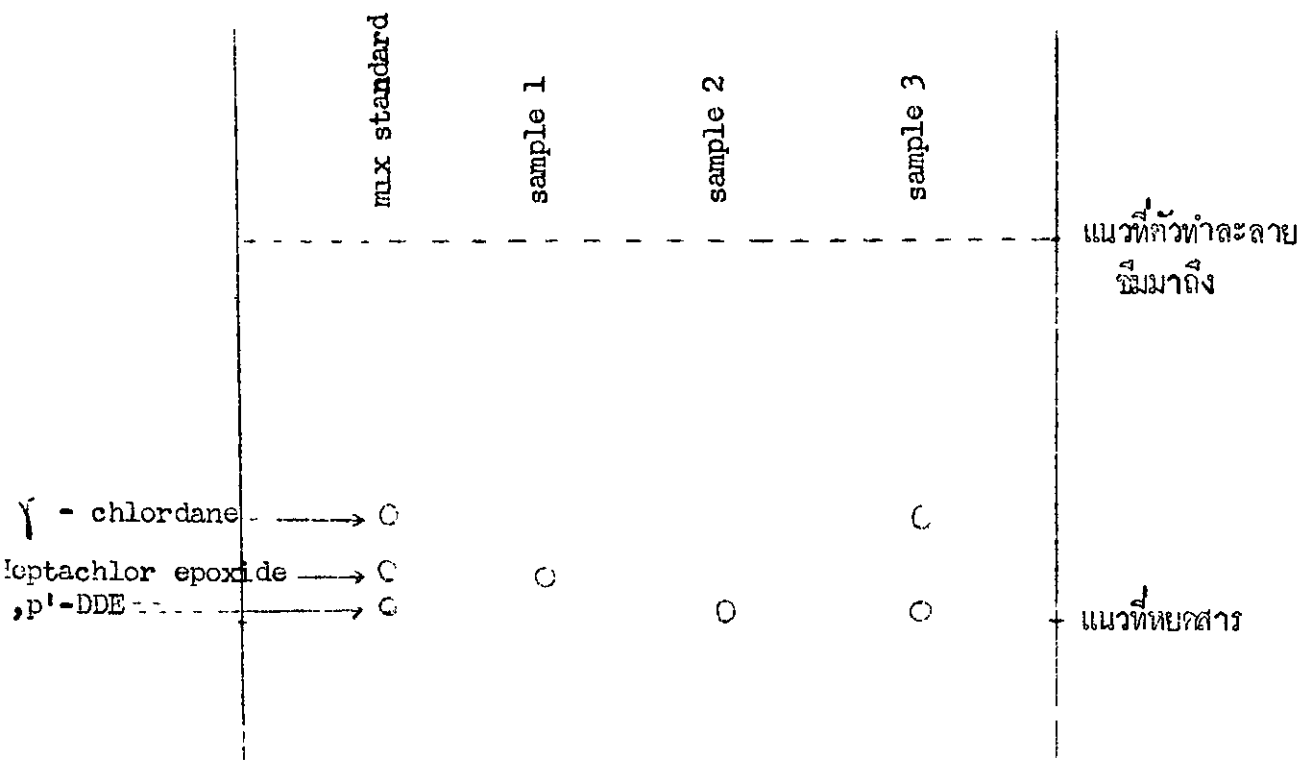
จากภาพ : แสดงว่าสารตัวอย่างที่ 1 มียาฆ่าแมลงคือ p,p'- DDT

และ p,p'- TDE

สารตัวอย่างที่ 2 มียาฆ่าแมลง คือ p,p'- DDT และ aldrin

สารตัวอย่างที่ 3 มียาฆ่าแมลง คือ endrin และ heptachlor

เนื่องจากค่า  $R_f$  ของสารตัวอย่างเท่ากับ  $R_f$  ของสารมาตรฐานแต่ละตัวก็กล่าวมาแล้ว



ภาพ 6 การวิเคราะห์หาชนิดของยาฆ่าแมลงโดย TLC  
ตัวทำละลายที่เป็นตัวพา n - heptane

จากภาพ : แสดงว่าตัวอย่างที่ 1 มียาฆ่าแมลง คือ heptachlor epoxide ตัวอย่างที่ 2 มียาฆ่าแมลงคือ p,p'- DDE ตัวอย่างที่ 3 มียาฆ่าแมลง คือ p,p'- DDE และ γ-chlordane เนื่องจากค่า  $R_f$  ของสารตัวอย่างเท่ากับ ค่า  $R_f$  ของสารมาตรฐาน แต่ละตัวดังกล่าวมาแล้ว

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการศึกษาหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงในพื้นที่ไร่นาไร่ของ  
จังหวัดสุโขทัย รวม 106 ตัวอย่าง คือ

ครั้งที่ 1 เก็บระหว่าง วันที่ 5 - 10 เมษายน พ.ศ. 2518

จำนวน 27 ตัวอย่าง

ครั้งที่ 2 เก็บระหว่าง วันที่ 15 - 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2518

จำนวน 27 ตัวอย่าง

ครั้งที่ 3 เก็บระหว่าง วันที่ 24 - 29 มิถุนายน พ.ศ. 2518

จำนวน 26 ตัวอย่าง

ครั้งที่ 4 เก็บระหว่าง วันที่ 25 - 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2518

จำนวน 26 ตัวอย่าง

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้ Percent Recovery เป็นร้อยละ 90.05

ยาฆ่าแมลงที่กองการตรวจมี 9 ชนิด คือ คีทีที คีทีอี ทีทีอี ออโตพารา-  
คีทีที ออลกริน คลอเคน เฮฟทาคลอร์ เอนกริน เฮฟทาคลอร์เอพอกไซด์  
เมื่อได้ทำการตรวจวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดของดินทุก  
ตัวอย่างแล้วได้ผลดังนี้คือ

ตาราง 2 แสดงปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดที่พบในดินทุกตัวอย่าง (ppb)

ตัวอย่างที่	ครั้งที่	p,p' - DDT	p,p' - TDE	p,p' - DDE	o,p'-DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
1	1	15.2	48.3	15	-	-	0.9	0.6	6.8	1587.5
	2	14.6	-	12	-	-	6.7	4.5	10.8	17.1
	3	2.7	-	7.4	-	-	7.9	1.3	1.1	28.3
	4	19.1	-	16.5	-	8.7	10.6	4.3	3.4	69.4
2	1	10.7	561.3	23.5	-	4.5	10.3	10.4	5.5	1957.6
	2	9.5	-	9.9	-	3.7	6.4	2.2	7.6	19.3
	3	11.6	-	8.5	-	18.3	12.1	2.4	1.6	1
	4	10	-	5.4	-	2	6	1.4	3.5	15.2
3	1	12.1	-	7.9	-	-	0.8	0.5	2.7	487.5
	2	11.9	-	12.5	-	-	5.6	5	4.3	96.1
	3	2.1	-	2.2	-	18.7	6.2	2.1	1.8	-
	4	6.4	-	3.5	-	-	9.6	2	2.7	15.2
4	1	187.5	12.8	246.7	6.4	4.1	-	-	11.2	720
	2	156.6	19.9	204.2	3.9	3.9	-	-	13.4	80
	3	31.7	-	14.4	1.2	1.6	4.6	-	2.2	2.3
	4	19.6	7.3	27.8	0.6	2.9	-	-	6.9	-
5	1	579.4	3.9	415.7	8	-	2	2.5	5.3	816.6
	2	561.3	122.8	408.4	26.4	-	14.4	3.2	5.6	20.4
	3	396.4	28.2	328.9	16	-	2.8	3.8	2.6	5.7
	4	307.9	19.6	311.7	9.7	4.2	3.9	3.4	5.1	8.9

ตาราง 2 (ต่อ)

ตำบล	ครัวเรือน	p,p'- DDT	p,p'- TDE	p,p'- DDE	o,p'- DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
6	1	10.9	-	28.3	-	-	4.6	6.2	3.7	49.1
	2	19.6	-	38.3	-	-	40.3	6.4	3.7	44.2
	3	5.7	-	21.5	-	-	9.6	4.8	2.7	-
	4	9	-	25.4	-	2.6	4.9	4.2	5.4	-
7	1	75.6	11.9	35.3	35.3	-	-	7	4.5	16.5
	2	57.5	10.1	42.6	3.8	-	-	10.9	4.4	20.1
	3	68.3	6.7	20.1	2.1	-	-	1.5	1	-
	4	35.9	5.7	27.5	1.4	1.1	-	7.3	3.6	34.4
8	1	7.4	-	8.8	-	-	6.6	6.7	2.3	60.6
	2	7.3	-	11.5	-	-	12	11.2	4.6	41.4
	3	3	-	13.8	-	-	2.6	-	-	-
	4	8.6	-	14.6	-	2.9	5.3	7.9	4.3	22.2
9	1	11.9	-	8.8	-	-	-	2.9	8.7	3
	2	5.8	-	11.3	-	-	-	10.3	4.3	42.2
	3	6.2	-	2.9	-	-	-	2.6	-	-
	4	17.8	-	4	-	1.1	-	6.7	4.8	12.8
10	1	351.8	27.3	580.5	9.7	-	-	-	15	12
	2	140.8	33	375	9.2	-	-	-	8.8	26.6
	3	217.5	43.8	293.6	14.5	-	-	-	14.9	-
	4	104.8	30.6	239.7	5.3	4.6	-	3.9	11.4	5

ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ครั้งที่	p,p'-DDT	p,p'-TDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
11	1	17.9	-	11.7	-	-	-	12.2	3.5	9.9
	2	7.7	-	11.2	-	-	-	12.9	4.6	60.5
	3	1.7	-	5.4	-	-	-	3.8	2	4.5
	4	4.7	-	5.7	-	1.1	-	4.7	2.4	10.2
12	1	275	24.3	140.3	10	2.3	-	0.2	0.1	23.4
	2	430.8	17.8	345.8	12.2	6.7	-	7.1	3.7	19.6
	3	285.4	25.3	290.6	18.3	4.5	-	1.6	0.9	10
	4	141	10.1	275.1	3.8	2.8	-	4.5	3.8	7.3
13	1	168.1	6.9	124.7	3.5	3.2	1.4	11.1	4.9	44.3
	2	147.3	2.6	172.6	5.1	2.4	2	4.4	4.5	37.9
	3	127.7	12.3	141.4	7	-	-	4.3	5.6	4.2
	4	94.4	-	135.8	2.4	2	-	5.8	4.7	7.5
14	1	64.9	3.5	147.8	1.5	-	-	0.2	4.4	54.4
	2	119	6.7	208.8	3.9	-	-	10.5	7.4	41.3
	3	34.6	2.7	35.1	-	-	-	0.05	1.1	25.1
	4	113.7	-	222.6	3	2.2	-	6.2	5.1	6.8
15	1	8.3	-	9.9	-	0.8	6.7	10.1	3.7	18.3
	2	9.4	-	17.1	-	6.1	22.6	14	8.4	5.2
	3	3.1	-	6.3	-	2.2	3.8	4.2	2.7	-
	4	11.4	-	18.5	-	1.4	1.7	6.6	5.1	8.1

ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวอย่าง	ครั้งที่	p,p'- DDT	p,p'- TDE	p,p'- DDE	o,p'- DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
16	1	10.1	0.4	8.3	-	10	11.1	6.9	10.9	38.7
	2	7.1	2.4	112	-	5.1	21.1	9.5	11.7	9.9
	3	3.8	-	3.1	-	2.1	7.2	3.5	2.9	-
	4	5.5	1.6	9.8	-	3.3	4.4	4.9	10	9.8
17	1	12.7	4.3	9.6	-	12.5	9.8	6.1	4.9	119.4
	2	1.6	2.2	7.6	-	5.8	16.3	10.7	6.6	6.9
	3	5.9	3.6	11.4	-	1.9	5	5.8	3.2	-
	4	14.5	8.9	16.9	-	17.4	3.4	5.4	4.9	15.4
18	1	133.3	-	4.5	-	1.5	-	16.4	3.9	775
	2	6.5	-	6.3	-	7.5	-	12	6.3	3.7
	3	3.8	-	2.3	-	1.7	-	6.4	3.2	-
	4	6	-	6.4	-	4	-	6.2	4.5	5.7
19	1	12.2	-	10.2	0.05	-	-	-	6.9	24.7
	2	28.1	-	20.1	1.6	-	-	-	8.3	34.1
	3	4.4	-	15.7	0.5	5	-	-	7	-
	4	8.2	-	9.8	0.2	-	-	-	7.8	5.1
20	1	208.3	9.6	102	1.2	3.6	-	7.6	9.9	15.6
	2	55.8	14.7	32.6	2.9	5.6	-	11.4	12.4	60.5
	3	86.2	6.1	148.3	3.6	2.2	-	4	4.5	1
	4	175.7	8.6	26.1	9.6	2.2	-	1.5	4	6.9

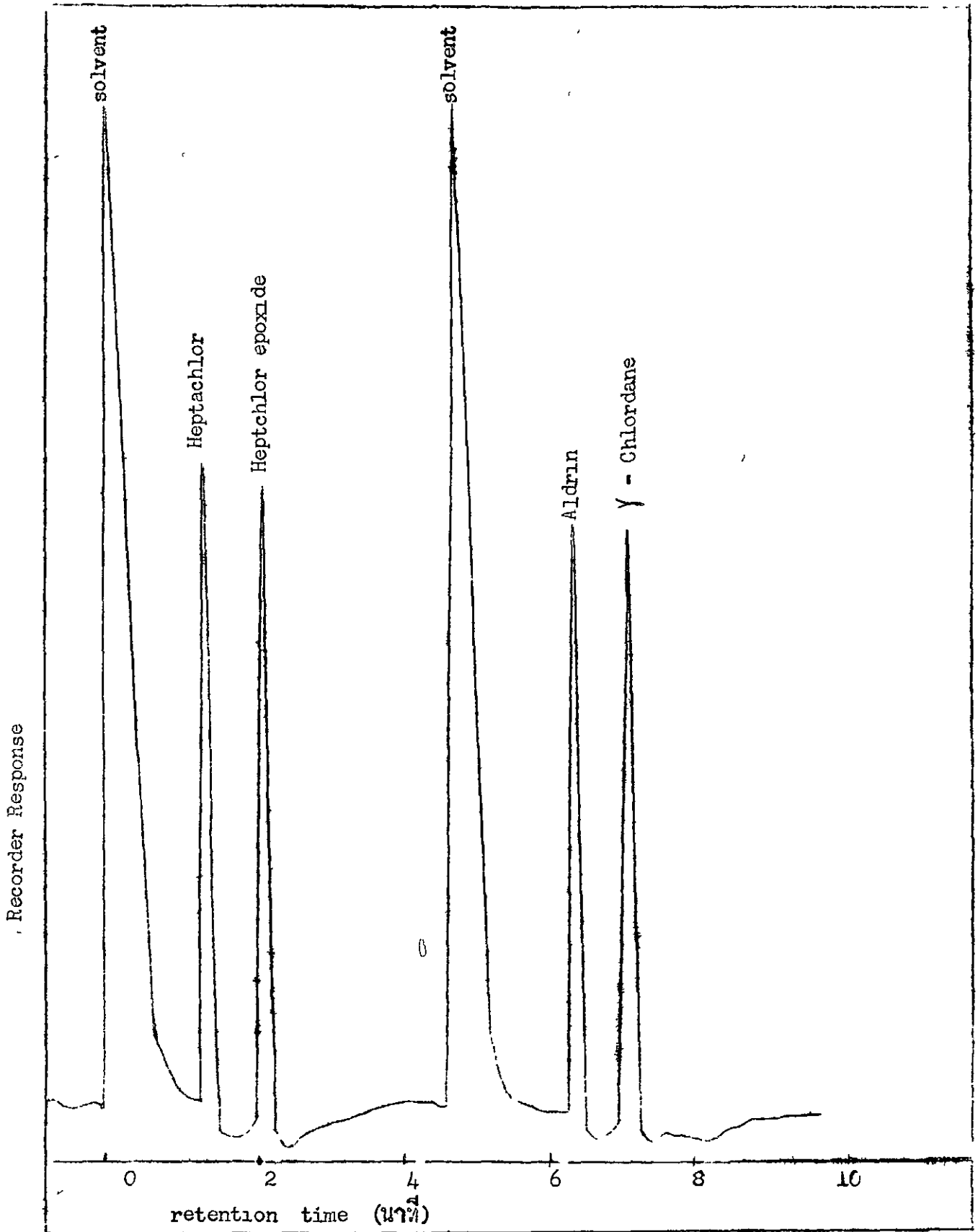
ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ครั้งที่	p,p'-DDT	p,p'-TDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
21	1	8.9	3	8.1	-	0.3	-	0.4	3.3	21.7
	2	6.2	2.5	8.2	-	5.8	-	9.9	9.1	84.3
	3	-	-	1.8	-	2.5	-	2.6	1.8	-
	4	7.6	2.6	6.8	-	1.9	-	1.5	9.9	10.4
22	1	5.8	-	11.1	-	-	10.5	-	5.3	13.8
	2	5.4	-	0.7	-	-	0.2	-	1.7	40.1
ครั้งที่ 3, 4 น้ำท่วม เก็บตัวอย่างกินไม่ได้										
23	1	4.4	-	8	-	-	6.4	-	2.5	52.7
	2	9	-	9.2	-	-	2.4	-	1.8	13.4
	3	4.4	-	3.7	-	-	9.6	-	3.9	-
	4	9.5	-	7.9	-	-	12.3	-	-	21.4
24	1	10	-	8.1	-	-	-	5.7	6.4	20.4
	2	14	-	8.3	-	-	-	-	2.7	26.8
	3	-	-	4.8	-	-	6.2	-	2.7	-
	4	6.9	-	4.8	-	-	-	-	3.7	15.2
25	1	13.8	-	10.3	-	-	-	12.5	10.3	34.1
	2	11.1	-	6.4	-	-	-	11.1	5.5	44.4
	3	1.2	-	1.5	-	-	-	5.5	3.7	-
	4	7.6	-	3.5	-	-	11.6	1.7	4.5	26.7

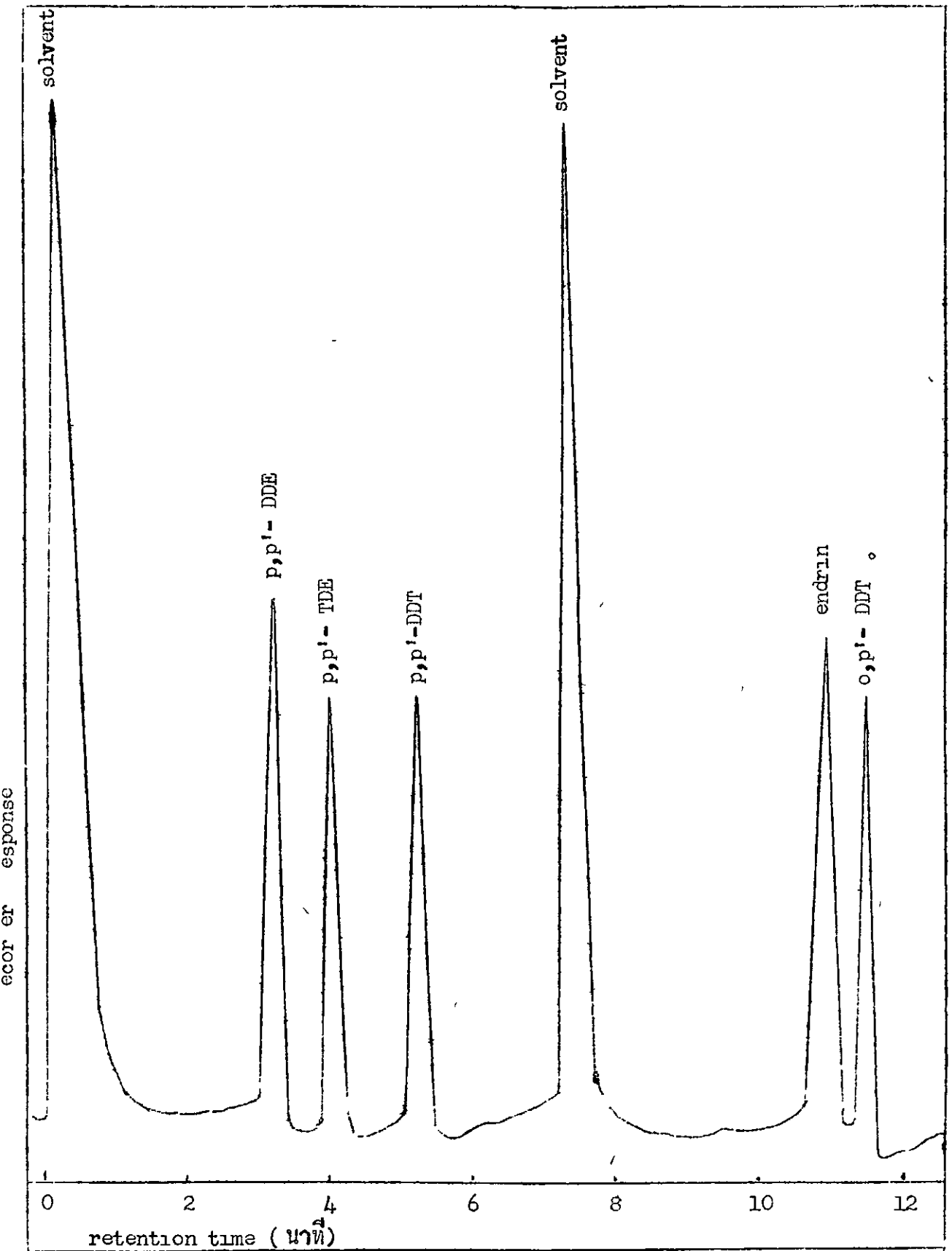
ตาราง 2 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ครั้งที่	p,p'-DDT	p,p'-TDE	p,p'-DDE	o,p'-DDT	aldrin	heptachlor	heptachlor epoxide	$\gamma$ -chlordane	endrin
26	1	10.1	-	4.3	-	-	9.3	9.2	3.7	6.2
	2	14	-	10.5	-	-	3	0.3	0.2	222
	3	3	-	2.3	-	-	-	-	-	-
	4	4.3	-	1.4	-	-	5.6	2.4	4	12.2
27	1	9.7	-	1.5	-	-	1.2	0.9	1.1	49.2
	2	5.8	-	6.1	-	-	1.8	0.7	0.2	42.5
	3	1.7	-	1.5	-	-	-	-	2.9	12.7
	4	3.3	-	1.7	-	-	3.5	11.9	4.2	2.9
	ห	60.9	12.5	64.2	6.8	2.6	6	5.1	4.9	80.4
	๖	101.6	12.7	107.6	4.9	2.4	3.7	2.5	2.4	102.9

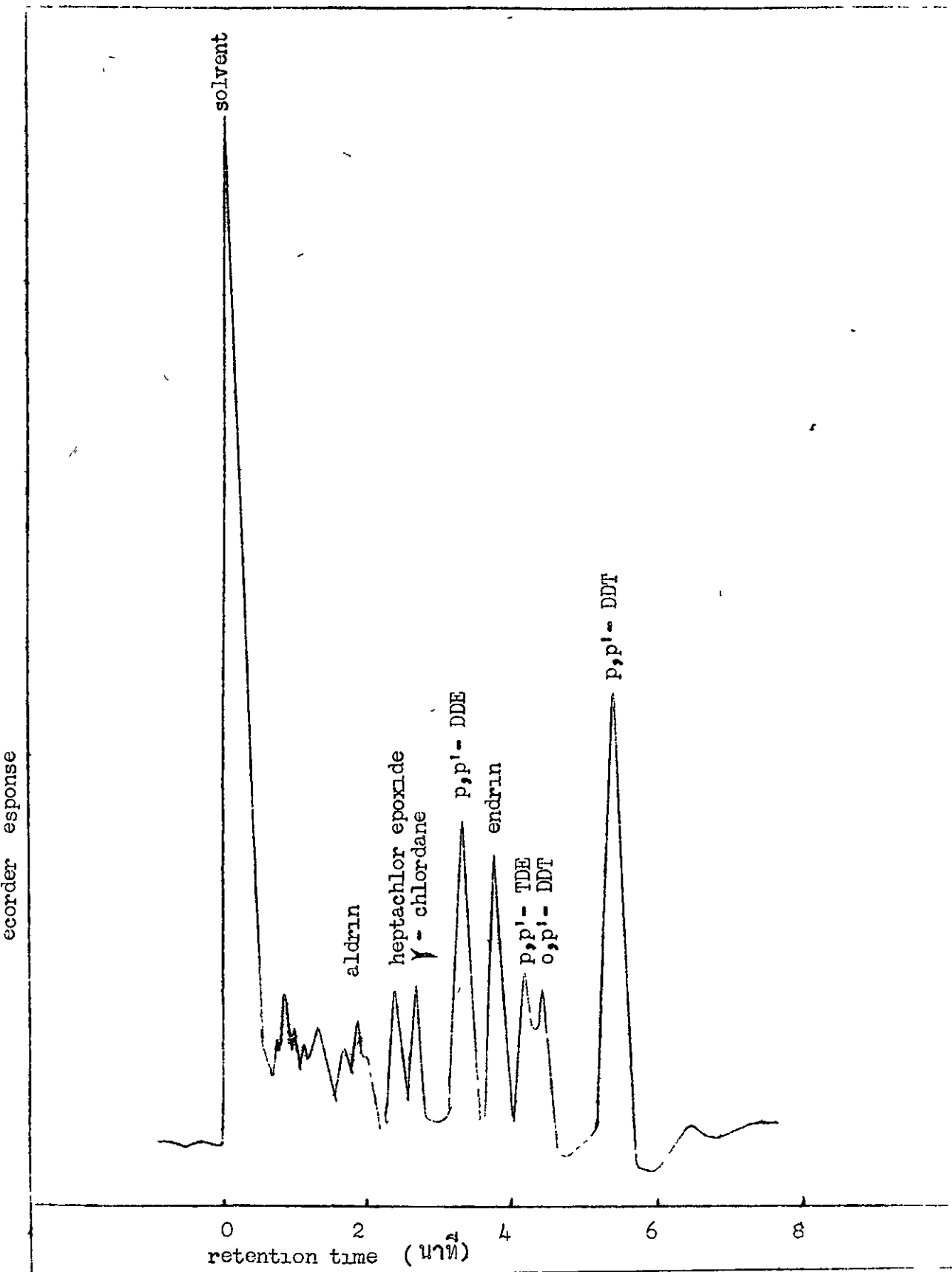
เมื่อนำสารตัวอย่างที่มี DDE ไปฉีดเข้าเครื่อง Gas Chromatograph ที่  
 ทอบรรจุด้วย 3% QF - 1 on 100/120 mesh chromosorb W. ผลปรากฏว่า  
 ไม่พบ peak ของ Dieldrin เลย



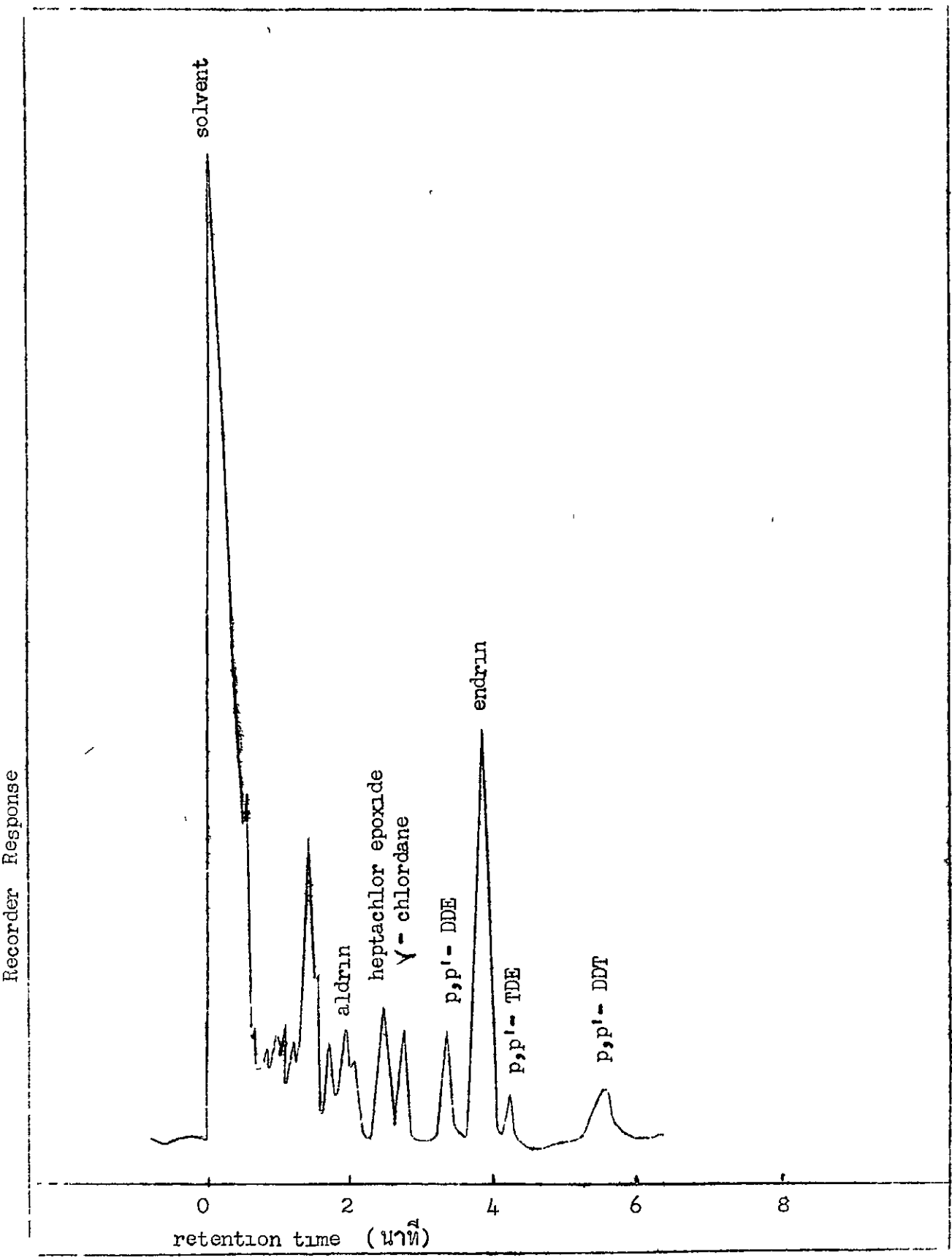
ภาพ 7 แสดง Chromatogram ของ standard heptachlor,  
 heptachlor epoxide, aldrin และ  $\gamma$ -Chlordane ใน  
 column . OV -



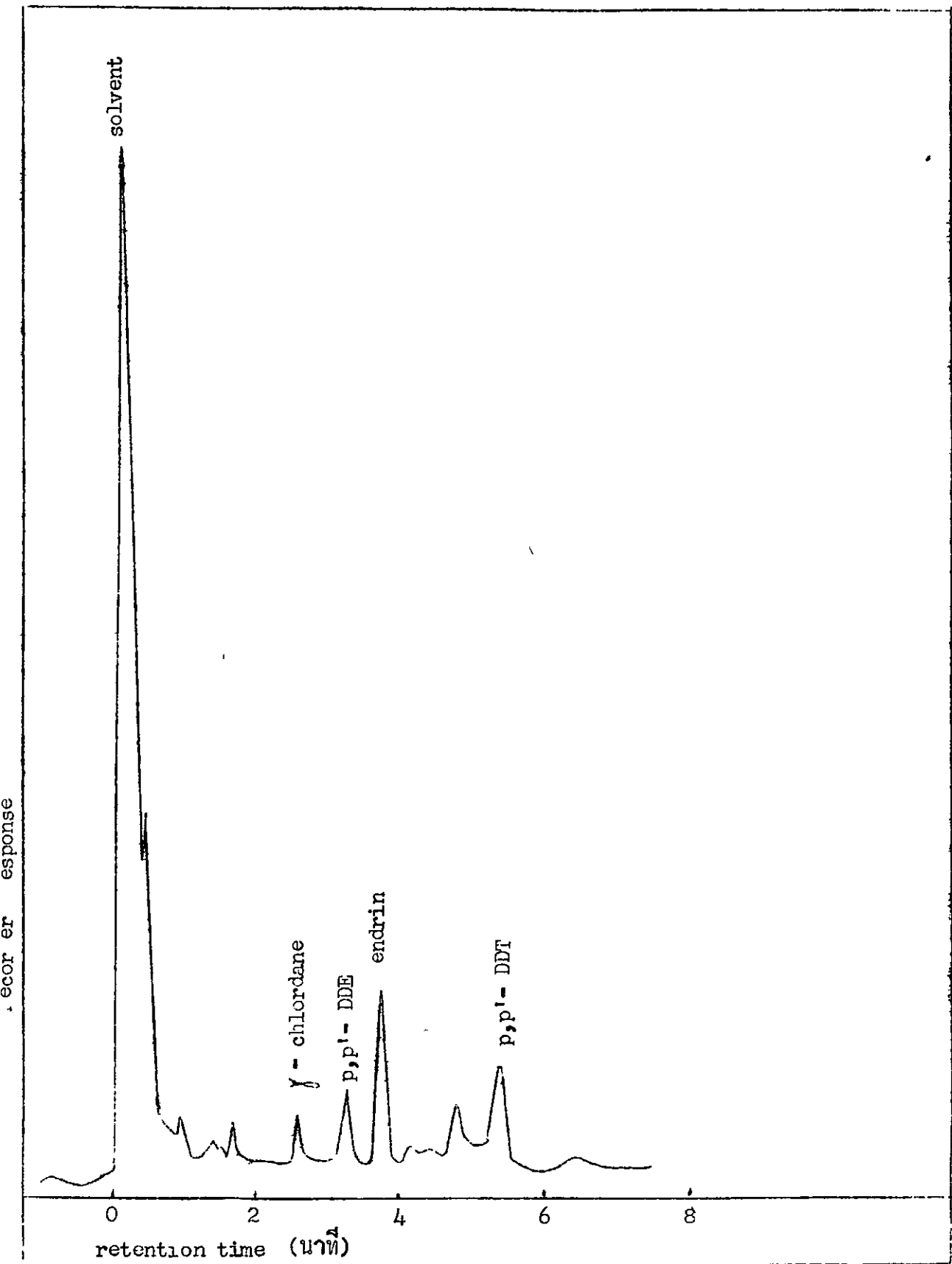
ภาพ 8 แสดง Chromatogram ของ standard p,p'- DDE, p,p'- TDE, p,p'- DDT, endrin, o,p'- DDT ใน column 3% OV - 1 on Chromosorb W.



ภาพ 9 แสดง Chromatogram ของกินตัวอย่างที่ 20 เดือน พฤษภาคม  
Column 3% OV - 1 on Chromosorb W.



ภาพ 10 แสดง Chromatogram ของดินตัวอย่างที่ 21 เดือน พฤษภาคม  
ใช้ Column 3% OV - 1 Chromosorb W.



ภาพ 11 แสดง Chromatogram ของดินตัวอย่างที่ 24. เก็บ ณ พฤษภาคม  
 ใต้ Column 3% OV - 1 on Chromosorb W.

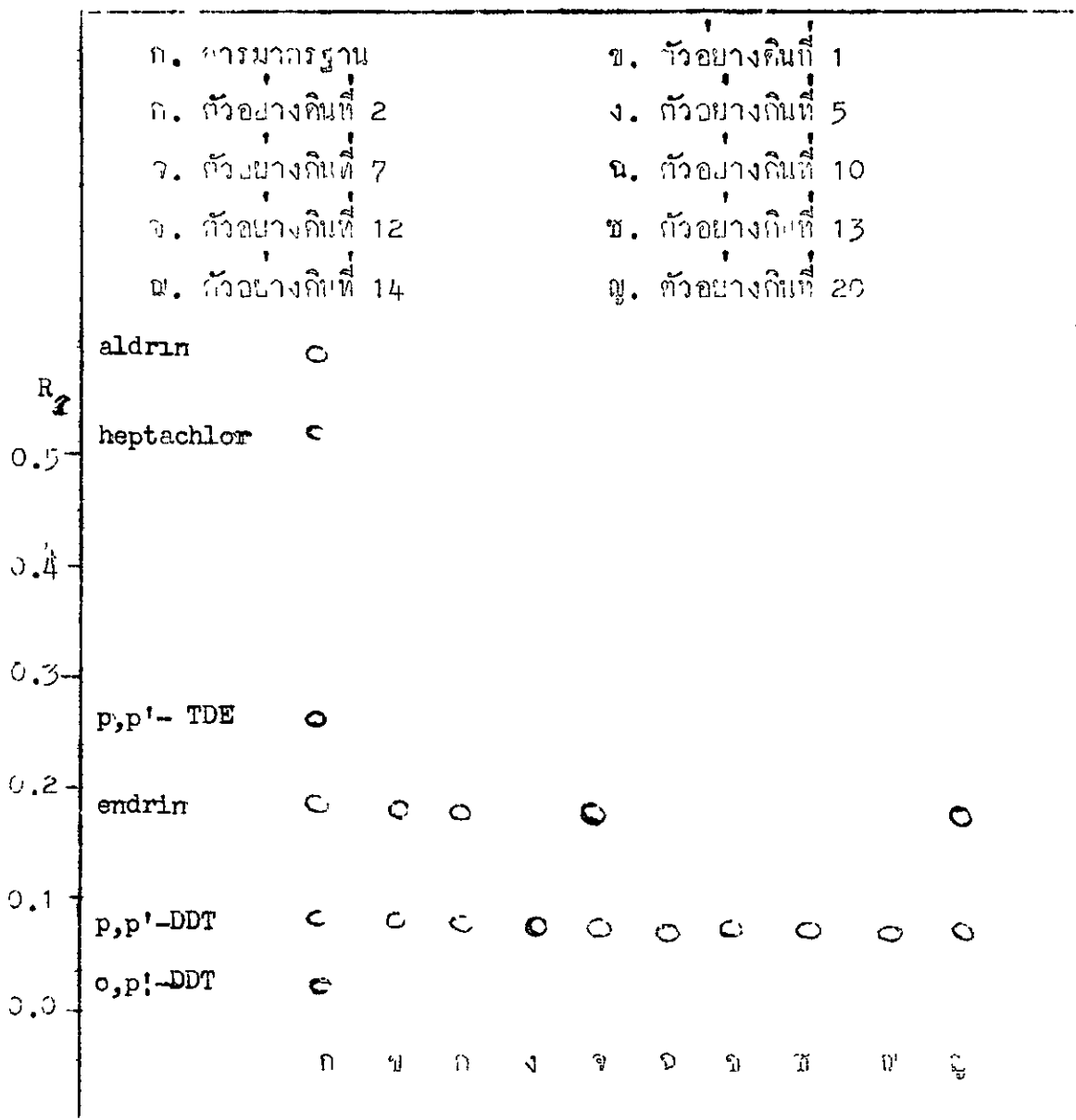
ผลการทดลองเพื่อยืนยัน (confirm)

จากการทดลองหาชนิดของยาฆ่าแมลง โดยโครมาโตกราฟี แบบ thin-layer ปรากฏว่า พบยาฆ่าแมลงชนิดที่ตกค้างอยู่ในดินมาก ถ้ายาฆ่าแมลงชนิดใดตกค้างอยู่ในดินน้อย ก็ไม่สามารถตรวจพบได้ sensitivity ของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดมีดังนี้ คือ

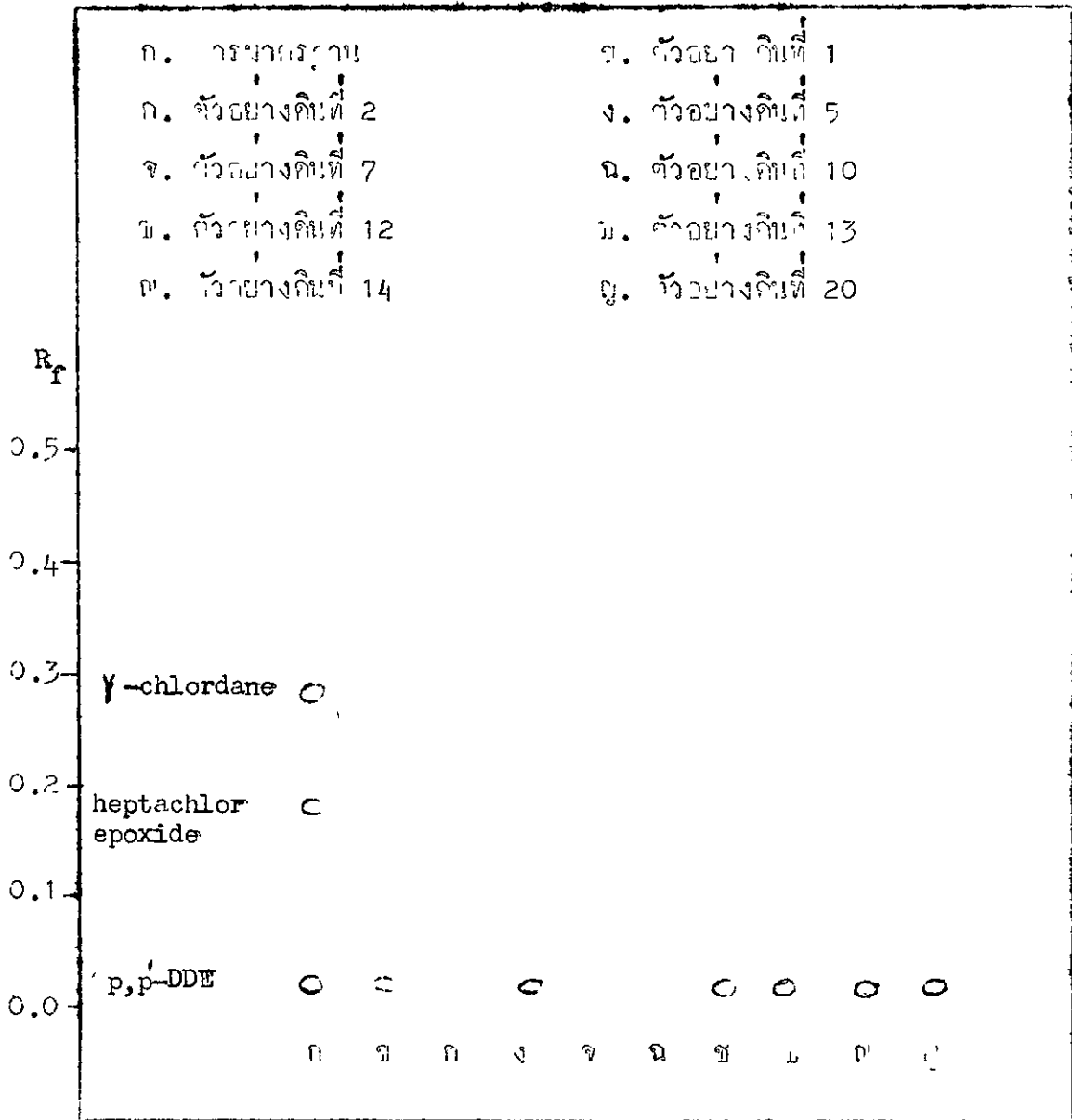
p,p' - DDT, p,p'- DDE และ endrin ถ้าตรวจพบจากโครมาโตกราฟีแบบภาซ-ของเหลว น้อยกว่า 35 ppb หรือ 0.875  $\mu\text{g}$  ในสารตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้หอยจะตรวจไม่พบ

heptachlor, aldrin ถ้าตรวจพบจากโครมาโตกราฟีแบบภาซ-ของเหลว น้อยกว่า 40 ppb หรือ 1  $\mu\text{g}$  ในสารตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้หอยจะตรวจไม่พบ

heptachlor epoxido,  $\gamma$ - chlordane, p,p'- TDE และ o,p'- DDT ถ้าตรวจพบจากโครมาโตกราฟีแบบภาซ-ของเหลว น้อยกว่า 80 ppb หรือ 2  $\mu\text{g}$  ในสารตัวอย่างทั้งหมดที่ใช้หอยจะตรวจไม่พบ ดังแสดงใน chromatogram



ภาพ 12 แสดง Chromatogram ของตัวอย่างที่เก็บจากธรรมชาติ  
 ซึ่งทำละลายที่เก็บไว้มา 1% acetone ใน n - heptane



ภาพ. 13 แสดง Chromatogram ของตัวอย่างดินเค็มบนกระดาษกรอง  
 ตัวอย่างดินเค็มที่เก็บไว้ที่ ๗ → heptane

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษากันคว่ำ

การศึกษากันคว่ำครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับและปริมาณของยาฆ่าแมลง  
ในพื้นที่ไร่ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัย

วิธีดำเนินการทดลอง

1. กลุ่มตัวอย่าง เก็บตัวอย่างจากพื้นที่ไร่ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัย โดยเก็บดินหนึ่งตัวอย่างจากแปลงที่มีเนื้อที่ไม่เกิน 10 ไร่ จากจุดที่กระจายอยู่ทั่วทั้งแปลงไม่ต่ำกว่า 10 แห่ง แต่ละแห่งขุดหลุมลึก 6 - 9 นิ้ว ทำหลุมเป็นรูปตัว V ไร่เสียมและดินจากด้านหนึ่งหนาประมาณครึ่งนิ้ว จากปากหลุมขนานลงไปตามหน้าดินที่ขุดจนถึงก้นหลุม แล้วนำดินที่ไ้ทั้ง 10 แห่ง มาผสมรวมกันเป็นหนึ่งตัวอย่าง เก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 เกือบ เกือบละประมาณ 27 ตัวอย่าง รวมเป็น 106 ตัวอย่าง โดยเก็บในเนื้อที่เดิม

2. เครื่องมือที่ใช้ การวิเคราะห์หารชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลง ที่ตกค้างในดินที่ไร่ทำไร่ของจังหวัดสุโขทัย โดยวิธีโครมาโตกราฟีแบบก๊าซ ของเหลว ซึ่งใช้เครื่อง Gas Chromatograph แบบ MT - 220 ท่อทำด้วยแก้วเป็นรูปตัว U เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน  $\frac{1}{4}$  นิ้ว ยาว 6 ฟุต บรรจุด้วย 3% OV - 1 on 100/120 mesh chromosorb W., อุณหภูมิของท่อ 200° ซ. เครื่องตรวจชนิด electron capture ที่ทำกับ Ni<sup>63</sup> อุณหภูมิ 300° ซ. ใช้ก๊าซไนโตรเจน เป็นตัวพา ซึ่งไหลด้วยอัตราเร็ว 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่ออนาที

3. การรวบรวมข้อมูล หาปริมาณของยาฆ่าแมลงโดยเปรียบเทียบพื้นที่ได้  
รูปสามเหลี่ยมของสาร เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน หาคณิตของ  
ยาฆ่าแมลงโดยเปรียบเทียบ retention time ของสารตัวอย่างกับสารมาตรฐาน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 หาปริมาณเฉลี่ยของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิด

4.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณยาฆ่าแมลงแต่ละชนิด

### สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาทดลองครั้งนี้พบว่า

1. จากตัวอย่างทั้งหมด 106 ตัวอย่าง ตรวจพบ endrin 87 ตัวอย่าง  
คิดเป็นร้อยละ 82.07 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 1957.6 ppb ปริมาณต่ำสุด 1 ppb  
ปริมาณเฉลี่ย 80.4 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 102.9 ppb จำนวนตัวอย่าง  
ที่มีปริมาณ endrin มากกว่า 80.4 ppb ขึ้นไปมี 5 ตัวอย่าง จำนวน  
ตัวอย่างที่มีปริมาณ endrin น้อยกว่า 80.4 ppb ลงมามี 82 ตัวอย่าง  
ส่วนใหญ่ปริมาณของ endrin จะอยู่ในช่วง 30 - 10 ppb คิดเป็นร้อยละ 55.56

จากข้อมูล ปริมาณของ endrin กระจายมาก แสดงว่าดินแต่ละตัวอย่าง  
มีปริมาณของ endrin ที่แตกต่างกันมาก

2. ตรวจพบ p,p' - DDT จำนวน 105 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด  
106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 99.05 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 579.4 ppb ปริมาณต่ำสุด  
1.6 ppb ปริมาณเฉลี่ย 60.9 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 101.6 ppb จำนวนตัวอย่าง  
ที่มีปริมาณ p,p' - DDT มากกว่า 60.9 ppb ขึ้นไปมี 22 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ p,p'  
- DDT น้อยกว่า 60.9 ppb ลงมามี 73 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณของ p,p' - DDT  
จะอยู่ในช่วง 10 - 7 ppb คิดเป็นร้อยละ 57.04

จากข้อมูลปริมาณของ  $p,p'$ - DDT กระจายมาก แสดงว่าดินแต่ละตัวอย่าง  
มีปริมาณ  $p,p'$ - DDT ที่ตกค้างอยู่แตกต่างกันมาก

3. ตรวจพบ  $p,p'$ - TDE จำนวน 33 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด  
106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.13 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 61.3 ppb ปริมาณ  
ต่ำสุด 0.4 ppb ปริมาณเฉลี่ย 12.5 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
12.6 ppb จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $p,p'$ - TDE มากกว่า 12.5 ppb ขึ้น  
ไปมี 15 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $p,p'$ - TDE ต่ำกว่า 12.5 ppb ลงมา  
มี 18 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณของ  $p,p'$ - TDE จะอยู่ในช่วง 20 - 8 ppb  
คิดเป็นร้อยละ 46.15

จากข้อมูล ปริมาณของ  $p,p'$ - TDE กระจายค่อนข้างมาก แสดงว่าดินแต่ละ  
ตัวอย่างมีปริมาณของ  $p,p'$ - TDE ที่ตกค้างอยู่มีปริมาณใกล้เคียงกัน

4. ตรวจพบ aldrin จำนวน 51 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด  
106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 48.13 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 18.7 ppb ปริมาณ  
ต่ำสุด 0.3 ppb ปริมาณเฉลี่ย 2.6 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.4 ppb  
จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ aldrin มากกว่า 2.6 ppb ขึ้นไปมี 29 ตัวอย่าง  
จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ aldrin น้อยกว่า 2.6 ppb ลงลงมา มี 22 ตัวอย่าง  
ส่วนใหญ่ปริมาณของ aldrin จะอยู่ในช่วง 9 - 3 ppb คิดเป็นร้อยละ 35.00

จากข้อมูล ปริมาณของ aldrin กระจายค่อนข้างน้อย แสดงว่าดินแต่ละ  
ตัวอย่าง มีปริมาณของ aldrin ที่ตกค้างอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

5. ตรวจพบ  $p,p'$ - DDE จำนวน 106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ  
100.00 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 580.5 ppb ปริมาณต่ำสุด 0.7 ppb  
ปริมาณเฉลี่ย 64.2 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 107.6 ppb จำนวน  
ตัวอย่างที่มีปริมาณ  $p,p'$ - DDE มากกว่า 64.2 ppb ขึ้นไปมี 23 ตัวอย่าง จำนวน  
ตัวอย่างที่มีปริมาณ  $p,p'$ - DDE น้อยกว่า 64.2 ppb ลงไปมี 83 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่

ปริมาณของ  $p,p'$ -DDE จะอยู่ในช่วง 30 - 6 ppb คิดเป็นร้อยละ 51.85

จากข้อมูล ปริมาณของ  $p,p'$ -DDE กระจายมาก แสดงว่าดินแต่ละตัวอย่าง มีปริมาณของ  $p,p'$ -DDE ที่ตกค้างอยู่แตกต่างกันมาก

6. ตรวจพบ  $o,p'$ -DDT จำนวน 35 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด 106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33.02 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 15 ppb ปริมาณต่ำสุด 0.05ppb ปริมาณเฉลี่ย 6.8 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.9 ppb จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $o,p'$ -DDT มากกว่า 6.8 ppb ขึ้นไปมี 13 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $o,p'$ -DDT น้อยกว่า 6.8 ppb ลงมา มี 22 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณของ  $o,p'$ -DDT จะอยู่ในช่วง 20 - 9 ppb คิดเป็นร้อยละ 44.44

จากข้อมูล ปริมาณของ  $o,p'$ -DDT กระจายค่อนข้างมาก แสดงว่าดินแต่ละตัวอย่างมีปริมาณของ  $o,p'$ -DDT ที่ตกค้างอยู่แตกต่างกันไม่มากนัก

7. ตรวจพบ heptachlor จำนวน 51 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด 106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 48.13 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ 14.9 ppb ปริมาณต่ำสุดคือ 0.2 ppb ปริมาณเฉลี่ย 6 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.7 ppb จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ heptachlor มากกว่า 6 ppb ขึ้นไปมี 26 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ heptachlor น้อยกว่า 6 ppb ลงมา มี 25 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณของ heptachlor จะอยู่ในช่วง 20 - 4 ppb คิดเป็นร้อยละ 70.50

จากข้อมูล ปริมาณของ heptachlor กระจายค่อนข้างน้อย แสดงว่าดินแต่ละตัวอย่างมีปริมาณของ heptachlor ที่ตกค้างอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

8. ตรวจพบ heptachlor epoxide จำนวน 82 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด 106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 77.36 ปริมาณสูงสุดที่พบคือ

10.3 ppb ปริมาณต่ำสุด 0.2 ppb ปริมาณเฉลี่ย 5.1 ppb ค่าความ  
เบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.5 ppb จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ heptachlor  
epoxide มากกว่า 5.1 ppb ขึ้นไปมี 37 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณของ  
heptachlor epoxide น้อยกว่า 5.1 ppb ลงมามี 45 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณ  
ของ heptachlor epoxide จะอยู่ในช่วง 7 - 4 ppb คิดเป็นร้อยละ 43.48

จากข้อมูล ปริมาณของ heptachlor epoxide กระจายน้อยมาก แสดงว่า  
ดินแต่ละตัวอย่างที่มีปริมาณของ heptachlor epoxide ที่แตกต่างกันอยู่ในปริมาณที่ใกล้เคียง  
กันมาก

9. ตรวจพบ  $\gamma$ -chlordane จำนวน 102 ตัวอย่าง จากตัวอย่าง  
ทั้งหมด 106 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 96.23 ปริมาณสูงสุดที่พบ 12.5 ppb ปริมาณ  
ต่ำสุด 0.1 ppb ปริมาณเฉลี่ย 4.9 ppb ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
2.4 ppb จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $\gamma$ -chlordane มากกว่า 4.9 ppb ขึ้นไป  
มี 34 ตัวอย่าง จำนวนตัวอย่างที่มีปริมาณ  $\gamma$ -chlordane น้อยกว่า 4.9 ppb  
ลงมามี 68 ตัวอย่าง ส่วนใหญ่ปริมาณของ  $\gamma$ -chlordane จะอยู่ในช่วง 5-- 2ppb  
คิดเป็นร้อยละ 70.37

จากข้อมูล ปริมาณของ  $\gamma$ -chlordane กระจายน้อยมาก แสดงว่าดินแต่ละ  
ตัวอย่างที่มีปริมาณของ  $\gamma$ -chlordane ที่แตกต่างกัน มีปริมาณใกล้เคียงกันมาก

### อภิปรายผลการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำให้ทราบถึง

1. ย้ำฆ่าแมลงที่ตรวจพบในดินตัวอย่างต่าง ๆ บางชนิดมีปริมาณ  
แตกต่างกันมาก เช่น endrin p,p'-DDE เป็นต้น แสดงว่า กสิกรใช้ยาฆ่าแมลง  
2 ชนิดนี้ในปริมาณที่แตกต่างกันขึ้นกับชนิดของพืชที่ปลูก และศัตรูพืชที่กสิกรต้องกำจัดและ  
ป้องกัน ย้ำฆ่าแมลงบางชนิดพบในปริมาณใกล้เคียงกัน เช่น  $\gamma$ -chlordane

heptachlor epoxide เป็นต้น แสดงว่ากสิกรรมใช้ในปริมาณใกล้เคียงกัน หรืออาจจะไม่น้อยกว่า จึงทำให้ผู้วิจัยตรวจพบในปริมาณที่น้อยมาก

2. ยาฆ่าแมลงชนิด p,p'-DDE p,p'-TDE เป็นยาฆ่าแมลงที่ไม่มีผลอยู่ในยาฆ่าแมลงที่กสิกรรมใช้ แต่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของ p,p'-DDT การเปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์ในดินเป็นส่วนใหญ่ (Flemmer et al., 1963)

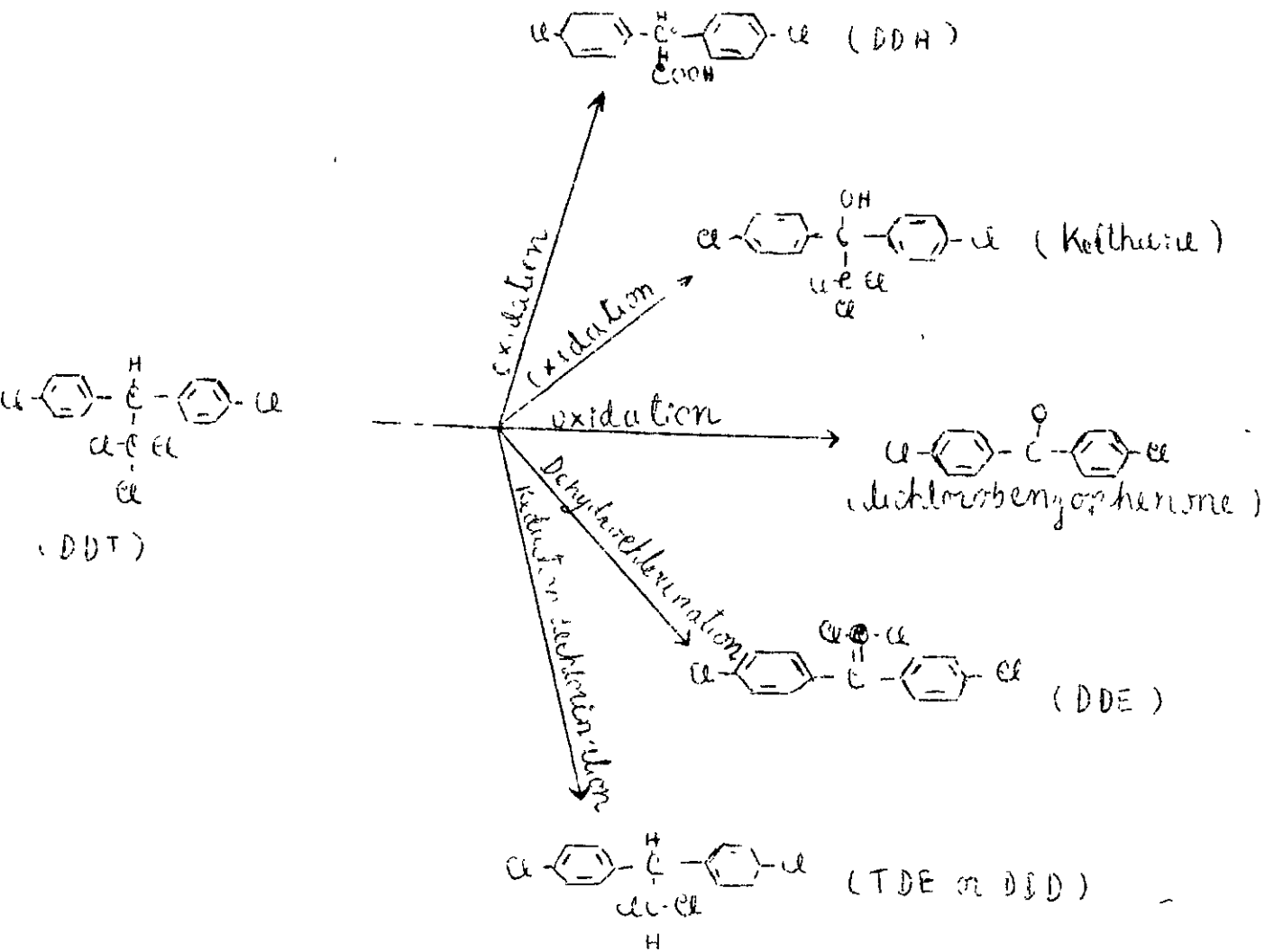
การเปลี่ยนแปลงของดีดีที เกิดได้ในลักษณะต่าง ๆ กันดังนี้ คือ

1. oxidation ทำให้ DDT เปลี่ยนเป็นสาร DDA, Kelthane (หรือสารจำพวกเดียวกับ Kelthane) หรือ Dichlorobenzophenone

2. Dehydrochlorination ทำให้ DDT เปลี่ยนเป็น DDE

3. Reductive dechlorination ทำให้ DDT เปลี่ยนเป็น

TDE (DDD)



3. ยาฆ่าแมลงที่ตรวจพบ มีปริมาณน้อยมากจนไม่มีผลต่อกลไกและสัตว์เลี้ยงขนาดใหญ่ในทันที แต่มีผลในระยะยาว ซึ่งอาจจะเนื่องจากการเคลื่อนย้ายของยาฆ่าแมลงเข้าไปสะสมในพืชที่ปลูกได้ องค์การอนามัยโลกยอมรับว่า DDT จะเป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์ก็ต่อเมื่อ DDT เข้าไปในร่างกายเกิน 0.015 มิลลิกรัม

ค่อนข้างหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม แต่ปริมาณของยาฆ่าแมลงที่ตกค้างในดินอาจจะเป็นอันตรายต่อจุลินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์แก่พืช ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษาหาปริมาณของยาฆ่าแมลงที่จะเป็นอันตรายแก่จุลินทรีย์ในดิน

4. ยาฆ่าแมลงที่สะสมในดิน อาจจะถูกน้ำชะไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าพื้นที่ไร่ทำไร่นั้นมีทางระบายน้ำที่ดี เช่น จากตัวอย่างดินที่ 1 ครั้งแรกเก็บดินในขณะที่กสิกรปลูกแตงโม พบปริมาณของ endrin 1587.5 ppb ต่อจากนั้นประมาณ 30 วัน กสิกรตัดแตงโมขายหมดกระยะนั้นมีฝนตกบ้าง เมื่อผู้วิจัยไปเก็บดินในพื้นที่เดิมมาตรวจวิเคราะห์ ปรากฏว่าปริมาณของ endrin ลดลงเหลือ 17.1 ppb

#### ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาคนคว่าต่อไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาค้นคว้าหาปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดที่จะเคลื่อนที่จากดินเข้าสู่ส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้มากน้อยเพียงไร

2. ควรจะได้มีการศึกษาค้นคว้าปริมาณของยาฆ่าแมลงแต่ละชนิดที่ตกค้างอยู่ในดิน และหาอันตรายแก่จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์แก่พืชในดิน

3. โครมาโตกราฟีแบบ thin - layer เหมาะที่จะใช้กับสารตัวอย่างที่มีปริมาณของสารที่จะตรวจมากพอ ถ้าสารตัวอย่างมีปริมาณของสารที่จะตรวจน้อยจะได้ผลไม่เป็นที่พอใจ

4. ควรจะได้มีการศึกษาหาชนิดและปริมาณของยาฆ่าแมลงชนิด organophosphate ในดินบ้าง เนื่องจากปัจจุบันกสิกรนิยมใช้ยาฆ่าแมลงประเภทนี้มากขึ้น

นร รณานุกรม

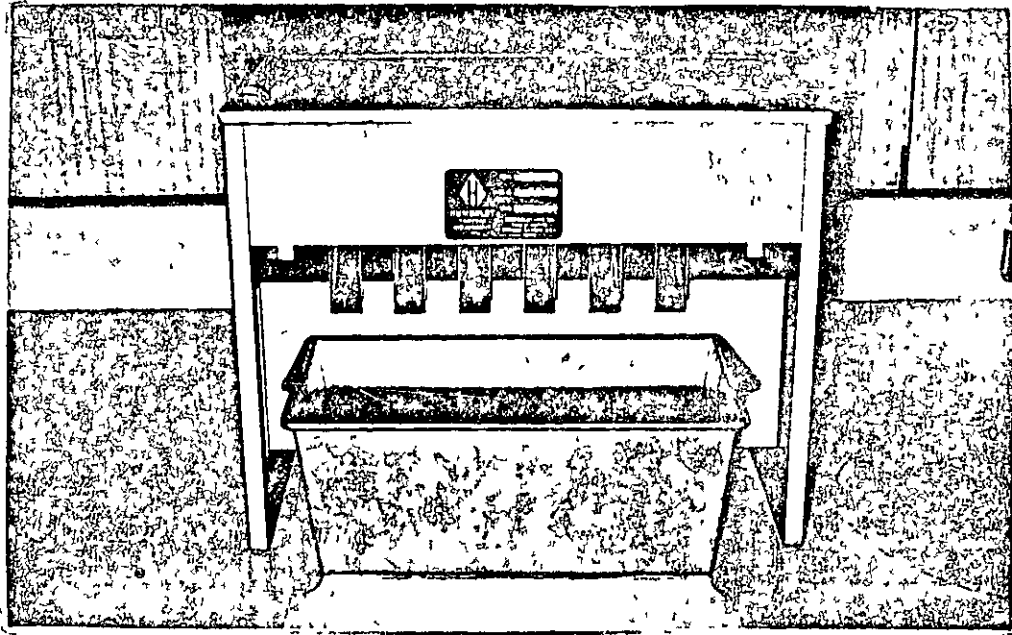
บรรณานุกรม

- ประยูร คีมา วัฏภูมิพิษที่ใช้ในการเกษตรและการสาธารณสุข พระนคร 2517  
หน้า 28.
- ประยูร คีมา "วัฏภูมิพิษที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ศัตรูมนุษย์ และสัตว์กับสิ่ง  
แวดล้อม" รายงานการวิจัยของโครงการวิจัยวัฏภูมิพิษ กรมวิชาการเกษตร  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ม.ป.ป. หน้า 5 - 6 อัดสำเนา.
- วรากรณ์ อาจองค์ การหาปริมาณการสะสมของสารดีดีที ในหอยนางรม โดยวิธี  
แกสลิควิดโครมาโทกราฟี วิทยานิพนธ์ วท.ม. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย 2515 หน้า 2.
- สนัดถ์ กี้ วังใน "ดินเป็นพิษ" ชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์ 20(36) : 24 - 26 2516.
- สิรินทร์ วิโมกข์สันต์ และคณะ ริ้วเคมี บำรุงบุญลิจ กรุงเทพมหานคร 2516  
หน้า 91 - 97.
- Abbott, D.C., and Thomson, J., "The Application of Thin-Layer  
Chromatography Technique to the Analysis of Pesticide Residues"  
Residue Review, 11 : 16 - 30, 1965.
- Clark, V.D., et al., Approach to Gas Chromatography, Pioneer Press,  
Sydney, Australia, 1969, 134 pp.
- Cole, H., et al., "DDT Levels in Fish Stream Sidiment and Soil  
Before and After DDT Aerial Spray Application for Fall  
Cankerworm in Northern Pennsylvania," Bull. Environ.  
Contamination & Toxicol 2(3) : 127 - 146, 1967.

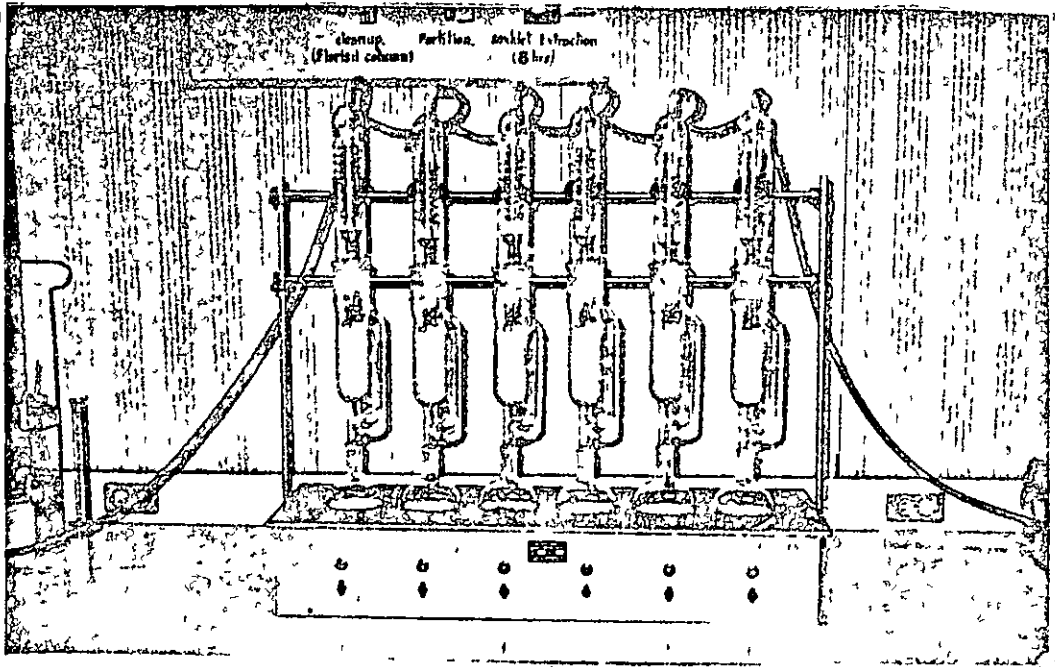
- Gaul, J.A., "Quantitative Calculation of Gas Chromatographic Peaks in Pesticide Residue Analysis" J. Ass. Offic. Agr. Chemists, 49(2) : 389 - 399, 1966.
- Guenzi, W.D., and Beard, W.E., "An aerobic Biodegradation of DDT to DDD in Soil," Science 156 : 1116 - 1117, 1967.
- Kallman, B.J., and Andrew, A.K., "Reductive Dechlorination of DDT to DDD by Yeast," Science, 141 : 1050, 1963.
- Kiuremagi, Ulo, and Ferriere, L.C., "Persistence of DDT in Orchard Soils" Bull Environ. Contamination & Toxicol 7(6) : 348 - 352, 1972.
- Mc. Nair, H.M., and Bonelli, E.J., Basic Gas Chromatography Consolidated Printers, California, 1969, p. 105.
- Mencel, J.L., et al., "Metabolism of DDT and Some other Chlorinated Organic Compounds by Acrobacter aerogenes," J. Ass. Offic Agr. Chemists, 50(4) : 897, 1967.
- Mendoza, C.E., et al., "Sodium Methlyate Treatment of Cleaned up Plant Extracts in Confirmation of Some Pesticide Residues By Gas- Liquid Chromatography" Journal of AOAC 51(5) : 1095 - 1010, 1968.
- Nash, G.R., and Harris, W.G., "Soil Moisture Influence on Treatment and Extraction of DDT from Soils," Journal of AOAC 55(3) : 532 - 536, 1972.
- Nash, Ralph G., et al., "Comparative Extraction of Chlorinated Hydrocarbon Insecticides from Soils 20 years After Treatment," Journal of AOAC 56(3) : 728 - 732, 1973.
- Randerath, Kurt, Thin-Layer Chromatography, Verlag Chemie, Gmb H., New York, 1968, 285 pp.

- Saha, J.G., "Comparison of Several Methods for Extracting Dieldrin C<sup>14</sup> from Soil," Bull. Environ. Contamination & Toxicol, 3(1) : 26 - 36, 1968.
- San, W.W., et al., "Exploratory Studies on Occurrence of Organochlorine Insecticide Residues in Agricultural Soils in Southwestern Ontario," J. Agr. Food. Chem. 14 : 398 - 403, 1966.
- Siewiorske, M., and Helrich, K., "Separation, Identification, and Measurement of DDT and Its Metabolites," J. Ass. Offic. Agr. Chemists, 50(3) : 627 - 633, 1967.
- Stevens, Lynn J., et al., "Pesticides in Soil", Pesticides Monitoring Journal, 4(3) : 145 - 165, 1970.
- Yule, W.N., "DDT Residues in Forest Soils," Bull. Environ. Contamination & Toxicol 5(2) : 139 - 144, 1970.
- Zweig, Gunter, Analytical Methods for Pesticide and Plant Growth Regulator 7 : 12, 1973.

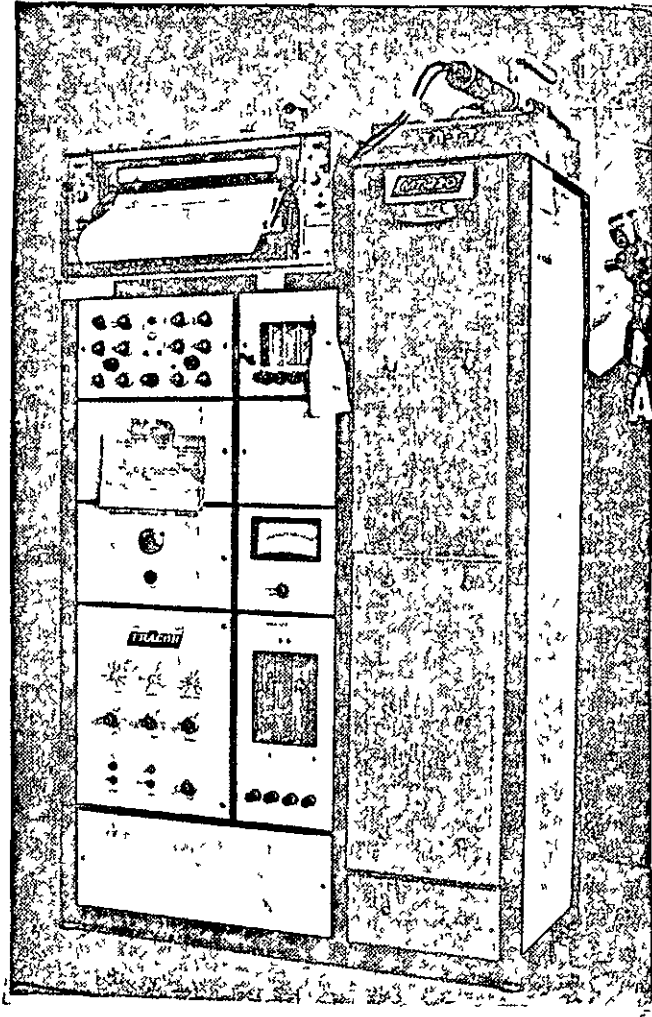
ภาคผนวก



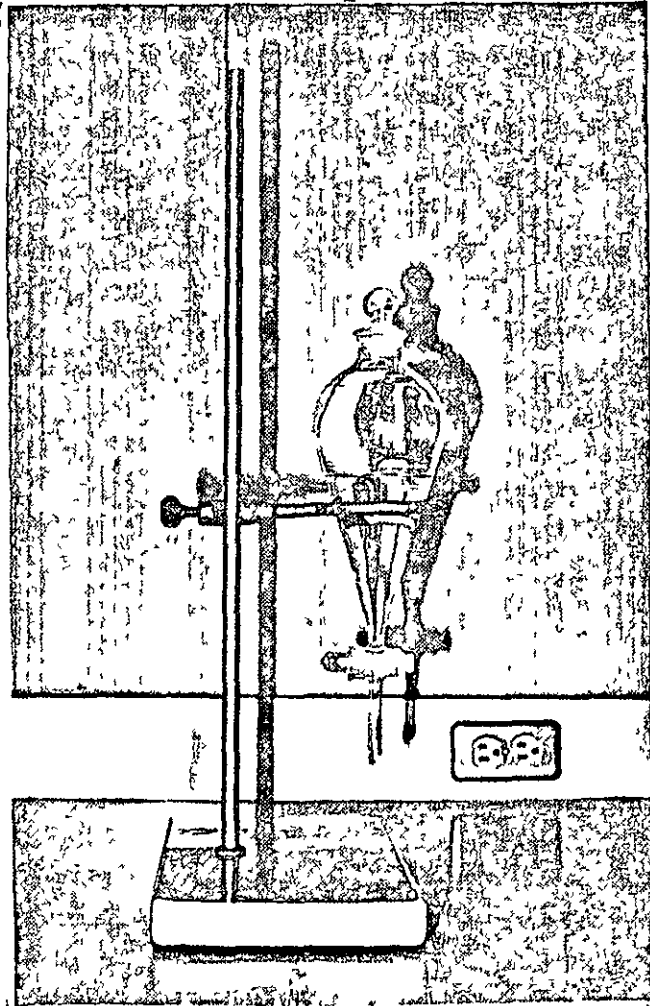
ภาพ 14 เครื่องแบ่งส่วนกิน



ภาพ 15 เครื่องสกัดชนิด Soxhlet extractor



ภาพ 16 เครื่อง Gas Chromatograph

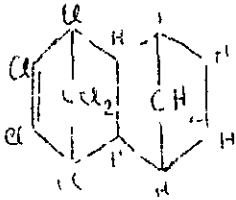


ภาพ 17 แสดงการพาร์ติชัน partition

ภากษณวท

คณสมบัตบขงปรกรขงยษษษแมลงทไ้ร้ศกษททลลง

aldrin;  $C_{12}H_8Cl_6$



1, 2, 3, 4, 10, 10 hexachloro -1, 4, 4<sup>a</sup>, 5, 8, 8<sup>a</sup> hexahydro -1, 4-endo - exo 5, 8-dimethanonaphthalene

ชื่อทางการค้า เช่น HHDN, Octalene

น้ำหนักโมเลกุล 364.93

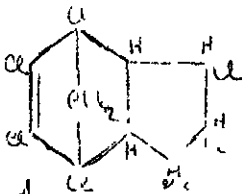
จุดหลอมเหลว 120 - 140 °C

ความหนาแน่น 97 ปอนด์/ลบ.ซม.

เป็นของแข็งสีขาวหรือสีน้ำตาลเข้ม

การละลาย ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ดีพอสมควรใน ketone, paraffins

γ-chlordane;  $C_{10}H_6Cl_8$



1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 8 - Octachloro -2, 3, 3<sup>a</sup> 4, 7, 7<sup>a</sup> - hexahydro 4, 7 - methanoindene

ชื่อทางการค้า เช่น Velsicol 1068, Octachlor

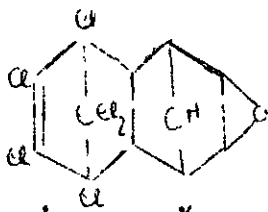
น้ำหนักโมเลกุล 409.8

จุดเดือด 175 °C

เป็นของเหลวสีเหลืองอ่อน

การละลาย ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์

dieldrin;  $C_{12}H_8Cl_6O$



1, 2, 3, 4, 10, 10 - hexachloro - 6, 7 - epoxy - 1, 4, - endo - exo-5, -8,- dimeth nonaphthalene

ชื่อทางการค้า เช่น Alvit, Octalox

น้ำหนักโมเลกุล 380.93

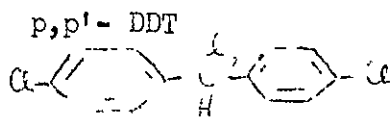
จุดหลอมเหลว 175 - 176 °C

เป็นผลึกของแข็งสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน

การละลาย ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้บ้างเล็กน้อยในตัวทำละลายอินทรีย์

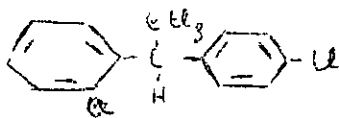
DDT;  $C_{14}H_9Cl_5$

ในการทดลองนี้ ทดลอง DDT 2 isomer ก็น่า



1, 1, 1 - trichloro -2- bis (p- chloro- phenyl) ethane

o,p'- DDT



1, 1, 1 - trichloro -2- (o - chlorophenyl) -2- (p- chlorophenyl) ethane

ชื่อทางการค้า เช่น Pentech santobane

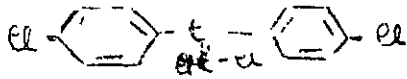
น้ำหนักโมเลกุล 354.5

จุดหลอมเหลว 108.5 - 109.0 °C

เป็นผลึกสีขาว

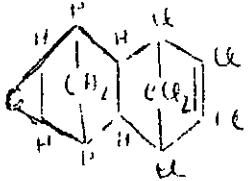
การละลาย ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้ใน 96% ใน Chloroform 6% ใน petroleum ether  
เมื่อมี DDT สะสมอยู่ในดิน สามารถเปลี่ยนไปเป็น DDE ได้

DDE



1, 1 dichloro -2, 2- bis (p - chlorophenyl) ethane

endrin; C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>O Cl<sub>6</sub>



1, 2, 3, 4, 10, 10 hexachloro -6, 7-epoxy -1, 4, 4a, 5, 6, 7, 8, 8a octahydro -1, 4-endo -endo -5, 8- dimethano naphthalene

ชื่อทางการค้า เช่น Mendrin

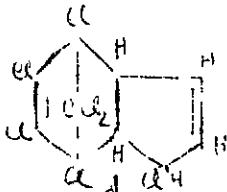
น้ำหนักโมเลกุล 380.93

ความหนาแน่น 55 - 60 ปอนด์/ลบ.ฟุต

เป็นผงสีขาวหรือสีน้ำตาลอ่อน

การละลาย ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ปานกลางใน benzene acetone

heptachlor; C<sub>10</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>7</sub>



1, 4, 5, 6, 7, 8, 8 - heptachloro -3a, 4, 7, 7a - tetrahydro -4, 7- endo- mathanoindan

ชื่อทางการค้า เช่น Heptagan, Drinox H - 34

น้ำหนักโมเลกุล 373.3

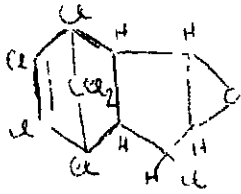
จุดหลอมเหลว 95 - 96 °C

จุดเดือด 135 - 145 °C

เป็นของแข็งสีขาว ไม่ละลายตัวง่าย

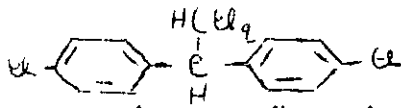
การละลาย ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายใน acetone ได้ 75 กรัม/ 100 มิลลิลิตร ใน benzene ได้ 160 กรัม/100 มิลลิลิตร เป็นต้น

heptachlor epoxide;  $C_{10}H_5Cl_7O$



1, 4, 5, 6, 7, 8, 8 - heptachloro -2, 3 -  
epoxy -3a, 4, 7, 7a- tetrahydro -4, 7 -  
methanoindan

p,p'- TDE;  $(C_6H_4Cl)_2 CH_2Cl_2$



2, 2 - Bis (p- chlorophenyl)-1, 1-  
dichloroethane

ชื่อทางการค้า เช่น DDD, Rothane D - 3

น้ำหนักโมเลกุล 320.5

จุดหลอมเหลว 109°C

จุดเดือด 185 - 193°C

ความหนาแน่น 1.385 กรัม/ลบ.ฟุต

เป็นผลึกของแข็งสีขาว

การละลาย ละลายได้ดีใน 100 กรัม/100 มิลลิลิตร ของ acetone,  
70 กรัม/100 มิลลิลิตร ใน benzene เป็นต้น