544 92
ส245ก
ค3

การศึกษาวิธีการตรวจคุณภาพและปริมาณของวัตถุมีพิษ โดยใช้ thin - layer chromatography

5 ส.ค. 2522

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ถนนสุขุมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ 11 โทร 3921676 3916058

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุนันท์ ลีลาวชิโรภาส

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
กรกฎาคม 2521

73024

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้.

..... ประธาน

..... กรรมการ

กรกฎาคม 2521

ประกาศคุณูปการ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ประยูร ดีมา และอาจารย์สมเกียรติ กรีทอง กรรมการที่ปรึกษาที่ได้ช่วยเหลือให้คำแนะนำในการค้นคว้าทดลอง และได้กรุณาตรวจแก้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้อย่างดียิ่ง และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ศึกวิจัยวัตถุมีพิษผู้ให้ความช่วยเหลือ

การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือ และสถานที่ศึกวิจัยวัตถุมีพิษ และได้รับทุนอุดหนุนการจัดพิมพ์จากทุนหลวงสวัสดิสารศาสตรพุทธิ

คุณชัชติยาณี มาณะเพียรสำเร็จ คุณสุนันทา พึ่งตน คุณเอกนันท์ แสงธรรมส่องวิถี คุณราศรี ธรรมคุ้มครอง คุณมานะ เอกกรรมนิรันดร์ คุณเกื้อย ถั่วเขียว คุณสุนันท์ พบอีสาน คุณสวัสดิ์ น้ำใจดี และคุณจิราพร ราชปรีชา เป็นผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลงด้วยดี ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สุนันท์ ลีลาวชิโรภาส

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	คำนำ	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	2
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	2
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
	คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	3
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	7
	thin-layer chromatography technique	7
	หลักของโครมาโตกราฟฟี่ (chromatography)	12
	ทฤษฎี gas-liquid chromatography	12
	ทฤษฎี thin-layer chromatography	15
3	วิธีดำเนินการทดลอง	
	กลุ่มตัวอย่าง	17
	การดำเนินการทดลอง	22
4	ผลการทดลอง	42
5	สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	69
	สรุปผลการทดลอง	72
	อภิปรายผลการทดลอง	74
	ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป	77

บทที่ หน้า

บรรณานุกรม 79

ภาคผนวก 82

วิธีตรวจวัตถุมีพิษพวกออร์กาโนฟอสฟอรัสบางชนิดอย่างง่ายที่ได้จาก
การกันกว้าทดลองครั้งนี้ 83

วิธีตรวจวัตถุมีพิษพวกคลอริเนตเต็ด ไฮโดรการ์บอนส์บางชนิดอย่างง่าย
ที่ได้จากการกันกว้าทดลองครั้งนี้ 84

การเตรียมแผ่นกระจกขนาดเล็กฉาบด้วยสารดูดซับ 85

การเตรียมบรอมฟีนอล บลู สเปรย์ รีเอเจนต์ 87

การเตรียม 0.625% ออโธ – ไดอะนิซิดีน 87

ราคาโดยประมาณของสารเคมี และเครื่องมือ 1 ชุด ที่ใช้ตรวจ
ออร์กาโนฟอสฟอรัสอย่างง่าย 88

ราคาโดยประมาณของสารเคมี และเครื่องมือ 1 ชุด ที่ใช้ตรวจ
คลอริเนาเต็ดไฮโดรการ์บอนส์อย่างง่าย 89

คุณสมบัติบางประการของวัตถุมีพิษพวกออร์กาโนฟอสฟอรัสบางชนิด 90

คุณสมบัติบางประการของวัตถุมีพิษพวกคลอริเนตเต็ด ไฮโดรการ์บอนส์บางชนิด 100

ภาพประกอบการทดลอง

บทคัดย่อ

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	รายชื่อวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงซึ่งมีสารออกฤทธิ์ชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส	17
2	รายชื่อวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงซึ่งมีสารออกฤทธิ์ชนิดกลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์	19
3	วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัสมี 18 ระบบ	27
4	วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัตถุมีพิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์มี 11 ระบบ	31
5	การเปรียบเทียบความไวของ GLC และเปอร์เซนต์การตรวจพบเมื่อผ่าน TLC ก่อน	61
6	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดยแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (TLC) กับวิธีตรวจโดย Gas-liquid chromatography (GLC)	64

บัญชีภาพประกอบ

ภาพ		หน้า
1	การลากเส้นเพื่อทำให้เกิดสามเหลี่ยมเพื่อหาพื้นที่ของพีค	13
2.	การ plot ระหว่างปริมาณและความสูงของพีคของสารมาตรฐาน	14
3.	TLC - chromatogram แสดงการหาความเข้มข้นของวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง	34
4.	กระจกเคลือบสารดูดซับที่หยดสารละลายมาตรฐาน และสารละลายคาร์ลาวิน	36
5.	TLC - chromatogram แสดงการหาความไวของสายตาในการทำนายความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์เอนดรินจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง	37
6.	การ plot ความสูงของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอนดริน	38
7.	การเคลื่อนแผ่นกระจกขนาดเล็กด้วยซิลิก้า เจล จี	84
8.	ชุดเครื่องมือที่ใช้ทดลองตรวจออร์กาโนฟอสฟอรัสอย่างง่าย	110
9.	ไมโครสไลด์ที่เคลือบแล้วใช้ตรวจออร์กาโนฟอสฟอรัสและคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์	110
10.	การหยดสารตัวอย่างลงไปบนแผ่นกระจก ด้วยหลอดหยดขนาดเล็ก	111
11.	สาร develop โครมาโตเพลทด้วยสารละลายและโบรมีน	111
12.	การพ่นโครมาโตเพลทด้วยสารทำให้เกิดสี	112
13.	TLC - chromatogram ของวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส	113
14.	TLC - chromatogram ของวัตถุมีพิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์	114
15.	TLC - chromatogram แสดงการตรวจปริมาณของสารออกฤทธิ์เมทธิลพาราไธออน และดีลดริน	115

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

ปัญหาหนึ่งที่หลายประเทศทั่วโลกกำลังวิตกอย่างยิ่งอยู่ในขณะนี้ คือปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ อากาศเป็นพิษ ดินเป็นพิษ น้ำเป็นพิษ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น การปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำต่าง ๆ เขม่าและควันพิษจากเครื่องยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม การทิ้งขยะมูลฝอยที่เน่าเปื่อยยากทับถมลงบนดินและการใช้วัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช

สาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินเป็นพิษมากได้แก่ การใช้วัตถุมีพิษป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช ภายหลังที่เกษตรกรฉีดพ่นวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงลงบนต้นพืช หรือใส่ในดินโดยตรงแล้ว วัตถุมีพิษส่วนใหญ่เหล่านั้นจะสะสมอยู่ในดินได้ มีส่วนน้อยที่ถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำ หรือระเหยเป็นไอปะปนอยู่ในอากาศ

วัตถุมีพิษมีการสะสมอยู่ตามแหล่งต่าง ๆ เช่น ในดิน ในน้ำ ฯลฯ เพิ่มมากขึ้นทุกวัน เนื่องจากเกษตรกรนิยมใช้วัตถุมีพิษเพิ่มมากขึ้น เพื่อวัตถุมีพิษจะช่วยลดความเสียหายของผลผลิตจากการทำลายของศัตรูพืชได้ แต่เนื่องจากเกษตรกรขาดความรู้ในการใช้วัตถุมีพิษ เช่น ฉีดพ่นวัตถุมีพิษผิดวิธี เลือกใช้ชนิดวัตถุมีพิษไม่เหมาะสม หรือวัตถุมีพิษที่ใช้นั้นมีคุณภาพและปริมาณไม่ตรงตามที่ระบุไว้บนฉลาก ทำให้ศัตรูพืชเกิดการดื้อยาขึ้น จึงต้องใช้ปริมาณวัตถุมีพิษเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และใช้วัตถุมีพิษที่มีพิษรุนแรงมากขึ้น อันเป็นการสิ้นเปลืองสูญเสียทำลายเศรษฐกิจของชาติ ต้องเสียเงินสั่งซื้อวัตถุมีพิษเพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ พร้อมทั้งเกิดมีการระบาดของศัตรูพืชเพิ่มขึ้นด้วย

จากรายงานผลการวิจัยคุณภาพวัตถุมีพิษชนิดใช้ป้องกันกำจัดแมลงของกรมวิชาการเกษตร เมื่อปี 2517 ปรากฏว่าตรวจพบวัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงที่มีเปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ไม่ครบตามฉลากถึง 32.06 เปอร์เซนต์ และเปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ไม่ครบตามฉลากมากกว่า 20 เปอร์เซนต์มีถึง 11.30 เปอร์เซนต์ นับว่าสูงมากทีเดียว ซึ่งเป็นข้อมูลชี้บอกว่า

เกษตรกรต้องสูญเสียเงินอย่างมากมายที่ซื้อวัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชที่ไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดแมลง ทำให้เสียเวลาและพืชผลถูกทำลาย เกษตรกรต้องประสบปัญหาการขาดทุนอันเป็นผลเสียแก่เศรษฐกิจของชาติ

ฉะนั้นจึงหากจะได้มีการศึกษาวิธีการวิเคราะห์คุณภาพวัตถุมีพิษอย่างง่าย ๆ ซึ่งไม่ต้องอาศัยเครื่องมือที่หาได้ยาก ราคาแพง และสามารถทำการตรวจสอบวัตถุมีพิษที่นิยมใช้กันแพร่หลาย เช่น พวกออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus compounds) และ คลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนส์ (chlorinated hydrocarbons) โดยใช้วิธี thin - layer chromatograph หรือวิธีอื่นซึ่งมีประสิทธิภาพสูงแล้ว ก็จะช่วยแก้ปัญหาทางเศรษฐกิจ สังคม และปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษเนื่องจากวัตถุมีพิษได้

<u>ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า</u>

1. เพื่อศึกษาหาวิธีการที่สะดวก และรวดเร็วในการตรวจวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของวัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนส์

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ใช้ thin - layer chromatograph กับวิธีที่ตรวจโดย gas - liquid chromatography

<u>ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า</u>

1. เพื่อศึกษาวิธีการใช้ thin - layer chromatography ในการตรวจวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอริเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนส์ได้กว้างขวาง และสะดวกรวดเร็วขึ้น ซึ่งเกษตรกรหรือผู้สนใจอาจดัดแปลงนำไปใช้ตรวจสอบกับวัตถุมีพิษที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้

2. วิธีการที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะนำไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีเกี่ยวกับการแยกสารให้บริสุทธิ์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและระดับอุดมศึกษาได้

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. จะค้นคว้าวิธีการตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัสที่เกษตรกรนิยมใช้ก็อ อาโซดริน (azodrin), ไบดริน (bidrin), พาราไธออน (parathion), ฟอสดริน (phosdrin), มาลาไธออน (malathion), เม็ทธิล พาราไธออน (methyl parathion), อีไธออน (ethion), ดีดีวีพี (D D V P), ไดอาซินอน (diazinon) และ ไดเมทโธเอท (dimathoate) และชนิดคลอริเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอน ที่นิยมใช้ก็อ ออลดริน (aldrin), ลินเดน (lindane), คลอร์เดน (chlordane), เอนดริน (endrin), ดีลดริน (dieldrin), ทีดีอี (T D E), เฮปตาคลอร์ (heptachlor), เอนโดซัลแฟน (endosulfan) และท็อกซาฟีน (toxaphene) ทั้งกุเภาพวิเคราะห์และปริมาณวิเคราะห์

2. ในการค้นคว้าทดลองจะใช้ standard pesticides ของออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอริเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ตามชอหนึ่งชนิดละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 20 ตัวอย่าง

การจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

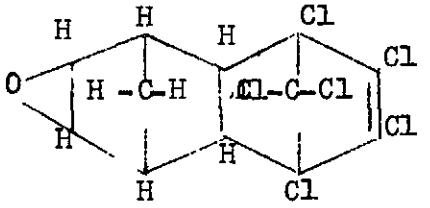
1. สารออกฤทธิ์ (active ingrediant) หมายถึง เคมีภัณฑ์หรือสิ่งที่มีคุณสมบัติอันอาจทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์ สัตว์ และพืช

2. วัตถุมีพิษ (pesticides) หมายถึงสารออกฤทธิ์ หรือวัตถุที่มีสารออกฤทธิ์ผสมอยู่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชในทางการเกษตร

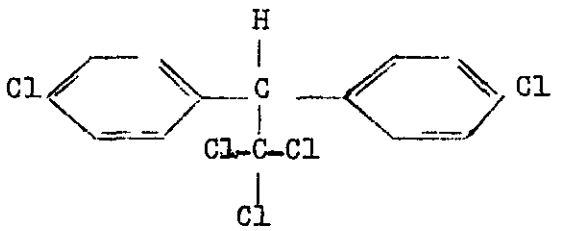
3. วัตถุมีพิษประเภทคลอริเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ หมายถึง วัตถุมีพิษที่มีองค์ประกอบของธาตุการ์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) และคลอรีน (chlorine) วัตถุมีพิษที่เกษตรกรนิยมใช้ทั่วไป คือ ดีดีที (p,p' - DDT), ทีดีอี (p,p'-TDE) ดีลดริน (dieldrin) ออลดริน (aldrin) เฮปตาคลอร์ (heptachlor) คลอร์เดน (x - chlordane) และเอนดริน (endrin) เป็นต้น

ตัวอย่างวัตถุมีพิษคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์

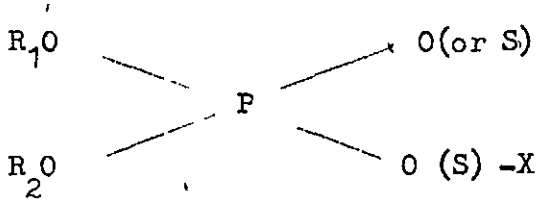
ดีลดรีน, $C_{12}H_8OCl_6$



ดีดีที, $C_{14}H_9CL_5$



4. วัตถุมีพิษประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส หมายถึง วัตถุมีพิษที่มีธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญ มีสูตรทั่วไปดังนี้



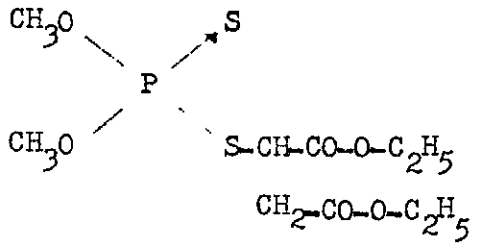
เมื่อ R_1 และ R_2 เป็นหมู่ ethyl($-C_2H_5$) หรือ methyl ($-CH_3$) บางทีเป็น isopropyl ($-CH\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$)

X_1 เป็น organic radical

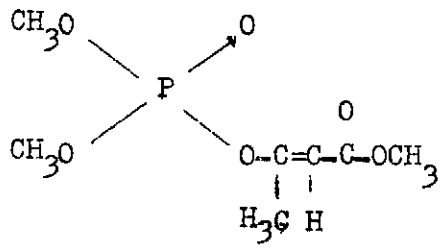
R_1 และ R_2 จะถูก hydrolyse มากกว่า X

ตัวอย่างวัตถุมีพิษออร์กาโนฟอสฟอรัส (Ragab, 1976:1089)

มาลาไธออน, $C_{10}H_{19}O_6PS_2$



ฟอสดริน, $C_7H_{13}O_6P$



5. gas -liguid chromatography (GLC) หมายถึง วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลางเป็นของเหลวเกลือบอยู่บนเม็ดของแข็ง ซึ่งบรรจุอยู่ภายในท่อ (column) แล้วใช้ก๊าซเช่นไนโตรเจน เป็นตัวพาสารผสมไปตาม column ส่งไปยัง detector

6. thin - layer chromatography (TLC) หมายถึงวิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยมีตัวกลางเช่น ซิลิก้า เจล (silica gel), อะลูมินา (alumina) เกลือบอยู่บนแผ่นกระจก ใช้คุณสมบัติของตัวทำละลายซึ่งสามารถละลายและพาสารตัวอย่างไปได้ในอัตราเร็วต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสาร

7. สารดูดซับ (adsorbent) หมายถึงสารที่ใช้ในการดูดซับสารตัวอย่างในการวิเคราะห์ด้วย TLC โดยใช้เกลือบ (coat) บนแผ่นกระจก สารที่เป็น adsorbent ที่ดีจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารตัวอย่าง

8. โครมาโตเพลท (chromatoplate) หมายถึงแผ่นกระจกที่เกลือบ adsorbent

9. ความไว (sensitivity) หมายถึง ขีดความสามารถในการตรวจหาวัตถุมีพิษโดยวิธีต่าง ๆ วัดออกมาเป็นปริมาณต่ำสุดของวัตถุมีพิษที่สามารถตรวจหาได้

10. สารชะ (eluant) หมายถึง สารละลายที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายสารตัวอย่างในการวิเคราะห์ด้วย TLC โดยจะชะ (elute) สารตัวอย่างให้เคลื่อนที่ไปบนโครมาโตเพลท บางทีเรียก eluant ว่าสารละลายเคลื่อน (mobile solvent)

11. chromatographic tank หมายถึงภาชนะสำหรับใส่ eluant ในขณะทำการ elute สารตัวอย่างบนโครมาโตเพลท

12. สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent) หมายถึงสารเคมีที่ใช้พ่นโครมาโตเพลทที่ถูกชะแล้ว เป็นสารที่จะทำให้เกิดสีมองเห็นตำแหน่งของสารตัวอย่างที่เคลื่อนที่บนโครมาโตเพลทได้

13. โครมาโตแกรม (chromatogram) หมายถึง โครมาโตเพลทที่ถูกชะและได้รับการพ่นด้วย chromogenic reagent แล้ว

14. solvent front หมายถึงระยะทางที่ mobile solvent เคลื่อนที่ไปถึงบน chromatoplate

15. ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ (Rf-value ย่อมาจาก relative fraction) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างระยะทางที่สารตัวอย่างเคลื่อนที่เทียบกับ solvent front โดยนับจากจุดเริ่มต้นแนวเดียวกัน Rf-value จะมีค่าคงที่สำหรับสารหนึ่ง ๆ ใน solvent system และสารดูดซับชนิดหนึ่ง ๆ

16. fluorescenc หมายถึง การเรืองสารหรือแสงที่เกิดจากการที่สารดูดซึมพลังงานจากรังสีอุลตราไวโอเลต แล้วปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง

17. chemiluminescence หมายถึง การเรืองแสงที่เกิดจากปฏิกิริยาเคมีของวัตถุมีพิษกับ indicator

18. indicator หมายถึง สารเคมีที่เมื่อทำปฏิกิริยากับวัตถุมีพิษ แล้วจะแสดงปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ง่าย เช่นมีการเรืองแสง การเกิดสี เป็นต้น

19. develop หมายถึง การแยกของผสมออกจากกัน โดยการใช้ mobile solvent ชะของผสมที่หยดบนสารดูดซับในขบวนการ thin-layer chromatography

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

thin - layer chromatography technigue

นับตั้งแต่มีการใช้ paper chromatography มาวิเคราะห์ตรวจวัตถุมีพิษแล้ว ต่อมาปี 1953 Mitchell (Mitchell, 1953:1183) ได้ใช้ paper chromato graphy แยก aldrin, isodrin, dieldrin และ endrin โดยใช้ pyridine: water (3 : 2) เป็น mobile solvent แล้วทำให้เกิดสีด้วย 2N. KOH ผลปรากฏว่าแยกวัตถุมีพิษทั้ง 4 เป็นผลสำเร็จ

Krzeminski และ Landman ได้เตรียมคลอรีเนตเต็ก ไฮโดรคาร์บอนส์ 14 ตัว มีความเข้มข้น 1 mg./ml. หยดลงบนแผ่น paper chromatogram แล้ว develop ด้วย pyridine:water (6 : 4) พ่นด้วย methyl yellow solution ได้จุดสีแดงบนพื้นเหลือง วิธีตรวจวัตถุมีพิษได้ในช่วง 2 ถึง 8 ug. แม้วิธีนี้จะมีความไว ไปเท่า silver nitrate reagent แต่ข้อดีคือ สารเจือปนบน paper chromatogram จะไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อผลการทดลอง เหมือนเมื่อใช้ silver nitrate (Krzeminski and Landman, 1963 : 515)

Watts (Watts, 1965 : 1161) ได้นำ ออร์กาโนฟอสฟอรัส มาหยด 1 – 10 ug บนแผ่น silica gel G แล้ว develop ด้วย 20 % methylene chloride in cyclohexane พ่นด้วย 2 % ของ 4 – (p - nitrobenzyl pyridine) แล้วอบที่ 110 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที แล้วพ่นด้วย 10 % tetraethylenepentamine in acetone ปรากฏว่าส่วนมากจะเกิดจุดสีน้ำเงินบนพื้นขาว ยกเว้น diazinon จะให้จุดสีแดงบนพื้นขาว และสามารถวิเคราะห์หาปริมาณที่ตรวจพบได้โดยการเทียบสีกับตัวที่ทราบปริมาณแล้ว

ต่อมาปี 1966 Guth (Guth, 1967 : 129) ได้แยกวัตถุมีพิษที่ประกอบด้วยฟอสฟอรัส จำนวน 33 ตัวอย่าง บนแผ่น silica gel G หนา 0.3 มิลลิเมตร

โดยใช้ solvent 27 ระบบ นำไปอาบรังสีที่ 254 m.u. จะเกิดจุดสีน้ำตาลดำบนพื้นสีเขียวออนของ fluorescence และถ้าพ่นด้วยสารละลาย 0.05 กรัม ของ K_2PtI_6 ใน 5 ml ของกรดเกลือเข้มข้น 1 โมลาร์ และน้ำ 25 ml จะได้จุดสีขาวบนพื้นสีแดง (ยกเว้น diazinon จะให้จุดสีน้ำเงินเข้มอย่างรวดเร็ว) หรือถ้าพ่นด้วย 2 % ของ 4 – (p - nitrobenzyl) pyridine ใน acetone แล้วอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 5 นาที แล้วพ่นด้วย 10 % ของ tetraethylene pentamine ใน acetone จะได้จุดสีน้ำเงินบนพื้นสีขาว (ยกเว้น diazinon และ paraoxon จะให้จุดสีแดง และสีเหลืองตามลำดับ)

Baumler และ Rippstein (Gunther, 1965 : 38 และ Stahl, 1969 : 639) ได้ทดลองเมื่อปี 1961 โดยแยกวัตถุมีพิษ 7 ชนิด บน silica gel G chromato plate ใช้ hexane : acetone (4 : 1) เป็น mobile solvent แล้วพ่นด้วย palladium chloride solution แต่ system นี้จะได้ผลไม่ดีนัก เมื่อใช้กับ parathion และ demeton - methyl

ในปี 1962 Petschick และ Steger (Gunther, 1965 : 38) ได้ใช้แผ่นแก้วเคลือบ alumina และผสมแป้งเป็น binder แล้วชะด้วย n - heptane : acetone ในการวิเคราะห์ aliphatic ester บางชนิดของ thiophosphoric acid ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และในปีเดียวกัน Salo และคณะ (Gunther, 1965 : 38) ได้วิเคราะห์ parathion, dimeton-methyl และ malathion โดยใช้ TLC บน silica gel G แล้วถูกชะด้วย toluene เป็นเวลา 20 นาที ปรากฏว่าทั้ง dimeton-methyl และ parathion จะให้ผลออกมาเหมือนกัน จึงใช้ระบบนี้วิเคราะห์สารทั้งสองไม่ได้

การวิเคราะห์วัตถุมีพิษด้วย TLC ได้นำมาใช้อย่างแพร่หลายยิ่งขึ้น Walker และ Boroza (Gunther, 1965 : 39) ได้วิเคราะห์สารพวกออร์กาโนฟอสฟอรัสจากสารตัวอย่าง 62 ชนิด และใช้ solvent 19 system สารที่นิยมใช้เป็น solvent มากที่สุด คือ benzene และ chloroform ทั้งนี้ใช้ bromine - fluoresceinsilver nitrate เป็น spraying reagent วิธีนี้จะให้ positive test กับสารตัวอย่าง

33 ชนิด โดยจะต้องนำไป irradiate ด้วยแสงอุลตราไวโอเลต ชั่วระยะหนึ่ง มี sensitivity ระหว่าง 1 – 5 ug (Stahl, 1969 : 640)

Kirchner และ Flanagan (Kirchner, 1967 : 35) พบว่าการใช้สารเฉมีบางชนิด เช่น แป้งและยิปซั่ม ผสมลงไปด้วยกับ adsorbent จะทำให้ adsorbent ติดกับแผ่นกระจกแน่นขึ้น และใช้เวลาในการชะน้อยลง

Visweswariah (Visweswariah, 1971 : 479) ได้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณของคลอรีเนเต็ด ไฮโดรการ์บอนส์ โดยใช้ microslide ขนาด 2.5 x 7.5 เซนติเมตร เคลือบด้วย silica gel G และใช้ chloroform เป็น mobile solvent แล้วผนด้วย 1 % ของ o-tolidine ปรากฏว่า DDT, lindane, captan และ BHC ตรวจได้ต่ำสุดระหว่าง 0.015 ถึง 0.02 ug เต aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDA และ DDE ตรวจได้ตั้งแต่ 0.3 ug ขึ้นไป โดยวิธีเทียบความเข้มของสีกับสารที่ทราบความเข้มข้น

Analtech Inc. (Kirchner, 1967 : 24) ได้แนะนำแผ่นกระจกที่ฉาบด้วย adsorbent เรียบร้อยแล้ว และใช้ได้ทันที เรียกชื่อว่า "uniplate" หรือ " precoated plate" และเมื่อเร็ว ๆ นี้บริษัท A.H.Thomas Co. และ Mallinekrodt Chemical Works ได้เริ่มผลิต precoated plate นี้ออกสู่ตลาดแล้ว ในปี 1962 Applied Science Laboratories Inc. และ The German Instrument Co. ได้ผลิต TLC – plate โดยใช้ glass fiber sheet ที่ชุบด้วย potassium silicate หรือ silicic acid และให้ชื่อทางการค้าว่า Gelman Instant Thin-Layer Chromatography (ITLC) ที่ผลิตขึ้นใหม่ และออกสู่ตลาด เมื่อไม่นานมานี้ก็อ chromatogram sheet ซึ่งผลิตโดย Distillation Products Industries เป็น plate ที่ใช้ silica gel ซึ่ง bind ด้วย polyvinyl alcohol ฉาบบน polyethylene tetraphthalate หนา 0.3 มิลลิเมตร ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร ซึ่งอาจตัดให้มีขนาดต่าง ๆ ได้ตามต้องการ ความหนาของ adsorbent 100 ไมครอน

Ragab (Ragab, 1967 : 1088) ได้ตรวจวิเคราะห์ออร์กาโนฟอสฟอรัส โดยใช้

silica gel TLC sheet โดย develop ด้วย ethyl acetate : hexane (1:3) อบไอของโบรมีนแล้วพ่นด้วย ferric chloride - 2 - (2 - hydroxyphenyl) benzoxazole สารประกอบ 47 ชนิด และ products อีก 32 ชนิด จะปรากฏจุดสีน้ำเงินในแสง UV และเมื่อใช้ congo red เป็นสารทำให้เกิดสีจะได้จุดสีน้ำเงินบนพื้นสีแดง ซึ่งมี sensitivity ตั้งแต่ 0.2 ถึง 5 ug

Wang และ Chou (Wang and Chou, 1967 : 461) ได้แยกวิเคราะห์วัตถุมีพิษออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอรีเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ โดยใช้ TLC บนแผน polyamide sheet และใช้ ethanol-aqueous ammonia-water (5:2:4) หรือ acetone : ethanol : water (1 : 1 : 2) เป็น mobile solvent พ่นด้วย 5 % bromine solution in carbontetrachloride, 0.25 % ethanolic fluorescein sodium and 1 % ethanolic o-totuidine ซึ่งตรวจได้ต่ำสุด 0.1 ug สำหรับพวกออร์กาโนฟอสฟอรัส และ 2 ug สำหรับพวกคลอรีเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์

Szokolay และ Madaric (Szokolay and Madaric, 1967 : 509) ได้ใช้วิธีการ develop 2 ครั้ง โดยนำ plate ที่ coat ด้วย silica gel หนา 0.13 มิลลิเมตร develop ด้วย heptane หรือ 0.3 % ของ ethanol ใน heptane แล้วนำไป develop ด้วยน้ำอีกครั้ง พ่นด้วยสารละลายซึ่งประกอบด้วย 0.1 กรัม ของ silver nitrate ในน้ำ 1 ml และ 2 - phenoxyethanol 10 ml และเติม acetone จนครบ 200 ml เติม 30 % hydrogenperoxide 1 หยด อบ UV ที่ 254 mu ปรากฏว่าแยกคลอรีเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ได้ 13 สารประกอบ เช่น เฮปตาคลอร์ และ 1,1 dichloro - 2, 2 - bis (p-chlorophenyl) ethylene, heptachlor epoxide และ r - BHC, endrinกับ dieldrin และ isomer ทั้ง 4 ของ BHC ได้ เต็มช่วงที่ตรวจพบระหว่าง 0.01 ug และ 0.05 ug ได้นำระยะทางที่เคลื่อนที่ไปเทียบกับ TDE

ต่อมาปี 1969 Isvetkova (Isvetkova, 1970 : 268) ได้ทดลองเตรียมคลอรีเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ 9 ชนิด เข้มข้น 0.1 % ละลาย benzene ส่วนออร์กาโน-

ฟอสฟอรัส ละลายใน chloroform ถ้าสารประกอบพวกคลอรีน ใช้ mobile solvent ก็อ carbontetrachloride : light petroleum (1 : 1) ส่วนสารประกอบฟอสฟอรัส ใช้ benzene : acetone (9 : 1) แล้วพ่นด้วย 0.5 % o-totuidine in acetone หรือ 0.5 % ethanolic iodine ถ้าเป็นสารประกอบพวกคลอรีน ส่วนสารประกอบพวกฟอสฟอรัส ใช้พ่นด้วยสารละลาย 1.2 % ของ diazotised sulphanilic acid แต่สำหรับ DDT, BHC, aldrin, dieldrin ต้อง develop สูง 14 เซนติเมตร เนื่องจากค่า Rf ใกล้เคียงกันมาก

Narayanoswami และคณะ (Narayanoswami et al., 1974 : 181) ได้ทดลองใช้วิธีการพ่น 2 ครั้ง ตรวจวิเคราะห์ทั้งออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ รวมทั้งสิ้น 11 สาร ประกอบโดยใช้สารทำให้เกิดสี 5 คู่ และใช้ 0.625 % o-dianisidine in ethanol แล้วนำ chromatogram อบที่ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที อาบแสง UV อีก 30 นาที ปรากฏว่าพวกคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ จะเกิดจุดสีน้ำตาลอ่อน ส่วนพวกออร์กาโนฟอสฟอรัส จะได้จุดสีขาวบนพื้นสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งมีความไว ตรวจได้ต่ำสุด 0.5 ug

Abbott และคณะ (Abbott et al., 1966 : 94) ได้หาสารตกค้าง (residue) ของ dimethoate จากผัก โดยนำสารตกค้างของ dimethoate มาหยดบน multi-bond chromatoplate แล้ว develop ด้วย chloroform : acetone (9 : 1) ใช้ brilliant green และ bromine เป็นสารทำให้เกิดสี ซึ่งตรวจพบได้ต่ำสุด 0.1 ug และวิเคราะห์ทางปริมาณได้โดยหาความสัมพันธ์ของเส้นตรงที่ plot ระหว่างรากกำลังที่สองของพื้นที่ของจุดกับค่า log ของน้ำหนัก

ต่อมาปี 1974 Mehrotra และคณะ (Mehrotra et al., 1974 : 197) ได้ใช้วิธีการ TLC ตรวจวิเคราะห์วัตถุมีพิษชนิดคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ โดยเตรียมวัตถุมีพิษทุกชนิดเข้มข้น 0.1 % ใน 10 ul หยดบนแผ่น silica gel G ใช้ cyclohexane : chloroform (4 : 1) หรือ light petroleum : carbontetrachloride (1 : 1) พ่นด้วย silver nitrate bromphenol blue หรือ 0.1 % ethanolic

marin reagent และวิธีนี้ตรวจวิเคราะห์หาปริมาณได้โดยหาความสัมพันธ์จากเส้นตรงที่ plot ระหว่างค่า log ของน้ำหนักของสารกับรากกำลังสองของพื้นที่ของจุด

ทฤษฎี

หลักการของโครมาโตกราฟฟี (chromatography) (สิรินทร์, 2515 : 513)

โครมาโตกราฟฟีคือ วิธีการแยกสารให้บริสุทธิ์ โดยใส่สารที่ต้องการแยกลงในตัวกลาง (medium) แล้วผ่านของเหลวหรือก๊าซไปในตัวกลางนี้ ซึ่งจะชะ (elute) สารต่าง ๆ ออกไปด้วยอัตราเร็วต่าง ๆ กัน กล่าวโดยสรุป โครมาโตกราฟฟีก็คือการไล่สารซึ่งติดกับตัวกลางออกมาโดยใช้ตัวชะนั่นเอง อัตราการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดทั้งทางกายภาพและทางเคมีระหว่างสารเหล่านั้นกับตัวกลางและตัวชะ

หลักการของแกสลิควิดโครมาโตกราฟฟี (gas-liquid chromatography) (ประชาติ, 2519 : 11)

ในการแยกสารด้วย GLC ก็อาศัยหลักการแยกของโครมาโตกราฟฟี โดยใช้ของเหลว (liquid) เป็นตัวกลางแล้วใช้ก๊าซเป็นตัวชะ ซึ่งของเหลวที่เป็นตัวกลางนี้หุ้มอยู่บนตัวรองรับ (solid support) เมื่อฉีดสารเข้าไปในทางเดินของก๊าซ สารจะเข้าสู่ column อัตราการเคลื่อนที่ของสารนี้ขึ้นอยู่กับการแบ่งละลาย (partition) ของสารระหว่างของเหลวกับก๊าซ และจะวิ่งไปแล้วส่งสัญญาณไปยังเครื่องบันทึก (recorder)

ชนิดของการวิเคราะห์ด้วย GLC

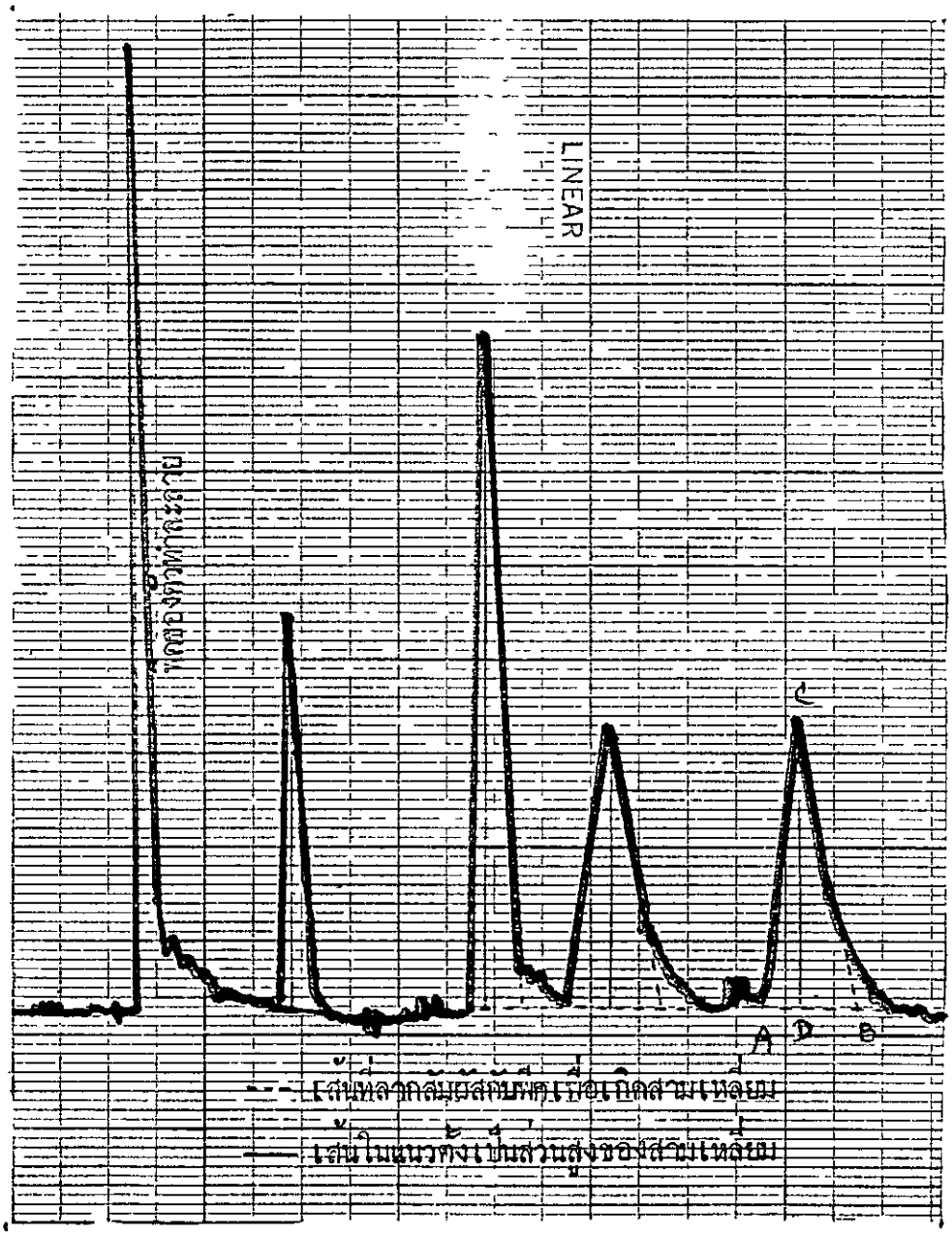
1. คุณภาพวิเคราะห์ (qualitative analysis) โดยเปรียบเทียบค่า retention time (เวลาที่ก๊าซตัวพาชะสารผ่าน column) ของสารที่จะวิเคราะห์กับสารมาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันจะมีค่า retention time เท่ากัน

2. ปริมาณวิเคราะห์ (quantitative analysis) โดยเปรียบเทียบพื้นที่หรือความสูงของพีค (peak) ของสารที่จะวิเคราะห์กับสารมาตรฐานจากกราฟของสารมาตรฐานชนิดเดียวกันซึ่ง plot ระหว่างความสูงของพีคหรือพื้นที่ของพีคกับปริมาณของสารมาตรฐาน เมื่อวัดหาความสูงหรือคำนวณหาพื้นที่ของโค้งลากเส้นขนานกับแกนนอนไปพบกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน ลากเส้นตั้งฉากกับแกนนอนก็จะทราบปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ (กราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานควรเลือกช่วงที่เป็นเส้นตรง)

– การวัดความสูงของพีคหรือพื้นที่ของพีค

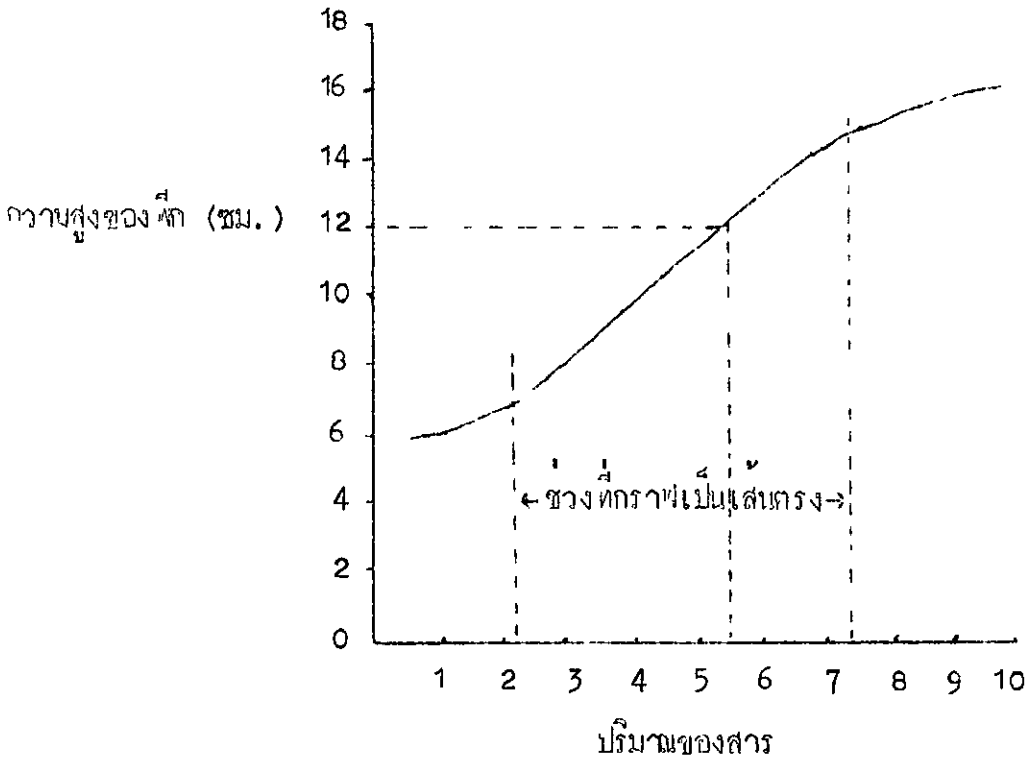
ความสูงของพีค = CD

พื้นที่ของพีค = $\frac{1}{2} \times AB \times CD$



ภาพ 1 การลากเส้นเพื่อทำให้เกิดสามเหลี่ยมเพื่อหาพื้นที่ของพีค

– การทำกราฟมาตรฐาน นำสารมาตรฐานฉีดเข้าเครื่อง gas-liquid chromatograph ในปริมาณต่าง ๆ กัน เรียงตามลำดับจากน้อยไปมาก เช่น 1 2 3 4 5 6 7 8 9 และ 10 ng แล้ววัดความสูงของพีคหรือคำนวณหาพื้นที่ของพีค แล้ว plot ระหว่างความสูงหรือพื้นที่ของพีคกับปริมาณ



ภาพ 2 การ plot ระหว่างปริมาณและความสูงของพีคของสารมาตรฐาน

– เมื่อทราบช่วงปริมาณที่เกิดความสูงของพีคนำมา plot ระหว่างปริมาณกับความสูงของพีคเป็นเส้นตรง แล้วประมาณช่วงตั้งแต่ 2 ถึง 7 ng ก็ฉีดสารที่จะวิเคราะห์เข้าเครื่อง gas-liquid chromatograph ให้ได้ความสูงอยู่ในช่วง 7 ถึง 13 ซ.ม. สมมุติว่าความสูงของพีคของสารที่จะวิเคราะห์เท่ากับ 12 ซ.ม. เมื่ออ่านค่าปริมาณจากกราฟมาตรฐานจะได้ 5.5 ng โดยที่ฉีดสารละลายที่ต้องการจะวิเคราะห์เข้าเครื่อง gas-liquid chromatograph 5 ul แสดงว่าสารละลายนั้นมีความเข้มข้น 1.1 ng ต่อ µl

เรือคำนวณหาปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ได้จากสูตรต่อไปนี้

ปริมาณของสารที่จะวิเคราะห์ (ng)

$$= \frac{\text{ปริมาตรสุดท้าย (ml)} \times \text{ปริมาณของสารมาตรฐานที่ฉีด} \times \text{ความสูงของสารที่จะวิเคราะห์}}{\text{ปริมาตรของสารที่จะวิเคราะห์ที่ใช้ฉีด} \times \text{ความสูงของสารมาตรฐาน}}$$

Thin lay r chromatography (TLC)

การวิเคราะห์สารด้วย TLC จะต้องมีแผ่นกระจากที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยสารที่เป็นสารดูดซับบาง ๆ จนทั่วแผ่น ใช้หลักเช่นเดียวกับ paper chromatography คือหยดสารตัวอย่างบนเส้นเริ่มต้น (starting line) แล้วจุ่ม plate ลงไปในสารละลาย (solvent) ให้ระดับของสารละลายอยู่ใต้เส้นเริ่มต้น เมื่อสารละลายซึมขึ้นมาตามสารดูดซับบนแผ่นกระจก ก็จะทำให้สารตัวอย่างแยกออกจากกันได้ เนื่องจากสารดูดซับจะดูดซับสารต่าง ๆ ในสารตัวอย่างและสารละลายจะชะสารที่ถูกดูดซับนั้นให้เคลื่อนที่ตามไปด้วยอัตราเร็วต่าง ๆ กัน ระยะทางที่สารละลายเคลื่อนที่ไปถึงสูงสุดเรียกว่า solvent front เมื่อสารละลายซึมขึ้นมาถึงขีด solvent front ก็ยก plate ขึ้นจากสารละลาย แล้วนำไปทำให้แห้ง หลังจากนั้นอาจนำไปทำให้เกิดสีด้วยสารบางอย่าง เพื่อจะได้มองเห็นจุดของสารตัวอย่างได้ชัดเจน วัดระยะทางระหว่างเส้นเริ่มต้นกับจุดนี้ แล้วนำไปเทียบกับระยะ solvent front อัตราส่วนของระยะทั้งสองนี้เรียกว่าค่าสัดส่วนสัมพัทธ์

$$\text{ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์} = \frac{\text{ระยะทางที่สารตัวอย่างเคลื่อนที่}}{\text{ระยะทางที่สารละลายเคลื่อนที่}} \quad \text{(จากจุดเริ่มต้นในแนวเดียวกัน)}$$

ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ จะคงที่สำหรับสารหนึ่ง ๆ ในระบบสารละลาย (solvent system) และสารดูดซับหนึ่ง ๆ นอกจากนี้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น เทคนิคการทดลอง ความเป็นธรรมชาติ และกิจกรรม (activity) ของสารดูดซับ, ธรรมชาติของสารละลาย การอิ่มตัวของไอของสารละลายใน tank, อุณหภูมิ เป็นต้น

ชนิดของการวิเคราะห์ด้วย TLC

1. คุณภาพวิเคราะห์ (qualitative analysis) โดยเปรียบเทียบค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของสารที่จะวิเคราะห์กับสารมาตรฐาน ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันจะมีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เท่ากัน เมื่อต่างอยู่ในสถานการณ์ (condition) เดียวกัน

2. ปริมาณวิเคราะห์ (quantitative analysis) โดยการเทียบความเข้มของสีหรือพื้นที่ของจุดของสารที่จะวิเคราะห์กับสารมาตรฐาน ถ้ามีความเข้มข้นเท่ากันจะมีความเข้มของสีและพื้นที่ของจุดเท่ากัน.

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง

1. วัตถุมีพิษที่ใช้เป็นตัวเปรียบเทียบ หรือวัตถุมีพิษมาตรฐาน (pesticide reference standards)

1.1 ชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่

1. อาโซดริน 80 %(City Chemical Corporation, New York)
2. ไบดริน 80 % (City Chemical Corporation, New York)
3. ดีดีวีพี 100 % (City Chemical Corporation, New York)
4. ไดอาซินอน 99 % (MESA)
5. ไดเมทโธเอท 99.8 % (American Cyanamid Company, New Jorsy)
6. อีไธออน 95 % (City Chemical Corporation, New York)
7. มาลาไธออน 96 % (City Chemical Corporation, New York)
8. เมทธิลพาราไธออน 92.99 % (Shell Company, Sittingbourne, Kent)
9. พาราไธออน 98.76 % (City Chemical Corporation , New York)
10. ฟอสดริน 64.5 % (Pesticide Research Laboratory Perrine, Florida)

1.2 ชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ได้แก่

1. ออลดริน 95 % (City Chemical Corporation, New York)
2. ดิลเดน 100 % (City Chemical Corporation, New York)
3. คลอร์เดน 60 % (City Chemical Corporation, New York)

4. ดีดีอี 99 % (City Chemical Corporation, New York)
5. ดีดีที 99 % (Pesticides Research ; Laboratory. Perrine, Florida)
6. ดีลดริน 85 % (City Chemical Corporation, New York)
7. เอนโดซัลแฟน 96 % (City Chemical Corporation, New York)
8. เฮปต้าคลอร์ 99 % (Velsicol Chemical Corporation, Illinois)
9. เอนดริน 95 % (City Chemical Corporation, New York)
10. ทอกซาฟีน Tech Net. (Environmental Protection Agency, FDA)

2. วัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งใช้เป็นตัวอย่างในการทดลอง เลือกจากที่มีจำหน่ายในท้องตลาด เช่นจากปากคลองตลาด, จากราชเทวี กรุงเทพมหานคร และจากจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยเลือกวัตถุมีพิษซึ่งมีสารออกฤทธิ์ตรงกับวัตถุมีพิษมาตรฐานตามข้อ 1 จากบริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายต่าง ๆ ประมาณ 4 แห่ง ดังนี้

2.1 สารออกฤทธิ์ชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่

ตาราง 1 รายชื่อวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส

ชื่อสารออกฤทธิ์	ชื่อทางการค้า	ชื่อผู้ผลิตจำหน่ายและผู้แทนจำหน่าย	% สารออกฤทธิ์
อาโซดริน	อโซดริน	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด	56
	ซิดเกอร์ฟอส	บริษัทกรุงเทพธนกิจ จำกัด	56
	นาวาดรอน 40	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด	40
ไบดริน	ไบดริน	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด	24

ตาราง 1 (ต่อ)

ชื่อสารออกฤทธิ์	ชื่อทางการค้า	ชื่อผู้ผลิตจำหน่ายและผู้แทนจำหน่าย	% สารออกฤทธิ์
คลอร์	เซฟวิน 85	บริษัทเสรีเกษตรจำกัด	50
	คลอร์(ไดทาฟอส)	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	25
	คลอร์	บริษัทศรีกรุงวัฒนา จำกัด	50
	พาราทอฟ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สหเกษตร	10
ไดอาซินอน	บาซูดริน 60	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด	60
ไดเม็ทโธเอท	ไดโกวิน	ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรจนกสิกิจ	40
	ไดโทะ	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทยโลหภัณฑ์	40
	ไดไพเาท	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไทยโลหภัณฑ์	40
	เฮโทรโรซอน 40	บริษัท ศรีกรุงวัฒนา จำกัด	40
มาลาไธออน	มาลาไธออน	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด	57
	มาลาไธออน 57	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	57
เมทธิลพาราไธออน	พาราเฟซ	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด	50
	ใบทองเอ็ม 30	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. เกษตร	50
	พาบาคอล	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สหภัณฑ์กรุงเทพฯ	50
	โปลาทอน	ห้างหุ้นส่วนจำกัดเทพสยาม	50
พาราไธออน	อีกาทอกซ์	บริษัทชาบีคอกซ์ จำกัด	50
	ฟาบาคอน	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สหภัณฑ์กรุงเทพฯ	50
	พาราไธออน	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	28
	กูมิฟอส	บริษัท ที เจซี เคมี จำกัด	28
ฟอสดริน	ฟอสดริน	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด	24
	ฟอสดริน	บริษัทไทยโลหภัณฑ์ จำกัด	24

ตาราง 1 (ต่อ)

ชื่อสารออกฤทธิ์	ชื่อทางการค้า	ชื่อผู้ผลิตจำหน่ายและผู้แทนจำหน่าย	% สารออกฤทธิ์
	ฟอสไพเรท	ห้างหุ้นส่วนจำกัดส่งเสริมเกษตรไทย	24
	ยูราฟอส	ห้างหุ้นส่วนจำกัดลิ้มตี่ยงเชียง	24

2.2 สารออกฤทธิ์ชนิดคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ได้แก่

ตาราง 2 รายชื่อวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ชนิดคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรการ์บอนส์

ชื่อสารออกฤทธิ์	ชื่อทางการค้า	ชื่อผู้ผลิตจำหน่ายและผู้แทนจำหน่าย	% สารออกฤทธิ์
ออลดริน	ออลดริน	บริษัทเจียไตส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	40
	ออลเดร็กซ์ 40	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด	40
	เต่าทองเฮ็มวัน	ร้าน อำนวยชัย	40
	ออลดริน 40	ห้างหุ้นส่วนจำกัดกรุงเทพเกมีการเกษตร	40
ลินเดน	เซ็กกรีไซด์	บริษัทเจียไตส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	ไม่ระบุ
	เฮกซาโล	บริษัทยิบถินซอยและแย็คส จำกัด	12
ดีดีที	ดีดีที 35	บริษัทนิวเอเชียเกมีคัล จำกัด	35
	ดีดีที 100 %	ห้างหุ้นส่วนจำกัด สหัญซ์กรุงเทพฯ	100
	ดีดีที 35 อี	บริษัทกรุงเทพส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	35
	ทวินดีดีที 25 อีแอล	บริษัทเสรีเกมีเกษตร จำกัด	35

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ตุยุมวิท 23 พระโขนง กรุงเทพฯ ๑๑ โทร 3921676 3916068

ตาราง 2 (ต่อ)

ชื่อสารออกฤทธิ์	ชื่อทางการค้า	ชื่อผู้ผลิตจำหน่ายและผู้แทนจำหน่าย	% สารออกฤทธิ์
กลีคริน	กลีคริน	บริษัทเจียไตส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	50
	อลาคริน 400	ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศรีเจริญพานิช พิจิตร	40
	กลีเคร็กซ์ 50	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทย จำกัด	50
	ไทลอป	ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยโลหะภัณฑ์	50
กลอร์เดน	สามวี – 88	ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีซี เซ่งฮวดส่งเสริม	24
	เทอร์ราซีก 40	บริษัท พาราวินเซอร์ จำกัด	24
	กลอเดนอัลท์	บริษัท แบลก ลีฟ โปรดัคท์	10
เอนโดซัลแฟน	โลวิซัน	บริษัทเฮิกซ์ไทย จำกัด	35
	ไทโอแดน (หรือซีโอดาน)	บริษัท เฮิกซ์ไทยจำกัด	35
เอนดริน	การ์ลาวิน	ห้างหุ้นส่วนจำกัดสิงห์โตเหยียบโลก	19.5
	ซุปเปอร์ไพเรท	บริษัทไทยโลหะภัณฑ์ จำกัด	20
	ไพเรท	บริษัทสหภัณฑ์กรุงเทพฯ จำกัด	19.5
	เอนเดร็กซ์	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด	19.5
เฮปต้าคลอร์	เฮปต้าไพริน	บริษัทสหภัณฑ์กรุงเทพฯ จำกัด	40
	อาลามอน 40	บริษัท ที เจซี เคมี จำกัด	25
	เฮปต้าคลอร์ 40	บริษัท พาร์โก จำกัด	40
ท็อกซาฟีน	ซัมฟีน 60 %	บริษัท ยูเอส ซัมมิท จำกัด	60
	ท็อกไซด์	บริษัท เจียไตส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด	40
	เฟอร์เมอร์ท็อกซ์	บริษัท ไทยโลหะภัณฑ์ จำกัด	40

73024

การดำเนินการทดลอง

1. อุปกรณ์

1.1 แผ่นกระจกขนาดเล็ก (microslide chromatoplate) ขนาดประมาณ 7.5 x 2.5 ซม.

1.2 ขวดแก้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.5 ซม. สูงประมาณ 9 ซม. พร้อมฝาแผ่นกระจกสำหรับปิด

1.3 ขวดพ่นสารเคมี

1.4 เข็มหยดยาชนิดละเอียด (microsyringe) ขนาด 10 ไมโครลิตร

1.5 แผ่นกระจกขนาด 20 x 20 ซม.

1.6 chromatographic tank

1.7 เครื่อง gas chromatograph(Tracor 222) ซึ่งมีหัวตรวจชนิด flame photometric detector (FPD) ซึ่งมี column บรรจุด้วย 3 % OV -1 on chromosorb W. HP. 80/100 mesh และ cole 10% DC - 200 on chromosorb W. HP และมีหัวตรวจชนิด electron capture detector ซึ่งมี column บรรจุด้วย 10 % DC 200 + 15% QF - 1 on Anakrom ABS 80/100 mesh อุณหภูมิของ column 190 - 195 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของหัวตรวจ (detector) 180 องศาเซลเซียส ก๊าซตัวพา (carrier gas) คือ ไนโตรเจน ซึ่งมีอัตราการไหล 90 - 100 ซม^3/นาที ก๊าซที่ใช้ในการจุดเปลวไฟคือ

- ไฮโดรเจน อัตราการไหล 150 ซม.^{3}/นาที
- อากาศ อัตราการไหล 40 ซม.^{3}/นาที
- ออกซิเจน อัตราการไหล 20 ซม.^{3}/นาที

2. สารเคมี

2.1 silica gel G และ silica gel GF_{254}

2.2 สารทำให้เกิดสี

- 0.625 % o - dianisidine solution

- 0.5 % congo red solution in 1% ethanol
- 2, 6 dichorchinon chlorinrid
- 0.2 % brilliant green solution
- fluorescein
- bromphenol blue
- 5 % ethanolic iodine เป็นต้น

2.3 bromine

2.4 สารละลายผสม (mobile solvent)

- ethyl acetate/ hexane (1/9)
- acetone / hexane (1/4)
- methanol / benzene (1/9)
- diethyl ether / chloroform (1/9)
- benzene / acetone (2/3)
- n - heptane เป็นต้น

3. วิธีทดลอง

3.1 การทดลองหาวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส

3.1.1 ใช้วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin - lyer chromatography) โดยดัดแปลงใช้เครื่องมือที่มีขนาดเล็กสะดวกในการใช้ หาง่ายและราคาไม่แพงนัก

อุปกรณ์

1. แผ่นกระจกขนาดเล็ก ขนาดประมาณ 7.5 x 2.5 ซม.
2. ขวดแก้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4.5 ซม. สูงประมาณ 9 ซม. พร้อมด้วยแผ่นกระจกสำหรับปิด
3. ขวดพ่นสารเคมี
4. เข็มหยดยาขนาดละเอียด ขนาด 10 ไมโครลิตร

สารเคมี

1. สารละลายผสม
2. สารทำให้เกิดสี
- bromine

วิธีทดลอง

1. silica gel G หรือ silica gel GF_{254} ผสมน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:2 (น.น./ปริมาตร) เกลือบบนแผ่นกระจกขนาดเล็กให้สารดูดซับหนา 0.25 มิลลิเมตร ทิ้งไว้สัก 15 นาที ให้แห้งในอากาศแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรืออาจจะเก็บแผ่นกระจกที่เคลือบ silica gel G หรือ silica gel GF_{254} ทิ้งข้ามคืนให้แห้งเองในอากาศ

2. หยดสารละลายของวัตถุมีพิษมาตรฐาน ได้แก่ อาโซดริน, ไบดริน, ดีดีที, ไดอาซินอน, ไดเม็ทโธเอท, อีไธออน, มาลาไธออน, เม็ทธิลพาราไธออน, พาราไธออน และฟอสดริน ลงไปบนโกรมาโทเพลท โดยใช้เข็มหยดยาชนิดละเอียดในปริมาณต่าง ๆ กัน คือปริมาณที่มีวัตถุมีพิษตั้งแต่ 0.1 ไมโครกรัม ขึ้นไป นำเอาแผ่นกระจกไป develop ด้วยสารละลายผสม ซึ่งอยู่ในขวดแก้วรูปทรงกระบอก ใช้แผ่นกระจกรางปิดปากขวด เมื่อสารละลายซึมขึ้นไปบนแผ่นกระจกเป็นระยะทาง 5 เซนติเมตร (ถึงขีดที่ขีดไว้) เอาแผ่นกระจกออกทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปทำให้เกิดสีด้วยสารทำให้เกิดสีต่าง ๆ จะมองเห็นจุดของสารละลายที่ถูกซะขึ้นไปบนแผ่นกระจก

3. หาค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดในแต่ละระบบที่ทดลองในข้อ 2 และหาค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ เปรียบเทียบ เมื่อเทียบกับวัตถุมีพิษชนิดที่มีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ประมาณใกล้เคียง 0.5 ในแต่ละระบบที่ทดลองในข้อ 2 (ทดลองซ้ำ 4 ครั้ง)

4. หาความไว โดยได้จากปริมาณน้อยสุดของวัตถุมีพิษแต่ละชนิด ที่สามารถมองเห็นเป็นจุดปรากฏบนแผ่นกระจกในระบบต่าง ๆ

5. เลือกระบบที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีตรวจวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส ด้วย thin-layer chromatography ซึ่งเป็นระบบที่ทดลองอยู่ในหลักเกณฑ์ต่อไปนี้คือ

– สามารถตรวจแยกบอกปริมาณได้ดีที่สุดด้วยสายตา
– เป็นวิธีที่ง่าย มีขั้นตอนปฏิบัติน้อยที่สุด
– ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดต้องไม่เท่ากัน
– สามารถตรวจวัตถุมีพิษได้มากชนิดที่สุด

3.2 <u>การทดลองหาวิธีตรวจวิเคราะห์หาวัตถุมีพิษชนิดคลอรินเนตเต็ดไฮโดรคาร์บอนส์</u>

3.2.1 ใช้วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin - layer chromatography) โดยดัดแปลงใช้เครื่องมือที่มีขนาดเล็กสะดวกในการใช้ มีขั้นตอนการปฏิบัติน้อยที่สุด

อุปกรณ์ ใช้เหมือนข้อ 3.1.1

สารเคมี

1. สารละลายผสม
2. สารทำให้เกิดสี

วิธีทดลอง

1. silica gel G หรือ silica gel GF_{254} ผสมสารละลายของ o - dianisidine (ใช้น้ำกลั่น 30 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย 0.625 % ของ o - dianisidine ใน ethanol เขย่าให้เข้ากัน) อัตราส่วน 1:2 (น้ำหนัก/ปริมาตร) เคลือบบนแผ่นกระจกขนาดเล็กให้สารดูดซับหนาประมาณ 0.25 มิลลิเมตร ทิ้งไว้สัก 15 นาที ให้แห้งในอากาศ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรืออาจจะเก็บแผ่นกระจกที่เคลือบแล้วทิ้งข้ามคืนในตู้มืด

2. หยดสารละลายของวัตถุมีพิษมาตรฐาน ได้แก่ ออลดริน, ลินเดน, กลอร์เดน, ทีดีอี, ดีดีที, ดีลดริน, เฮปโตคลอล เด็น, เฮปตาคลอร์, เอนดริน และทอกซาฟีน ลงไปบนแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (chromatoplate) โดยใช้เข็มหยดยาชนิดละเอียดในปริมาตรต่าง ๆ กัน คือปริมาตรที่มีวัตถุมีพิษตั้งแต่ 0.1 ไมโครกรัมขึ้นไป นำเอาแผ่นกระจกไปจุ่ม (develop) ด้วยสารละลายผสม ซึ่งอยู่ในขวดแก้วรูปทรงกระบอก ใช้แผ่นกระจกรายปิดปากขวด เมื่อสารละลายซึมขึ้นไปบนแผ่นกระจกเป็นระยะทาง 5 ซม. (จนถึงขีด–

ที่ขีดไว้) เอาแผ่นกระจกออก ทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นนำไปทำให้เกิดสี สารทำให้เกิดสีต่าง ๆ จะมองเห็นจุดของสารละลายที่ถูกชะขึ้นไปบนแผ่นกระจก

3. หาค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของวัตถุมีพิษแต่ละชนิด ในแต่ละระบบที่ทดลองในข้อ 2 (ทดลองซ้ำ 4 ครั้ง)

4. หาความไว โดยได้จากปริมาณน้อยสุดของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดที่สามารถมองเห็นเป็นจุดปรากฏบนแผ่นกระจกในระบบต่าง ๆ

5. เลือกระบบที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวิธีตรวจวัตถุมีพิษชนิดกลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ด้วยวิธีกระจกเกลือบสารดูดซับ ซึ่งเป็นระบบที่ต้องอยู่ในหลักเกณฑ์ต่อไปนี้ คือ

- สามารถตรวจวัตถุมีพิษได้ครบทั้ง 10 ชนิด
- สามารถเก็บได้นานเกินกว่า 6 เดือน
- ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดต้องไม่เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันเกินไป
- มีความไวดีที่สุด คือสามารถตรวจวัตถุมีพิษปริมาณน้อย ๆ ได้

วิธีกระจกเกลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัสมี 18 ระบบ คือ

ตาราง 3 วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัดฤทธิ์พิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส มี 18 ระบบ คือ

ระบบ	สารดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent)
1	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	0.625 % o-dianisidine solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
2	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	0.5 % congo red solution in 1 % ethanol (Narayanoswami, 1974 : 181)
3	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	-2,6 dichorchinon chlorimid (Narayanoswami, 1974 : 181)
4	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	-0.2 % brilliant green solution - โบรมีน (Narayanoswami, 1974 : 181)
5	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	- โบรมีน - fluorescein (Narayanoswami, 1974 : 181)

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	สารดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent
6 x	silica gel GF_{254}	acetone/hexane (1/4)	- โบรมีน - fluorescein (Narayanoswami, 1974 : 181)
7 x	silica gel GF_{254}	methanol/benzene (1/9)	- โบรมีน - fluorescein (Narayanoswami, 1974 : 181)
8 x	silica gel GF_{254}	diethyl ether/chloroform(1/9)	- อบโบรมีน - fluorescein (Narayanoswami, 1974 : 181)
✓ 9	silica gel GF_{254}	benzene/acetone (3/2)	5 % ethanolic iodide (Isvetana, 1970 : 268)
✓10 x	silica gel GF_{254}	benzene/acetone (3/2)	- อบโบรมีน - bromphenol blue (Gunther, 1965 : 39)

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	สารดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent)
11	silica gel GF_{254}	acetone/hexane (1/4) (Gunther, 1965 : 38)	- 2% para-nitrobenzyxpyridine in acetone - 10% tetracthylenepentamine in acetone (Watts, 1965 : 1161)
12	silica gel G	acetone/hexane (1/4)	- โบรมีน - bromphenol blue (Gunther, 1965 : 39)
13	silica gel GF_{254}	acetone/hexane (1/4)	- 0.2% brilliant green solution - โบรมีน (Narayanoswami, 1974 ; 181)
14	silica gel GF_{254}	methanol/benzene(1/9)	- โบรมีน - fluorescein solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
15	silica gel GF_{254}	methyl chloride/benzene (1/1)	Nessler's reagent (Vogel, 1961 : 1216)

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	ตัวดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent)
16	Nessler's reagent/ silica gela (2/1, v/w)	diethyl ether/chloroform (1/3)	-
17	silica gel GF_{254}	methanol/benzene (1/99)	- โบรมีน - fluorescein (Narayanosami, 1974 : 181)
18[a]	silica gel G	95% ethanol/benzene (1/1)	- โบรมีน - brorphenol blue (Gunther, 1965 : 39)

วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัดฤทธิ์พิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ มี 11 ระบบ คือ

ตาราง 4 วิธีกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ใช้ทดลองตรวจวัดฤทธิ์พิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์มี 11 ระบบ คือ

ระบบ	สารดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent)
1	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	0.625 % o-dianisidine solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
2	silica gel GF_{254}	n-heptane	zinc chloride-diphenylamine solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
3	silica gel GF_{254}	acetone/hexane (1/4)	zinc chloride-diphenylamine solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
4	silica gel GF_{254}	n-heptane	-0.5 % silver nitrate in ethanol (Narayanoswami, 1974 : 181)
5	0.625 % o-dianisidine /น้ำกลั่น/silica gel GF_{254} (1/1/1, v/v/w)	ethyl acetate/hexane (1/9)	-
6	0.625% o-dianisidine /น้ำกลั่น/silica gel GF_{254} (1/1/1, v/v/w)	ethyl acetate/benzene(2/3)	-

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	สารดูดซับ (adsorbent)	สารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent)	สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent)
7	0.625 % o-dianisidine solution/น้ำกลั่น/ silica gel G (1/1/1, v/v/w)	n-heptane	-
8	silica gel G	ethyl acetate/hexane (1/9)	0.625 % o-dianisidine solution (Nara yanoswami, 1974 : 181)
9	silica gel G	ethyl acetate/benzene(2/3)	0.625 % o-dianisidine solution (Narayanoswami, 1974 : 181)
10	0.625 % o-dianisidine /น้ำกลั่น/silica gel G (1/1/1, v/v/w)	ethyl acetate/hexane(1/9)	-
11	0.625 % o-dianisidine solution/น้ำกลั่น/silica gel G (1/1/1, v/v/w)	ethyl acetate/benzene (2/3)	-

3.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณที่เหมาะสม

3.3.1 วัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งสารออกฤทธิ์ตรงกับสารมาตรฐานของออร์กาโนฟอสฟอรัส และคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ อย่างละ 10 ชนิด ซึ่งแต่ละชนิดเลือกจากผู้ผลิตจำหน่ายประมาณ 4 บริษัท นำมาเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/1 ไมโครลิตร ซึ่งมีวิธีดังนี้

– ถ้าวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงเป็นชนิดผง ใช้วิธีชั่งให้ได้สารออกฤทธิ์ที่ต้องการนั้น 10 มิลลิกรัม แล้วเติม solvent เช่น benzene ลงไป 10 มิลลิลิตร ตัวอย่างเช่น "เฮกซาโล" มีสารออกฤทธิ์ลินเดนตามฉลาก 12 %

วิธีคำนวณ ถ้าต้องการลินเดน 12 มิลลิกรัม ต้องชั่ง "เฮกซาโล" มา 100 มิลลิกรัม

ถ้าต้องการลินเดน 10 มิลลิกรัม ต้องชั่ง "เฮกซาโล" มา $\frac{100 \times 10}{12}$ มิลลิกรัม

∴ ต้องชั่ง "เฮกซาโล" หนัก เท่ากับ 83.33 มิลลิกรัม

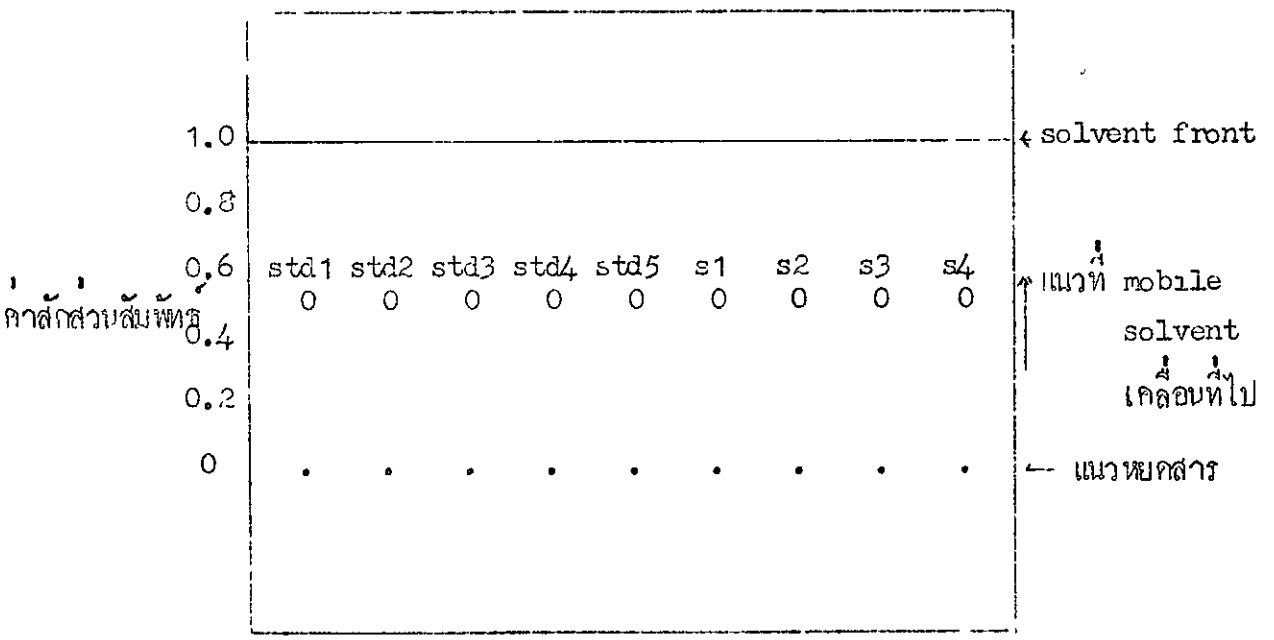
– ถ้าตัวอย่างวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงเป็นชนิดน้ำ เช่น "ทิน ดีดีที 25 อีแอล" มีสารออกฤทธิ์ ดีดีที ตามฉลาก 35 % ใช้ microsyringe ขนาด 10 ไมโครลิตร ดูด "ทิน ดีดีที 25 อีแอล" มา 10 ไมโครลิตร ละลายในเบนซิน 3.5 มิลลิลิตร

3.3.2 ใช้สารละลายตัวอย่างจากผู้ผลิตจำหน่ายที่ต่างกัน 4 บริษัท และสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกัน มาทดสอบด้วยวิธีตรวจที่พบว่าเหมาะสมแล้ว เพื่อดูว่า ทั้งสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกัน จะให้สีและขนาดของจุดแตกต่างกันหรือไม่

3.4 การเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างด้วยวิธีกระจกเกลือบสารดูดซับ

หยดสารละลายมาตรฐานของเอนดริน ตั้งแต่ 1 – 5 ไมโครลิตร และสารละลายตัวอย่างเช่น คาร์ลาวิน, ซุปเปอร์ไพเรท, ไพริน และเอนเดรกซ์ ซึ่งเข้มข้น–

1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไปอย่างละ 3 ไมโครลิตร แล้วจุ่ม (develop) ด้วยสารละลายและพ่นด้วยสารทำให้เกิดสี จากนั้นใช้สายตาพิจารณาถึงความเข้มของสีของสารละลายตัวอย่างแต่ละตัว ว่าเข้มเท่ากับสารละลายมาตรฐานจุดใด สมมุติว่าความเข้มของจุดของคาร์ลาวิน 3 ไมโครลิตร มีความเข้มเท่าจุดของสารละลายมาตรฐานเอนดริน 2 ไมโครลิตร เราก็เปรียบเทียบได้ว่าคาร์ลาวินมีสารออกฤทธิ์ของเอนดรินเข้มข้น 13 % ซึ่งตามฉลากระบุว่า 19.5 % (ทดลองซ้ำ 2 ครั้ง)



ภาพ 3 TLC-chromatogram แสดงการหาความเข้มข้นของวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงซึ่งมีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน จาก 4 บริษัทจำหน่าย เมื่อใช้ ethyl acetate/hexane (1/9) สารละลายตัวพาเคลื่อนและพ่นด้วย 0.625 % o-dianisidine solution

(std1, std2, std3, std4, std5 = standard ของเอนดริน 1, 2, 3, 4 และ 5 µg ตามลำดับ s1 = การ์ลาวิน 3 µl, s2 = ซุปเปอร์โฟเรท 3 µl, s3 = ไพริน 3 µl, 54 = เอนเกร็กซ์ 3 µl)

การคำนวณ

สารละลายมาตรฐานเอนดริน 1 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ 1 ไมโครกรัม

∴ สารละลายมาตรฐานเอนดริน 2 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ 2 ไมโครกรัม

∴ สารละลายของคาร์ลาวิน 3 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ 2 ไมโครกรัมด้วย

แต่คาร์ลาวินตามฉลากมีสารออกฤทธิ์ของเอนดรินอยู่ 19.5 % เมื่อเตรียม

เป็นสารละลายเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ต้องดูดคาร์ลาวินมา 10 ไมโครลิตร

ละลายเบนซีน 1.95 มิลลิลิตร

สารละลายของคาร์ลาวิน 3 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ 2 ไมโครกรัม

สารละลายของคาร์ลาวิน 1.95×10^3 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ $\frac{2 \times 1.95 \times 10^3}{3}$

ไมโครกรัม

∴ คาร์ลาวิน 10 ไมโครลิตร มีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน $\frac{2 \times 1.95 \times 10^3}{3}$ ไมโครกรัม

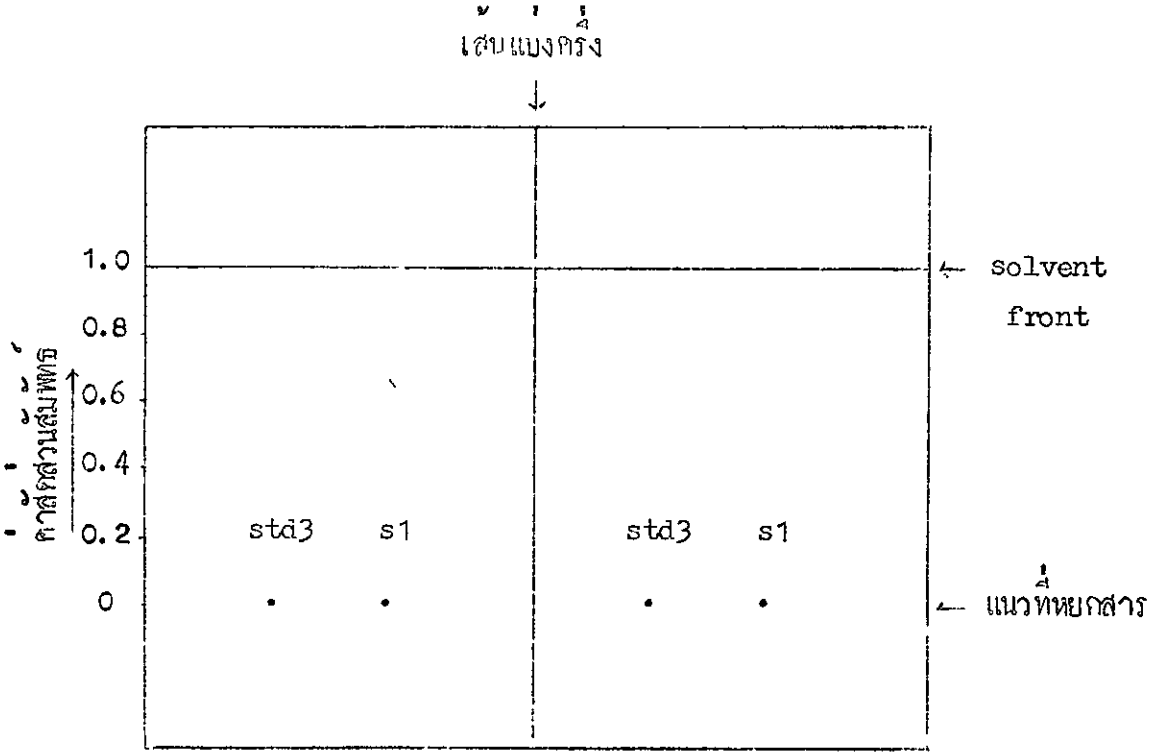
คาร์ลาวิน 10 มิลลิลิตร มีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน $\frac{2 \times 1.95 \times 10^3 \times 10^{-3}}{3}$ กรัม

คาร์ลาวิน 100 มิลลิลิตร มีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน $\frac{2 \times 1.95 \times 10^3 \times 10^{-3} \times 100}{3 \times 10}$ กรัม

∴ คาร์ลาวินจากการตรวจด้วยวิธี TLC มีการออกฤทธิ์ของเอนดริน 13 %

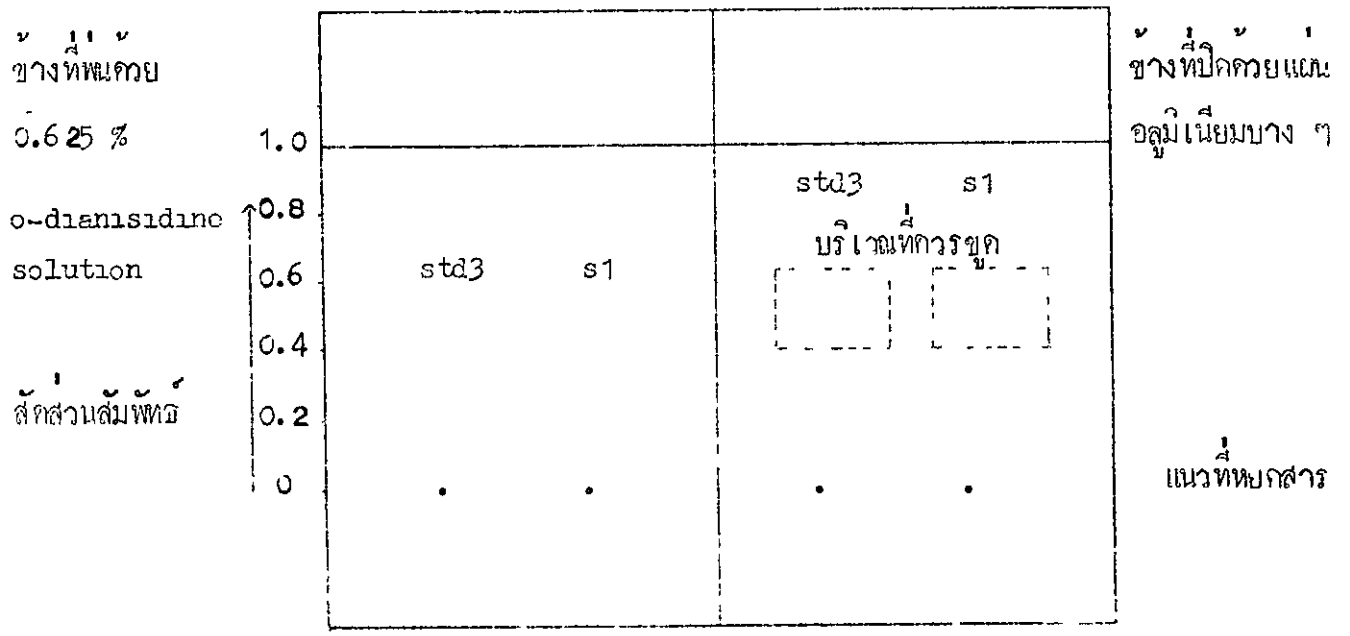
3.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดยกระจกเคลือบสารดูดซับกับวิธีที่ตรวจโดย gas-liquid chromatograph

3.5.1 นำสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกัน เข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้ปริมาตรเท่ากัน มาหยดเทียบคู่กันบนแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ ขนาด 20 x 20 เซนติเมตรทั้งสองข้าง สมมุติว่า ใช้สารละลายมาตรฐานของเอนดริน และสารละลายที่มีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน เช่น คาร์ลาวิน เข้มข้น 1 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร ดูดมาอย่างละ 3 ไมโครลิตร หยดลงบนแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ ขนาด 20 x 20 เซนติเมตร ทั้งสองข้าง ดังภาพ 4



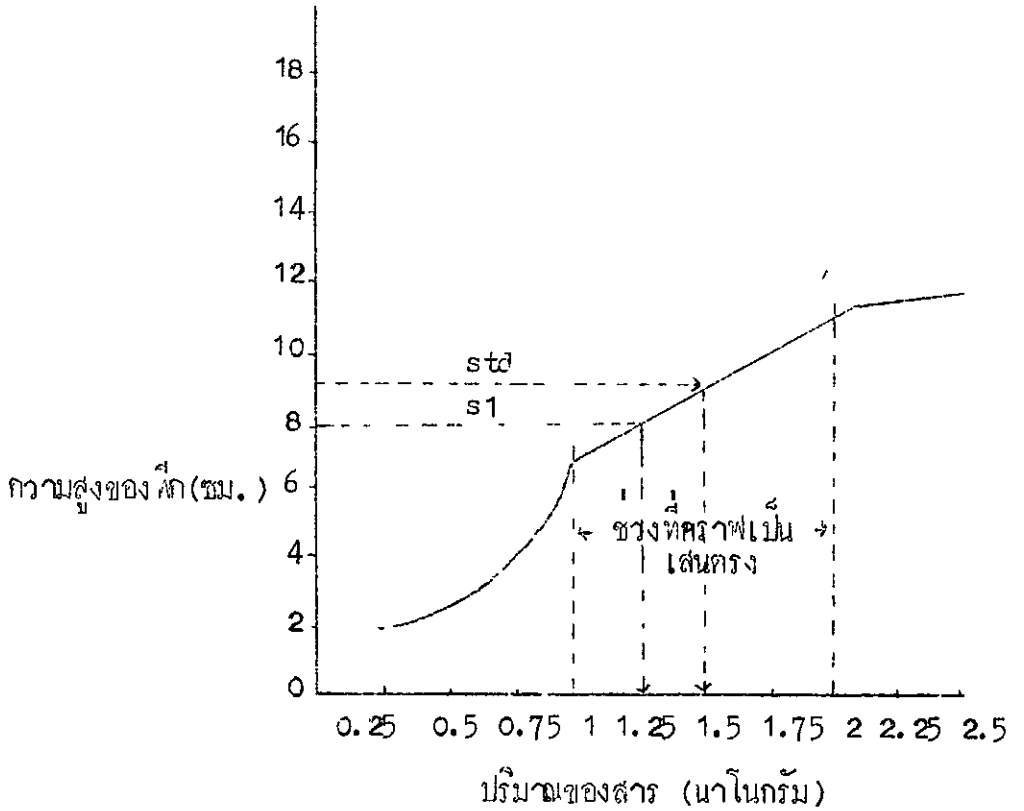
ภาพ 4 กระจกเคลือบสารดูดซับ ที่หยดสารละลายมาตรฐานและสารละลายการ์ลาวิน (std3 = standard ของเอนดริน 3 µg, s1 = การ์ลาวิน 3 µl)

แล้วนำไปจุ่มด้วย ethyl acetate/hexane (1/9) จากนั้นปิดแผ่นกระจกนี้ข้างหนึ่งด้วยแผ่นอลูมิเนียมบาง ๆ พ่นด้วย 0.625 % o-dianisidine solution จะปรากฏสีของจุดในบริเวณที่พ่น แยกชุดสารดูดซับบริเวณที่อยู่ตรงกับระดับจุดที่ปรากฏสีและตรงกับแนวที่หยดสารนั้นมาใส่ขวดเติมสารละลาย hexane ลงไป 10 มิลลิลิตร ก็จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.3 นาโนกรัม/ไมโครลิตร (ทำซ้ำ 2 ครั้ง และนำผลที่ได้แต่ละครั้งทดลองตามลำดับต่อไป จนถึงข้อ 3.5.5



ภาพ 5 TLC-chromatogram แสดงการหาความไวของสายตาในการทำนายความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์เอนดรินจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงชื่อการ์ลาวิน หลังจาก develop ด้วย ethyl acetate/hexane (1/9) และพ่นด้วย 0.625 % o-dianisidine solution เพียงข้างเดียว (std3 = standard ของเอนดริน 3 µg, s1 = การ์ลาวิน 3 µl)

3.5.2 ฉีดสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษเข้มข้นต่าง ๆ กันเข้าเครื่อง gas-liquid chromatograph ในปริมาณต่าง ๆ เช่น 0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25, 1.50, 1.75, 2, 2.25 และ 2.50 นาโนกรัม เมื่อได้พีคออกมาวัดความสูงของพีคนำมา plot ระหว่างความสูงของพีคของความเข้มข้นของสาร และจากกราฟของวัตถุมีพิษมาตรฐาน หาช่วงที่กราฟได้เป็นเส้นตรง



ภาพ 6 การ plot ความสูงของพีคกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเอนดริน
(std = สารละลายมาตรฐานเอนดริน 5 µl, s1 = สารละลายการ์ลาวิน 5 µl)

3.5.3 จากสีความเข้มของจุดของสารตัวอย่างเทียบกับสารมาตรฐานตัวเดียวกันจากข้อ 3.5.1 ก็จะเปรียบเทียบคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างได้จดบันทึกไว้ และนำสารละลายที่มีความเข้มข้นเป็นนาโนกรัมต่อไมโครลิตร ซึ่งเตรียมได้จากข้อ 3.5.1 ตรวจยืนยันด้วยวิธี GLC โดยฉีดสารละลายทั้งสองปริมาณ 1 ถึง 2 นาโนกรัม เพื่อให้ความสูงของพีคอยู่ในช่วงที่เป็นกราฟเส้นตรงของกราฟมาตรฐาน สมมุติว่าฉีดสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างเอนดรินที่ได้จากข้อ 3.5.1 อย่างละ 5 ไมโครลิตร แล้วได้ความสูงของพีคเท่ากับ 9 และ 8 ซม. ตามลำดับ จากกราฟจะได้ว่ามีปริมาณสารของเอนดรินอยู่ 1.5 และ 1.25 นาโนกรัม ตามลำดับ

3.5.4 หาเปอร์เซนต์การค้นพบปริมาณของสารมาตรฐานเมื่อผ่านขบวนการของ TLC แล้ว ตรวจพบด้วยวิธี GLC พบกี่เปอร์เซนต์ เช่นสารละลายมาตรฐานเอนดรินเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ดูดมา 3 ul แล้ว develop ด้วยสารละลายแล้วขูดเอาบริเวณที่มีเอนดรินอยู่ ละลาย solvent 10 ml ก็จะได้สารละลายเข้มข้น 0.3 นาโนกรัม ฉีดเข้าเครื่อง gas-liquid chromatograph ปริมาตร 5 µl แสดงว่าฉีดสารเข้าไป 1.5 นาโนกรัม และตรวจพบ 1.5 นาโนกรัม เมื่อเทียบสัดส่วนเป็นเปอร์เซนต์ แล้วพบว่าเปอร์เซนต์การตรวจพบ (percent recovery) = 100

$$\text{การคำนวณเปอร์เซนต์การตรวจพบ} = \frac{\text{ปริมาณที่ตรวจพบ (ng)} \times 100}{\text{ปริมาณที่ใช้ทดลอง (ng)}}$$

และคำนวณหาเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ในสารตัวอย่าง โดยเอาค่าความสูงของพีคของสารมาตรฐานและสารตัวอย่างไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน ลากเส้นจากความสูงนั้นขนานกับแกนนอนไปพบกราฟแล้วลากเส้นตามแกนตั้งไปพบปริมาณของสาร ตัวอย่างเช่น เมื่อฉีดสารละลายมาตรฐานและสารละลายของคาร์ลาวิน อย่างละ 5 µl เข้าเครื่อง gas - liquid chromatograph ตามลำดับ แล้วได้พีคความสูง 8 ซม. เมื่อเทียบกับกราฟมาตรฐาน จะได้ค่าทางปริมาณเท่ากับ 1.50 และ 1.25 นาโนกรัม ตามลำดับ แล้วคำนวณหาเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ (ซึ่งตามฉลากระบุว่ามี 19.5 %) ดังนี้

การคำนวณ

จากการตรวจด้วย GLC พบว่าสารละลายมาตรฐานและสารละลายของคาร์ลาวินปริมาตรเท่ากัน (5 ul) จะมีปริมาณสารออกฤทธิ์ของเอนดรินเท่ากับ 1.50 และ 1.25 นาโนกรัม ตามลำดับ

ถ้าคาร์ลาวินตามฉลากระบุว่ามีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน 1.50 นาโนกรัม ตรวจด้วย GLC จะพบ = 1.25 นาโนกรัม

ถ้าคาร์ลาวินตามฉลากระบุว่ามีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน 1.50 มิลลิกรัม ตรวจด้วย GLC จะพบ = 1.25 มิลลิกรัม

คาร์ลาวินตามฉลากระบุว่ามีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน 19.5 % หมายความว่าใน
ปริมาตรของสารละลาย 100 มิลลิลิตร จะมีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน = 19.5 มิลลิกรัม
ถ้าคาร์ลาวินตามฉลากระบุว่ามีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน 19.5 มิลลิกรัม ตรวจด้วย

$$\text{GLC จะพบ} = \frac{1.25 \times 19.5}{1.5} = 16.25 \text{ มิลลิกรัม}$$

∴ คาร์ลาวินเมื่อตรวจด้วย GLC มีสารออกฤทธิ์ของเอนดริน = 16.25 %

3.5.5 นำค่าความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ของสารตัวอย่างจากการตรวจด้วยวิธี TLC ในข้อ 3.4 ลบจากค่าความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ของสารตัวอย่างนั้นจากการตรวจด้วยวิธี GLC จะได้ค่าผลต่างค่าหนึ่ง แล้วนำค่าความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ของสารตัวอย่างจากการตรวจด้วยวิธี GLC เป็นหลักเทียบสัดส่วน หาเปอร์เซนต์ค่าความแตกต่างระหว่างค่าของการตรวจด้วยวิธีทั้ง 2 ตัวอย่าง เช่น ค่าความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ของเอนดรินจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ชื่อคาร์ลาวิน เมื่อตรวจด้วยวิธี TLC ในข้อ 3.4 เท่ากับ 13 % ลบด้วยค่าความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ของเอนดรินจากวัตถุมีพิษทางการเกษตร ชื่อ คาร์ลาวิน เมื่อตรวจด้วยวิธี GLC ในข้อ 3.5.4 เท่ากับ 16.25 % ค่าผลต่างที่ตรวจด้วยวิธีทั้งสองเท่ากับ 16.25 ลบด้วย 13.00 เท่ากับ 3.25

<u>วิธีคำนวณ</u>

สารออกฤทธิ์ของเอนดริน 16.25 มิลลิกรัม ตรวจด้วยวิธี GLC ต่างจากวิธี
TLC = 3.25 มิลลิกรัม
สารออกฤทธิ์ของเอนดริน 100 มิลลิกรัม ตรวจด้วยวิธี GLC ต่างจากวิธี

$$\text{TLC} = \frac{3.25 \times 100}{16.25} \text{ มิลลิกรัม}$$

∴ การตรวจปริมาณสารออกฤทธิ์เอนดรินของคาร์ลาวินด้วยวิธี GLC กับวิธี TLC แตกต่างกันเท่ากับ 20 %

3.5.6 นำค่าเปอร์เซนต์ความแตกต่างของสารออกฤทธิ์ของวัตถุมีพิษแต่ละตัวจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง แต่ละตัวอย่างจากการทดลองซ้ำทั้งสองครั้ง

นำมาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของการออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วยวิธี GLC กับ TLC ตัวอย่าง เช่น การ์ลาวิน ตรวจด้วยวิธี TLC ครั้งแรกและครั้งที่สอง ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของสารออกฤทธิ์เอนดรินเท่ากับ 13 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ตรวจด้วยวิธี GLC ได้ค่าเปอร์เซ็นต์ของสารออกฤทธิ์เอนดรินเท่ากับ 16.25 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลต่างของค่าความแตกต่างที่ตรวจด้วยวิธีทั้งสอง ครั้งแรกและครั้งที่สอง เท่ากับ 3.25 และ 1 ตามลำดับ เมื่อคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างวิธีทั้งสองเท่ากับ 20 % และ 6.67 % ตามลำดับ แล้วหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างวิธี GLC กับ TLC

วิธีคำนวณ

ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างวิธี GLC กับ TLC $= \frac{20 + 6.67}{2}$ %

$= 13.335$ %

3.5.7 หาค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างเฉลี่ยของสารออกฤทธิ์จากสารตัวอย่างทั้งหมดที่ตรวจด้วยวิธี TLC กับวิธี GLC

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. <u>การทดลองหาวิธีตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส</u>

เมื่อใช้วิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (Thin - Layer Chrometography) ที่ดัดแปลงเป็นเทคนิคไมโครสไลด์ ทำการตรวจสอบสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษโดยใช้สารละลายตัวพาเคลื่อนและสารทำให้เกิดสีต่าง ๆ เป็นจำนวน 18 ระบบ (ตามวิธีทดลองในบทที่ 3) ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 3 ผลการทดลองตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส โดยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
1	อาโซดริน	ขาว	–	–	–	–	–	35	พื้นสีเนื้อ
	ไบดริน	ขาว	–	–	–	–	–	25	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	ขาว	-.38	-.38	-.37	-.37	-.375	35	
	ไดอาซินอน	ขาว	-.27	-.27	-.27	-.27	-.27	30	
	ไดเม็ทโซเอท	ขาว	–	–	–	–	–	10	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	<u>อีไธออน</u>	ขาว	0	0	0	0	0	10	
	มาลาไธออน	น้ำตาลอ่อน	-.50	-.50	-.50	-.49	-.50	30	
	เบ็นซิลพารา-ไธออน	ขาว	-.36	-.36	-.36	-.36	-.36	10	
	พาราไธออน	ขาว	-.11	-.11	-.11	-.11	-.11	10	
	ฟอสดริน	ขาว	–	–	–	–	–	40	

ตาราง 5 (ต่อ)

ะบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุก	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			กรั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	กรั้งที่ 3	กรั้งที่ 4	เฉลี่ย		
2	อาโซดริน	น้ำเงิน	–	–	–	–	–	15	พื้นสีแดง
	ไบดริน	น้ำเงิน	–	–	–	–	–	15	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	น้ำเงิน	-.38	-.39	-.39	-.38	-.385	5	
	ไดอาซินอน	น้ำเงิน	-.26	-.26	-.27	-.27	-.265	0.5	
	ไดเม็ทโซเอท	น้ำเงิน	–	—	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	น้ำเงิน	0	0	0	0	0	.2	
	มาลาไธออน	น้ำเงิน	-.51	-.50	-.51	-.48	-.50	.3	
	เม็ทธิลพาราไธออน	น้ำเงิน	-.36	-.36	-.36	-.36	-.36		
	พาราไธออน	น้ำเงิน	-.11	-.11	-.11	-.11	-.11	.2	
	ฟอสดริน	น้ำเงิน	–	–	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
3	อาโซดริน	ชมพู	–	–	–	–	–	15	พื้นสีเนื้อ
	ไบดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	ชมพู	-.39	-.38	-.39	-.38	-.385	5	
	ไดอาซินอน	ชมพู	-.27	-.27	-.27	-.27	-.27	5	
	ไดเม็ทไธเอท	เหลือง ชมพู	–	–	–	–	–	10	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	ชมพู	0	0	0	0	0	5	
	มาลาไธออน	ชมพู	-.41	-.41	-.39	-.39	-.40	5	
	เม็ทธิลพาราไธออน	ชมพู	-.27	-.28	-.28	-.27	-.275	5	
	พาราไธออน	ชมพู	.12	.12	.12	.12	.12	5	
	ฟอสดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
4	อาโซดรีน	–	–	–	–	–	–	–	พื้นสีเขียว
	ไบดรีน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ดีดีวีพี	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ไดอาซินอน	เหลือง	-.27	-.27	-.27	-.27	-.27	5	
	ไดเม็ทโธเอท	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	อีไธออน	เหลือง	0	0	0	0	0	5	
	พาลาไธออน	เหลือง	-.5	-.5	-.5	-.5	-.5	5	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	-.36	-.36	-.36	-.36	-.36	5	
	พาราไธออน	เหลือง	-.12	-.12	-.12	-.12	-.12	5	
	ฟอสดรีน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
5	อาโซดรีน	เหลือง	–	–	–	–	–	15	พื้นสีชมพู
	ไบดรีน	เหลือง	–	–	–	–	–	1	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	ชมพู	-.37	-.37	-.38	-.38	-.375	5	
	ไดอาซินอน	เหลือง	-.26	-.26	-.26	-.26	-.26	1	
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	–	–	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	เหลือง	0	0	0	0	0	.5	
	พาราไธออน	เหลือง	-.41	-.41	-.41	-.41	-.41	1	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	-.36	-.36	-.36	-.36	-.36	1	
	พาราไธออน	เหลือง	-.12	-.12	-.12	-.12	-.12	1	
	ฟอสดรีน	ชมพู	–	–	–	–	–	1	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0

ตาราง 3 (ต่อ)

			ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			กรั้งที่ 1			เฉลี่ย			
6	อาโซดริน	ชมพู	–	–	–	–	–		พื้นสีเขียวเหลือง
	ไบดริน	ชมพู	–	–	–	–	–		สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี-	ขาว	–.20	–.20	–.20	–.20	–.20		
	ไดอาซินอน	ชมพู	0	0	0	0	0		
	ไดเม็ทโธเอท	ม่วง	–	–	–	–	–		สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	ม่วง	.28	.28	.28	.28	.28		
	มาลาไธออน	ม่วง	.08	.08	.08	.08	.08		
	เม็ทธิลพาราไธออน	ม่วง	.19	.19	.19	.19	.19		
	พาราไธออน	ม่วง	.24	.24	.24	.24	.24		
	ฟอสดริน	ม่วง	–	–	–	–	–		สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
7	อาโซดริน	ชมพู	–.1	–.1	–.1	–.11	–.1	2	พื้นสีเขียวเหลืองอ่อน
	ไบดริน	ชมพู	–.09	–.09	–.09	–.09	–.09	.3	
	ดีดีวีพี	ขาว–เหลือง	.49	.49	.49	.49	.49	10	
	ไดอาซินอน	ขาว						.5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 1
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	0	0	0	0	0	.2	
	อีไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	.5	
	มาลาไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	1	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	1	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 1
	พาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	1	
	ฟอสดริน	ชมพู	–	–	–	–	–	1	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุก	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
8	อาโซดริน	ชมพู	-.27	-.27	-.27	-.27	-.27	15	พื้นสีชมพูอ่อน
	ไบดริน	ชมพู	-.23	-.23	-.23	-.23	-.23	2	
	ดีดีวีพี	ชมพู	-	-	-	-	-	15	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ไดอาซินอน	ชมพู	.14	.14	.14	.14	.14	1	
	ไกเม็ทโธเอท	ม่วง	0	0	0	0	0	1	
	อีไธออน	ม่วง	.25	.25	.25	.25	.25	.5	
	มาลาไธออน	ชมพู	.17	.17	.17	.17	.17	3	
	เม็ทธิลพาราไธออน	ชมพู	.18	.18	.18	.18	.18	3	
	พาราไธออน	ชมพู	.20	.20	.20	.20	.20	1	
	ฟอสดริน	ชมพู	-	-	-	-	-	15	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
9	อาโซดริน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	2	พื้นสีเหลืองอ่อน
	ไบดริน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	3	และสีจะจาง
	ดีดีวีพี	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	4	หายทันทีเมื่อหยิบ
	ไดอาซินอน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	4	ออกจากขวดที่อบ
	ไกเม็ทโธเอท	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	1	จึงวัดค่าสัดส่วน
	อีไธออน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	4	สัมพัทธ์ไม่ได้
	มาลาไธออน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	3	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	2	
	พาราไธออน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	2	
	ฟอสดริน	เหลืองเข้ม	-	-	-	-	-	2	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ		ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
10	อาโซดริน	เหลือง	-.35	-.35	-.35	-.35	-.35	6	พื้นสีน้ำเงิน
	ไบดริน	เหลือง	-.31	-.31	-.31	-.31	-.31	8	
	ดีดีวีพี	น้ำตาล	.14	.14	.14	.14	.14	5	
	ไดอาซินอน	เหลือง	.41	.41	.41	.41	.41	.5	
	ไดเมทโธเอท	เหลือง	0	0	0	0	0	.5	
	อีไธออน	เหลือง	.38	.38	.38	.38	.38	.5	
	มาลาไธออน	เหลือง	.35	.35	.35	.35	.35	2	
	เมทิลพาราไธออน	เหลือง	.33	.33	.33	.33	.33	1	
	พาราไธออน	เหลือง	.37	.37	.37	.37	.37	1	
	ฟอสดริน	เหลือง	-	-	-	-	-	20	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ		สีของจุด							หมายเหตุ
11	อาโซดรีน	ม่วง–น้ำเงิน	–	–	–	–	–	14	พื้นสีน้ำตาลอ่อนค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ไบดริน	ม่วง–น้ำเงิน	–	–	–	–	–	14	
	ดีดีวีพี	ม่วง–น้ำเงิน	.05	.05	.05	.05	.05	30	
	ไดอาซินอน	ม่วง–น้ำเงิน	.33	.33	.33	.33	.33	5	
	ไดเม็ทโซเอท	ม่วง–น้ำเงิน	–	–	–	–	–	3	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	ม่วง–น้ำเงิน	.31	.31	.31	.31	.31	5	
	มาลาไธออน	ม่วง–น้ำเงิน	.01	.01	.01	.01	.01	30	
	เม็ทธิลพาราไธออน	ม่วง–น้ำเงิน	.06	.06	.06	.06	.06	5	
	พาราไธออน	ม่วง น้ำเงิน	0	0	0	0	0	5	
	ฟอสดริน	ม่วง–น้ำเงิน	–.01	–.01	–.01	–.01	–.01	50	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
12	อาโซดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	10	พื้นสีน้ำเงิน Rf=0
	ไบดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	20	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	น้ำตาล	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	10	
	ไดอาซินอน	เหลือง	.21	.21	.21	.21	.21	4	
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	–	–	–	–	–	4	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	เหลือง	0	0	0	0	0	2	
	มาลาไธออน	เหลือง	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	2	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	.5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	พาราไธออน	เหลือง	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21	2	
	ฟอสดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
13	อาโซดริน	–	–	–	–	–	–	–	พื้นสีเขียว
	ไบดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ดีดีวีพี	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ไดอาซินอน	เหลือง	.60	.60	.60	.60	.60	10	
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	-.50	-.50	-.50	-.50	-.50	20	
	อีไธออน	เหลือง	.13	.13	.13	.13	.13	4	
	มาลาไธออน	เหลือง	.20	.20	.20	.20	.20	10	
	เม็ทธิลพาราไธออน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	พาราไธออน	เหลือง	0	0	0	0	0	10	
	ฟอสดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้

ตาราง 3 (ต่อ)

	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครลิตร)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
14	อาโซดริน	เหลือง	0	0	0	0	0	10	พื้นสีเหลือง
	ไบดริน	เหลือง	-.10	-.10	-.10	-.10	-.10	10	
	ดีดีวีพี	น้ำตาล	-.33	-.33	-.33	-.33	-.33	15	
	ไกอาซินอน	เหลือง	.23	.23	.23	.23	.23	2	
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	.08	.08	.08	.08	.08	.5	
	อีไธออน	เหลือง	.37	.37	.37	.37	.37	2	
	มาลาไธออน	เหลือง	.20	.20	.20	.20	.20	3	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	.20	.20	.20	.20	.20	2	
	พาราไธออน	เหลือง	.35	.35	.35	.35	.35	3	
	ฟอสดริน	เหลือง	-.20	-.20	-.20	-.20	-.20	15	
15	อาโซดริน	–	–	–	–	–	–	–	พื้นสีขาว
	ไบดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ดีดีวีพี	ดำ	-.51	-.52	-.51	-.53	-.517	40	
	ไกอาซินอน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	–	–	–	–	–	40	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	เหลือง	.12	.12	.12	.12	.12	30	
	มาลาไธออน	เหลือง	-.38	-.38	-.38	-.38	-.38	30	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	30	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	พาราไธออน	เหลือง	0	0	0	0	0	30	
	ฟอสดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบ	วัตถุมีพิษ		ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			กรั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	กรั้งที่ 4	เฉลี่ย		
16	อาโซดริน	–	–	–	–	–	–	–	พื้นสีขาว
	ไบดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ดีดีวีพี	ดำ	–	–	–	–	–	40	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ไดอาซินอน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ไดเม็ทโซเอท	เหลือง	–	–	–	–	–	40	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	30	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	มาลาไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	30	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	30	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	พาราไธออน	เหลือง	–	–	–	–	–	30	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ฟอสดริน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
17	อาโซดริน	เหลือง	–	–	–	–	–	15	พื้นสีเหลือง
	ไบดริน	ชมพู	–	–	–	–	–	.5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีวีพี	ม่วง	–.23	.23	.23	.23	.23	2	
	ไดอาซินอน	ม่วง	0	0	0	0	0	2	
	ไดเม็ทโซเอท	เหลือง	–	–	–	–	–	.1	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	อีไธออน	เหลือง	–.05	.05	.05	.05	.05	1	
	มาลาไธออน	ขาว	.13	.13	.13	.13	.13	1	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	–.05	.05	.05	.05	.05	1	
	พาราไธออน	เหลือง	–.05	.05	.05	.05	.05	1	
	ฟอสดริน	ชมพู	–.24	–.24	–.24	–.24	–.24	1	

ตาราง 3 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
18	อาโซดริน	เหลือง	0	0	0	0	0	10	พื้นน้ำเงิน
	ไบดริน	เหลือง	-.10	-.10	-.10	-.10	-.10	10	
	ดีดีวีพี	น้ำตาล	-.35	-.36	-.36	-.35	-.355	10	ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมงจึงเกิด
	ไดอาซินอน	เหลือง	.45	.45	.45	.45	.45	1	
	ไดเม็ทโธเอท	เหลือง	.08	.08	.08	.08	.08	0.5	
	อีไธออน	เหลือง	.49	.49	.49	.49	.49	0.5	
	มาลาไธออน	เหลือง	.47	.47	.47	.47	.47	2	
	เม็ทธิลพาราไธออน	เหลือง	.20	.20	.20	.20	.20	2	
	พาราไธออน	เหลือง	.29	.29	.29	.29	.29	1.5	
	ทะสดริน	เหลือง	-.20	-.20	-.20	-.20	-.20	15	

หมายเหตุ 1. * ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์จะเทียบกับวัตถุมีพิษที่ได้ขีดเส้นใต้ในแต่ละระบบนั้น ๆ

2. ปริมาณของสารละลายที่มีวัตถุมีพิษ 10 ไมโครกรัม หากใช้หลอดหยดขนาดเล็กใช้ 10 หยด ซึ่งมีขนาดของหยดเท่าขนาดของหยดนั้น

ไม่มีสารละลายตัวพาเคลื่อนในระบบใดที่จะแยกวัตถุมีพิษ 10 ตัวอย่างนี้ให้มีค่าสัดส่วนการหน่วงให้แตกต่างกันได้ สารละลายตัวพาเคลื่อนในระบบที่ 12 และ 18 คือ เฮกเซน/อะซีโตน (4/1) แยก ดีดีวีพี ไดอาซินอน อีไธออน พาราไธออน และมาลาไธออน และ 95% เอทธิลแอลกอฮอล์/เบนซีน (1/1) แยกอาโซดริน ไบดริน ไดเม็ทโธเอท เม็ทธิลพาราไธออน และฟอสดรินได้ สารทำให้เกิดสีซึ่งตรวจวัตถุมีพิษได้ครบ 10 ตัวอย่างตามหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในข้อ 3.1.1 ในบทที่ 3 คือ บรอมฟีนอลบลู ซึ่งมีความไวตรวจอาโซดริน ไบดริน ดีดีวีพี ไดอาซินอน ไดเม็ทโธเอท อีไธออน มาลาไธออน เม็ทธิลพาราไธออน พาราไธออน และฟอสดริน เท่ากับ 10, 10, 10, 4, 0.5, 2, 2, 2, 2 และ 15 ไมโครกรัมตามลำดับ

2. <u>การทดลองหาวิธีตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดกลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์</u>

เมื่อใช้วิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ ที่ดัดแปลงเป็นเทคนิคไมโครสไลด์ ทาการตรวจสอบสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษ โดยใช้สารละลายตัวพาเคลื่อนและสารทำให้เกิดสีต่าง ๆ เป็นจำนวน 11 ระบบ (ตามวิธีทดลองในบทที่ 3) ปรากฏผลดังนี้

ตาราง 4 ผลการทดลองตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ โดยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	เอาสักส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ*					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
1	ออลดริน	น้ำตาล	.37	.37	.37	.37	.37	.5	
	สินเกน	น้ำตาลดูร้อกำ	-.06	-.06	-.06	-.06	-.06	.5	
	กลอร์เดน	น้ำตาล	-	-	-	-	-	.5	เป็นทางยาว
	ทีดีอี	น้ำตาล	.17	.17	.16	.16	.165	1	
	ดีดีที	น้ำตาล	.29	.29	.29	.29	.29	.5	
	<u>ดีลดริน</u>	น้ำตาล	0	0	0	0	0	.5	
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	-.23	-.23	-.23	-.23	-.23	.5	
	เอนดริน	น้ำตาล	.33	.33	.33	.33	.33	.5	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	.25	.25	.25	.25	.25	.5	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	-	-	-	-	-	.3	เป็นทางยาว

ตาราง 4 (ต่อ)

		สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
2	ออลดริน	ฟ้า	.48	.48	.48	.48	.48	0.5	พื้นสีฟ้าอ่อน
	ลินเดน	ดำ	-.06	-.06	-.06	-.06	-.06	3	
	คลอร์เดน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	ทีดีอี	ฟ้า	–	–	–	–	–	0.5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	ดีดีที	ดำ	.25	.23	.23	.23	.24	0.5	
	ดีลดริน	ฟ้า	0	0	0	0	0	0.5	
	เอนโดซัลเฟน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	เอนดริน	ฟ้า	-.02	-.02	-.02	-.02	-.02	1	
	เฮปตาคลอร์	ฟ้า	.38	.35	.37	.35	.37	0.5	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	–	–	–	–	–	3	ทางยาว ๆ
3	ออลดริน	ฟ้า	.08	.08	.08	.08	.08	5	พื้นสีฟ้าอ่อน
	ลินเดน	ฟ้า	-.13	-.13	-.13	-.13	-.13	5	
	คลอร์เดน	เทา	.09	.09	.09	.09	.09	5	
	ทีดีอี	เทา	.04	.04	.04	.04	.04	5	
	ดีดีที	ดำ	.04	.04	.04	.04	.04	5	
	ดีลดริน	ฟ้า	0	0	0	0	0	5	
	เอนโดซัลเฟน	ฟ้า	-.62	-.62	-.64	-.64	-.63	5	
	เอนดริน	ฟ้า	.05	.05	.05	.05	.05	5	
	เฮปตาคลอร์	ฟ้า	.11	.11	.11	.11	.11	5	
	ท็อกซาฟีน	เทา	.12	.12	.12	.12	.12	5	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ ๙					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			กรั้งที่ 1	กรั้งที่ 2	กรั้งที่ 3	กรั้งที่ 4	เฉลี่ย		
4	ออลดริน	ดำ	.26	.26	.25	.25	.255	0.2	พื้นสีดำ
	ลินเดน	–	–	–	–	–	–	–	ตรวจไม่ได้
	คลอร์เดน	ดำ	.22	.22	.22	.22	.22	0.5	
	ทีดีอี	ดำ	-.55	-.55	-.55	-.55	-.55	0.5	
	ดีดีที	ดำ	0	0	0	0	0	0.5	
	ดีลดริน	ดำ	-.45	-.45	-.45	-.45	-.45	5	
	เอนโดซัลแฟน	ดำ	-.09	-.09	-.09	-.10	-.09	6	
	เอนดริน	ดำ	-.5	-.5	-.5	-.5	-.5	0.5	
	เฮปต้าคลอร์	ดำ	-.14	-.14	-.14	-.14	-.14	0.5	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	–	–	–	–	–	12	เป็นทางยาว ๆ
5	ออลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	พื้นสีขาวหาก
	ลินเดน	ดำ	-.35	-.35	-.35	-.35	-.35	0.5	เก็บไว้นานสีพื้น
	คลอร์เดน	น้ำตาล	–	–	–	–	–	3	จะเป็นสีเนื้อ
	ทีดีอี	น้ำตาล	-.26	-.27	-.27	-.27	-.27	2	และคลอเดนและ
	ดีดีที	น้ำตาล	-.16	-.16	-.14	-.15	-.15	0.5	ท็อกซาฟีนจะ
	ดีลดริน	น้ำตาล	-.53	-.53	-.53	-.53	-.53	1	เป็นทางยาว
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	–	–	–	–	–	0.5	ส่วนเอนโด–
	เอนดริน	น้ำตาล	-.53	-.53	-.53	-.53	-.53	1	ซัลเฟนค่าสัดส่วน
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	-.07	-.06	-.07	-.07	-.07	0.5	สัมพัทธ์ = 0
	ท็อกซาฟีน	ดำ	–	–	–	–	–	2	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
6	ออลดริน	น้ำตาล	.27	.27	.26	.27	.27	0.5	พื้นสีขาวหรือสีเนื้อ
	ลินเดน	ดำ	.13	.13	.13	.13	.13	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	.25	.25	.25	.25	.25	3	
	ทีดีอี	น้ำตาล	.20	.19	.19	.20	.20	2	
	ดีดีที	น้ำตาล	.26	.26	.26	.26	.26	0.5	
	ดีลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	1	
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	-.12	-.13	-.11	-.12	-.12	0.5	
	เอนดริน	น้ำตาล	.03	.03	.04	.06	.04	1	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	.26	.26	.26	.26	.26	0.5	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	.22	.21	.23	.22	.22	3	
7	ออลดริน	น้ำตาล	.10	.10	.10	.10	.10	1	พื้นสีขาวหากถูกนาน ๆ จะมีสีพื้นเป็นสีเนื้อจนกระทั่งเป็นสีดำ
	ลินเดน	ดำ	-.35	-.35	-.35	-.35	-.35	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	-	-	-	-	-	3	
	ทีดีอี	น้ำตาล	-.21	-.21	-.21	-.21	-.21	2	
	ดีดีที	น้ำตาล	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	0.5	
	ดีลดริน	น้ำตาล	-.32	-.32	-.32	-.32	-.32	1	
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	-	-	-	-	-	0.5	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	เอนดริน	น้ำตาล	-.31	-.31	-.31	-.31	-.31	1	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	-	-	-	-	-	3	เป็นทางยาว ๆ

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ * กรั้งที่ 1	กรั้งที่ 2	กรั้งที่ 3	กรั้งที่ 4	เฉลี่ย	ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
8	ออลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	พื้นสีขาว
	ลินเดน	ดำ	-.45	-.45	-.45	-.45	-.45	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	-	-	-	-	-	1	เป็นทางยาว ๆ
	ทีดีอี	น้ำตาล	-.034	-.035	-.035	-.034	-.035	5	
	ดีดีที	น้ำตาล	-.18	-.18	-.19	-.19	-.185	0.5	
	ดีลดริน	น้ำตาล	-.54	-.55	-.55	-.54	-.0545	0.5	
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	-.59	-.59	-.59	-.59	-.59	1	
	เอนดริน	น้ำตาล	-.54	-.54	-.55	-.55	-.545	1	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	-.08	-.08	-.08	-.08	-.08	1	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	-	-	-	-	-	1	เป็นทางยาว ๆ
9	ออลดริน	น้ำตาล	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.5	พื้นสีขาว
	ลินเดน	ดำ	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	1	
	ทีดีอี	น้ำตาล	.22	.22	.22	.22	.22	5	
	ดีดีที	น้ำตาล	0.27	0.26	0.26	0.27	0.265	0.5	
	ดีลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	
	เอนโดซัลแฟน	น้ำตาล	-.14	-.15	-.14	-.15	-.145	1	
	เอนดริน	น้ำตาล	-.10	-.10	-.10	-.10	-.10	1	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	.37	.37	.37	.37	.37	1	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	1	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ *					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
10	ออลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	พื้นสีขาว
	ลินเดน	ดำ	-.43	-.43	-.43	-.43	-.43	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	–	–	–	–	–	2	เป็นทางยาว ๆ
	ทีดีอี	น้ำตาล	-.35	-.35	-.35	-.35	-.35	5	
	ดีดีที	น้ำตาล	-.22	-.22	-.22	-.22	-.22	0.5	
	กิลดริน	น้ำตาล	-.46	-.46	-.46	-.46	-.46	0.5	
	เอนโดซัลเฟน	น้ำตาล	–	–	–	–	–	1	สัดส่วนสัมพัทธ์ = 0
	เอนดริน	น้ำตาล	-.46	-.46	-.46	-.46	-.46	1	
	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	-.10	-.10	-.10	-.10	-.10	1	
	ท็อกซาฟีน	ดำ	–	–	–	–	–	1	เป็นทางยาว ๆ
11	ออลดริน	น้ำตาล	.28	.28	.28	.28	.28	0.5	พื้นสีขาว
	ลินเดน	ดำ	.14	.14	.14	.14	.14	0.5	
	คลอร์เดน	น้ำตาล	.24	.24	.24	.24	.24	3	
	ทีดีอี	น้ำตาล	.22	.22	.22	.22	.22	5	
	ดีดีที	น้ำตาล	.29	.29	.29	.29	.29	0.5	
	กิลดริน	น้ำตาล	0	0	0	0	0	0.5	
	เอนโดซัลเฟน	น้ำตาล	-.15	-.15	-.15	-.15	-.15	1	
	เอนดริน	น้ำตาล	-.03	-.03	-.03	-.03	-.03	1	

ตาราง 4 (ต่อ)

ระบบ	วัตถุมีพิษ	สีของจุด	ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เทียบกับ*					ความไว (ไมโครกรัม)	หมายเหตุ
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	เฉลี่ย		
11	เฮปต้าคลอร์	น้ำตาล	.29	.29	.29	.29	.29	1	
	ท็อกซาฟีน	น้ำตาล	.24	.24	.24	.24	.24	1	

ไม่มีสารละลายตัวพาเกลื่อนระบบใดที่แยกวัตถุมีพิษครบ 10 ตัวอย่างได้ตามหลักเกณฑ์ที่ตั้งไว้ในข้อ 3.2.1 ในบทที่ 3 ระบบที่ 10 และ 11 เป็นระบบที่ดีที่สุด ใช้สารละลายตัวพาเกลื่อน เอทธิล อะซีเตต/เฮกเซน (1/9) แยกออลดริน เอนดริน ดีดีที เฮปต้าคลอร์ และทีดีอี ได้และมีความไว 0.5, 1, 0.5, 1 และ 5 ไมโครกรัมตามลำดับ และใช้เบนซีน/อะซีโตน (3/2) แยกดีลดริน, ดีดีที, เอนโดซัลเฟน, ดีเอ็ด., ท็อกซาฟีน และคลอร์เดน ได้และมีความไว 0.5, 0.5, 1, 0.5, 1 และ 1 ไมโครกรัมตามลำดับ

หมายเหตุ 1. * ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์จะเทียบกับวัตถุมีพิษที่ได้ขีดเส้นใต้ในแต่ละระบบนั้นๆ

2. ปริมาณของสารละลายที่มีวัตถุมีพิษ 10 ไมโครกรัมหากใช้หลอดหยดขนาดเจ็กใช้ 10 หยด ซึ่งมีขนาดหยดเท่าขนาดของหลอดนั้น

3. การทดสอบประสิทธิภาพของวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ

เปรียบเทียบวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับมาทดลองกับวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงจากบริษัทผู้ผลิตต่างกัน 4 บริษัท ปรากฏว่าถ้าเป็นสารออกฤทธิ์ชนิดเดียวกันจะให้สีของจุดเหมือนกัน และมีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เท่ากันด้วย นอกจากนั้นยังสามารถบอกได้ว่ามีสารเจือปนอย่างอื่นอยู่หรือไม่ โดยการดูจากสีของจุดและค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ประกอบ

4. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดยแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับกับวิธีที่ที่ตรวจโดย gas-liquid chromatography

4.1 หาความไวของวิธี GLC และหาเปอร์เซนต์การตรวจพบด้วย GLC เมื่อผ่าน TLC ก่อน

ตาราง 5 การเปรียบเทียบความไวของ GLC และเปอร์เซนต์การตรวจพบเมื่อผ่าน TLC ก่อน

การออกฤทธิ์	ความไวตรวจด้วย		ปริมาณตรวจพบด้วย				เปอร์เซนต์การตรวจพบด้วย GLC เมื่อผ่าน TLC ก่อน		
	TLC (ug)	GLC (ng)	TLC (ng)		GLC (ng)				
			ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
โซดริน	10	100	125	125	110	122	88	97.6	92.8
ดริน	10	10	18	18	16.4	15.4	91.11	86.66	88.88
วีพี	10	1	15	15	13.35	14.05	89	93.67	91.34
อาซินอน	4	3	6	6	5.13	5.80	85.5	96.67	91.09
เม็ทโธเอท	0.5	3	8	8	7.51	6.98	93.88	87.25	90.57
ธออน	2	10	15	15	14.41	14.57	96.07	97.13	96.60

ตาราง 5 (ต่อ)

สารออกฤทธิ์	ความไวตรวจด้วย		ปริมาณตรวจพบด้วย				เปอร์เซนต์การตรวจพบด้วย GLC เมื่อผ่าน TLC ก่อน		
	TLC (ug)	GLC (ng)	TLC (ng) ครั้งที่ 1	TLC (ng) ครั้งที่ 2	GLC (ng) ครั้งที่ 1	GLC (ng) ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ลาไธออน	2	0.5	5	5	3.216	3.325	64.32	66.5	65.41
ไทธิลพาราธออน	2	0.5	0.8	0.8	0.63	0.69	78.75	86.25	82.50
ราไธออน	2	4	8	8	6.96	7.51	87.38	93.88	90.63
สครีบ	15	2	8	8	5.2	6.2	65	77.5	71.25
ดครีน	0.5	0.5	1.5	1.5	1.37	1.43	91.33	95.33	93.33
เดน	0.5	0.05	.4	.4	.29	.33	72.5	82.5	77.5
ธร์เดน	1	0.3	1	1	.79	.81	79	81	80
อี	5	0.5	1	1	.98	.87	98	87	92.5
ที	0.5	0.2	1	1	.895	.915	89.5	91.5	90.5
ดริน	0.5	0.1	1	1	.826	.90	82.6	90	86.5
นโกซัลแฟน	1	0.1	0.5	0.5	.425	.4	85	80	82.5
นดริน	1	0.1	1.5	1.5	1.36	1.24	90.67	82.67	86.67
ปต้าคลอร์	1	0.2	0.5	0.5	.413	.47	82.6	94	88.3
กยาฟีน	1	0.2	1	1	.87	.78	87	78	82.5

4.2 เมื่อนำสารละลายและสารละลายตัวอย่างมาตรวจเปรียบเทียบความเข้มของสีและพื้นที่ของจุดด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ เมื่อคำนวณหาเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ในวัตถุมีพิษที่ใช้เป็นตัวอย่างและหาเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ของวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงตรวจด้วยวิธี gas-liquid chromatography แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับกับวิธี gas-liquid chromatography โดยการหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์ความแตกต่างของค่าเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ ได้ผลดังนี้

ตาราง 6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดยแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (TLC) กับวิธีตรวจโดย gas-liquid chromatography (GLC)

ยาออกฤทธิ์	วัตถุมีพิษ	เปอร์เซนต์ตามฉลาก	เปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย TLC			เปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย GLC			ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC			เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC		
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
โซดริน	อาโซดริน	56	56	56	56	55.47	56	55.74	.53	0	.27	.946	0	.473
	ซิกเกอร์ฟอส	56	30	30	30	28.63	28.31	28.47	1.97	1.65	1.81	3.52	2.95	3.235
	โนวาครอน40	40	40	40	40	39.91	38.89	39.4	.09	1.11	.6	.23	2.78	1.50
ดริน	ไบดริน	24	27	28	27.5	27.8	28.30	28.05	.8	.3	.55	3.33	1.25	2.29
ี่พี	เซฟวิน 85	50	50	50	50	49.9	48.94	49.42	.1	1.06	.58	.2	2.12	1.16
	ดีดีวีพี (ไดทาฟอส)	25	25	25	25	24.8	24.6	24.7	.2	.4	.3	.8	1.6	1.2
	ดีดีวีพี	50	50	50	50	48.89	49.06	48.98	1.11	.94	1.03	2.22	1.88	2.05
	พาราไทอป	10	10	10	10	9.93	9.91	9.92	.07	.09	.08	.7	0.9	0.8
าซินอน	บาซูดิน 60	60	60	60	60	59.7	58.2	58.95	.3	1.8	1.05	.5	3	1.75

ตาราง 6 (ต่อ)

สารออกฤทธิ์	วัตถุมีพิษ	เปอร์เซนต์ตามฉลาก	เปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย						ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC			เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC		
			TLC			GLC								
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
เม็ทโธเอท	ไดโครีน	40	40	40	40	40	40	40	0	0	0	0	0	0
	ไดทอน	40	33.33	35	34.17	34.61	35.12	35.37	1.28	1.12	1.2	3.2	2.8	3
	ไดไพเรท	40	40	40	40	39.67	40	39.84	.33	0	.165	.825	0	.41
	เฮโทรโรซอน40	40	15	17	16	14.56	18.97	16.77	.44	1.97	1.205	1.1	4.93	3.01
ไธออน	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
มาลาไธออน	มาลาไธออน57	57	57	57	57	57.6	59.14	58.37	.6	2.14	1.37	1.05	3.75	2.4
	มาลาไธออน57	57	57	57	57	57	55.71	56.35	0	1.29	1.29	0	2.26	1.13
	มาลาไธออน	57	62.7	62.7	62.7	66.96	64.285	65.37	3.76	1.585	2.67	6.596	2.78	4.688
เทธิลพารา	พาราเฟช	50	16.67	17	16.84	18	18.76	18.38	1.33	1.38	1.36	2.66	2.76	2.71
ธออน	ใบทองเอ็ม 500	50	50	50	50	51.11	50.76	50.94	1.11	.94	1.03	2.22	1.88	2.05
	พานาคอล	50	50	50	50	51.32	51.11	51.15	1.32	1.15	1.24	2.64	2.3	2.47
	โพลากอน	50	50	50	50	49.57	48.03	48.8	.43	1.2	.82	.86	2.4	1.63

ตาราง 6 (ต่อ)

สารออกฤทธิ์	วัตถุมีพิษ	เปอร์เซนต์ตามฉลาก	เปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย						ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC			เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC		
			TLC			GLC								
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
พาราไธออน	อีคาทอกซ์	50	44.44	50	47.22	48.99	49.78	49.39	4.55	.61	2.58	9.1	1.22	5.16
	พานาดอน	50	44.44	44.44	44.44	45.66	44.59	45.13	1.22	.69	.96	2.44	1.38	1.91
	พาราไธออน	28	28	28	28	28.10	28.33	28.22	.10	.33	22	.36	1.18	0.77
	คูมิฟอส	28	15.67	15.67	15.67	16.03	15.75	15.89	.36	.08	.22	.29	0.29	0.78
ฟอสดริน	ฟอลดริน	24	24	24	24	23.96	23.96	23.96	.04	.04	.04	.17	.17	.17
	ฟอสดริน	24	24	24	24	23.04	23.04	23.04	.96	.96	.96	4	4	4
	ฟอสไฟเรท	24	19.2	19.2	19.2	20	19.76	19.88	.8	.56	.68	.34	2.33	2.83
	ยูราฟอส์	24	24	24	24	23.97	23.89	23.93	.03	.11	.07	.13	.46	.29
ออลดริน	ออลดริน	40	41.37	40.26	40.81	40	41	40.5	1.37	.26	.82	3.42	0.65	2.04
	ออลเดร็กซ์ 40	40	39.78	40.03	39.90	39.23	39.98	39.60	.55	.05	.3	1.38	.13	0.76
	เต่าทองเอ็มวัน	40	40.77	41.05	40.91	38.44	39.56	39	1.165	1.49	1.33	2.91	3.73	3.32
	ออลดริน 40	40	37.98	39.56	38.77	41.12	40	40.56	3.14	.44	1.79	7.85	1.1	4.48
ลินเดน	เซ็กกรีไซด์	ไม่ได้ระบุ	100	100	100	97.39	96.06	96.83	2.61	3.94	3.28	2.61	3.94	3.28
	เฮกซาโล	12	36.72	37.64	37.18	38.33	38.57	38.45	1.61	0.95	1.27	13.42	7.75	10.585

ตาราง 6 (ต่อ)

สารออกฤทธิ์	วัตถุมีพิษ	เปอร์เซนต์ตามฉลาก	เปอร์เซนต์การออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย						ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC			เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC		
			TLC			GLC								
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
คลอร์เดน	สามัว – 88	24	24	24	24	23.96	23.87	23.92	.04	0.13	.09	0.17	0.54	0.35
	เทอร์ราซีด 40	24	24	24	24	24.11	23.78	23.95	.11	.22	.17	.46	.92	0.69
	คลอร์เดน คัสท์	10	10	10	10	9.7	10.03	9.87	.3	.03	.17	.3	.3	1.65
ดีดีที		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
ดีดีที	ดีดีที 35	35	35	35	35	34.95	34.49	34.72	.05	.51	.28	.15	1.46	0.80
	เพสไลน์	25	25	25	25	24.67	24.96	24.64	.33	.04	.17	1.32	0.12	0.72
	ดีดีที 35 อี	35	35	35	35	34.92	34.83	34.88	.08	.17	.125	.23	.486	.36
	ทวินดีดีที 25 อีแอล	35	35	35	35	34.67	34.88	34.76	.33	.12	.24	.94	4	2.47
ดีลดริน	ดีลดริน	50	50	50	50	51.33	51.33	51.33	1.33	1.33	1.33	2.66	2.66	2.66
	อลาดริน 400	40	40	40	40	39.88	39.47	39.68	.12	.53	.33	.3	1.33	0.81
	ดีลเดร็กซ์ 50	50	40	40	40	49.08	49.57	49.32	.92	.43	.68	1.84	0.86	2.7
	ไฟลอป	50	50	50	50	48.92	49.10	49.01	1.08	.90	0.99	2.16	1.8	1.98
เอนโดซัลแฟน	โลวิซัน	35	35	35	35	36.6	35	35.8	1.6	0	.8	4.57	0	2.29
	ซีโอดาน	35	37	37	37	38.33	36.59	37.46	1.53	.46	.87	3.8	1.31	2.56

ตาราง 6 (ต่อ)

การออกฤทธิ์	วัตถุมีพิษ	เปอร์เซนต์ตามฉลาก	เปอร์เซนต์สารออกฤทธิ์ที่ตรวจด้วย						ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC			เปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจด้วย GLC กับ TLC		
			TLC			GLC								
			ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย	ครั้งที่1	ครั้งที่2	เฉลี่ย
อนคริน	คาร์ลาวิน	19.5	19.5	19.5	19.5	20	20	20	.5	.5	.5	2.56	2.56	2.56
	ซุปเปอร์ไพเรท	20	20	20	20	20	20	20	—	—	—	—	—	—
	ไพริน	19.5	19.5	19.5	19.5	20	20	20	.5	.5	.5	2.56	2.56	2.56
	เอนเดร็กซ์	19.5	18	18	18	17.2	18.54	17.80	.8	.54	.67	4.10	2.77	3.44
ฮบ้าคลอร์	เฮพ้าไพริน	40	40	40	40	39.86	40	39.93	.14	0	.07	0.35	0	0.18
	อาลามอน 40	25	25	25	25	24.69	24.78	24.74	.03	.12	.075	0.12	0.48	0.3
	เฮบ้าคลอ 40	40	40	40	40	39.91	39.24	39.58	.09	.765	.43	.225	1.91	1.07
	ซัมฟีน 60 %	60	59.76	58.08	58.92	60.16	59.57	59.87	.4	1.49	0.95	.67	2.48	1.58
	เฟสตาไดน์ 250	40	41.05	42.13	41.59	40	42.35	41.18	1.05	.22	.64	2.63	.55	1.59
	เฟอร์เมอร์ทอกซ์	40	40.37	41.19	40.78	40.05	40.96	40.51	0.32	.23	.28	.8	.56	.69
	ท็อกไดน์	40	38.89	37.64	38.27	38.06	39.30	38.68	.83	.34	.41	2.08	.85	1.47

หมายเหตุ เฉลี่ยค่าเฉลี่ยของเปอร์เซนต์ความแตกต่างที่ตรวจวัดวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง 57 ตัวอย่างด้วยวิธี gas-liquid chromatography กับวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับเท่ากับ 2

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

การทดลองศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ

1. เพื่อศึกษาหาวิธีการที่ใช้ได้สะดวกรวดเร็วในการตรวจวิเคราะห์ทางคุณภาพและปริมาณของวัตถุมีพิษในกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนส์ จากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ใช้แผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) กับวิธีที่ตรวจโดย gas-liquid chromatography

วิธีดำเนินการทดสอบ

1. กลุ่มตัวอย่าง

1.1 วัตถุมีพิษที่นำมาทดลองหาวิธีตรวจสอบ คือ สารประกอบพวกออร์กาโนฟอสฟอรัส ชนิด ได้แก่ อาโซดริน ไบดริน ดีดีอีพี ไดอาซินอน ไดเม็ทโธเอท อีไธออน มาลาไธออน เม็กซิลพาราไธออน พาราไธออน เดะเอ็ดตริน และสารประกอบพวกออลคลอรีน ลินเดน คลอร์เดน ท่ดีอี ดีดีที ดีลดริน เอนโดรีลแฟน เอนดริน เฮปต้าคลอร์ และทียกอาฟีน

1.2 วัตถุมีพิษที่ใช้ทดลอง คือ วัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงซึ่งมีสารออกฤทธิ์ ตามข้อ 1.1 โดยเลือกวัตถุมีพิษที่มีสารออกฤทธิ์แต่ละชนิดจากบริษัทผู้ผลิต หรือผู้แทนจำหน่ายที่ต่างกันประมาณ 4 แห่งในประเทศไทย เพื่อทดลองว่าวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณวัตถุมีพิษที่ได้ทดลองในค้นคว้านั้นใช้กับตัวอย่างจริงได้หรือไม่

2. เครื่องมือที่ใช้

2.1 การตรวจด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) โดยใช้เครื่องมือขนาดเล็ก คือ

– chromatographic tank ใช้ขวดแก้วรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 ซ.ม. สูง 9 ซ.ม.

– โครมาโตเพลทใช้แผ่นกระจกขนาดเล็ก ขนาด 7.5 x 2.5 ซ.ม.

– หลอดหยดขนาดเล็ก ใช้หยดสารตัวอย่างลงบนโครมาโตเพลท

– ขวดพ่นสาร เกมี ใช้ขวดฉีดน้ำที่ทำด้วย polyethylene (ที่ใช้ฉีดน้ำกล้วยไม้) แทนได้

2.2 การตรวจเพื่อยืนยันผลการตรวจด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับใช้วิธีตรวจด้วยเครื่อง gas-liquid chromatograph

– พวกออร์กาโนฟอสฟอรัส ใช้ชนิด flame photometric detector (F.P.D.) ซึ่งมี column บรรจุด้วย 3 % OV-1 on chromosorb W. HP. 80/100 mesh, cole 10% DC 200 on chromosorb W. HP. อุณหภูมิของ column 190° – 195°C อุณหภูมิของ detector 180°C carrier gas คือ ไนโตรเจน ซึ่งมีอัตราการไหล 100 ซ.ม.^{3}/นาที ก๊าซที่ใช้ในการจุดเปลวไฟ คือ

– ไฮโดรเจน อัตราการไหล 150 ซ.ม.^{3}/นาที

– อากาศ อัตราการไหล 40 ซ.ม.^{3}/นาที

– ออกซิเจน อัตราการไหล 20 ซ.ม.^{3}/นาที

– พวกคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ใช้ชนิด electron capture detector (EC) ซึ่งมี column บรรจุด้วย 10% DC 200 + 15% QF – 1 on Anakrom ABS 80/100 mesh อุณหภูมิของ column 190 – 195°C อุณหภูมิของ detector 180°C carrier gas คือ ไนโตรเจน ซึ่งมีอัตราการไหล 100 ซ.ม.^{3}/นาที

3. การดำเนินการทดลอง ทดลองเป็นขั้น ๆ ดังนี้

3.1 ทดลองหาวิธีตรวจสอบวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส ใช้วิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) โดยดัดแปลงใช้เครื่องมือที่มีขนาดเล็ก สะดวกในการใช้ หาง่าย และราคาไม่แพงนัก

3.2 ทดลองหาวิธีตรวจสอบวัตถุมีพิษพวกกลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ใช้วิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) โดยดัดแปลงใช้เครื่องม้อที่มีขนาดเล็ก สะดวกในการใช้ มีขั้นตอนการปฏิบัติน้อยที่สุดและราคาถูกที่สุด

3.3 ทดลองหาประสิทธิภาพของวิธีตรวจวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณที่เหมาะสม

3.3.1 ใช้วัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง ซึ่งมีสารออกฤทธิ์ตรงกับสารมาตรฐานของออร์กาโนฟอสฟอรัส และกลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์อย่างละ 10 ชนิด แต่ละชนิดเลือกจากผู้ผลิตหลายประมาณ 4 บริษัท นามาเตรียมเป็นสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น 1 ไมโครกรัม/ไมโครลิตร

3.3.2 ใช้สารละลายตัวอย่างจากผู้ผลิตหลายที่ต่างกัน บริษัท และสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกัน มาทดสอบด้วยวิธีตรวจที่เหมาะสมแล้ว เพื่อดูว่าทั้งสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกัน จะให้สี ความเข้มของสี และขนาดของจุดแตกต่างกันหรือไม่

3.4 การหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) โดยสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างจากข้อ ลงบนโครมาโตแกรม แล้วใช้สายตาพิจารณาความเข้มของสีของสารละลายตัวอย่างแต่ละตัวว่าเข้มเท่ากับสารละลายมาตรฐานที่มีปริมาณเท่าใด จากนั้นคำนวณเปอร์เซนต์ของสารออกฤทธิ์ของวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลง

3.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดยแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (Thin-Layer Chromatography) กับวิธีที่ตรวจโดย gas-liquid chromatography

3.5.1 นำสารละลายมาตรฐาน และสารละลายตัวอย่างที่มีความเข้มข้น ไมโครกรัม/ไมโครลิตร มาหยดเทียบกันตรวจด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ และขูดบริเวณที่อยู่ตรงกับระดับของจุดซึ่งมีวัตถุมีพิษอยู่ในแผ่น ๆ ละ หรือคนละแผ่น แล้วนำมา develop ในสารละลายตัวพาเคลื่อน(mobile solvent) ครั้งเดียวกัน เพื่อเตรียมตรวจยืนยันด้วยวิธี gas-liquid chromatography

3.5.2 นำสารละลายในข้อ 3.5.1 มาตรวจวิเคราะห์หาคุณภาพและปริมาณด้วยวิธี gas-liquid chromatography

3.5.3 หา standard curve ของวัตถุมีพิษแต่ละชนิดโดย plot ระหว่างความสูงของยอดกับปริมาณของวัตถุมีพิษ

3.5.4 นำความสูงของยอดของสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน มาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์แต่ละชนิดแล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของค่าที่ตรวจโดยวิธี thin-layer chromatography กับค่าที่ตรวจด้วยวิธี gas-liquid chromatography

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง

3.6.1 การเลือกระบบที่จะตรวจวัตถุมีพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ใช้ตรวจวัตถุมีพิษได้ครบทั้ง 10 ชนิด และระบบที่จะตรวจวัตถุมีพิษชนิดเมธิลพาราไธออนได้ดีที่สุด ใช้การพิจารณาขั้นตอนการปฏิบัติง่ายที่สุด และใช้ตรวจวัตถุมีพิษได้ครบ 10 ชนิดที่ทำการทดลอง

3.6.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีที่ตรวจโดย thin-layer chromatography กับวิธีที่ตรวจโดย gas-liquid chromatography โดยใช้ค่าความแตกต่างเฉลี่ย (mean difference) ของวิธีทั้งสอง

สรุปผลการทดลอง

1. จากการทดลองตรวจวัตถุมีพิษกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส โดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีของชั้นแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (thin-layer chromatography) ผลปรากฏว่า ตรวจด้วย TLC จำนวน 18 ระบบ เลือกระบบ 12 และ 14 ซึ่งใช้ซิลิกาเจลจี (silica gel G) เป็นสารดูดซับ (adsorbent) เฮกเซน/อะซีโตน (4/1) และ 5% เอทิลแอลกอฮอล์/เบนซีน (1/2) เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน (mobile solvent) ส่วนสารทำให้เกิดสี (Chromogenic reagent) ฉีดด้วยโบรมีนตามด้วยบรอมฟีนอล บลูสเปรย์รีเอเจนต์ (bromphenol Blue spray reagent) ซึ่ง 2 ระบบนี้จะตรวจวัตถุมีพิษได้ทั้ง 10 ชนิดให้จุดสีเหลืองยกเว้น คลอร์ไพริฟอส ให้จุดสีน้ำตาลบนพื้นสีน้ำเงิน

ชัดเจนมีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ (Rf-valve) ต่างกันที่สุดและมีความไว (sensitivity) ดังนี้

– เฮกเซน/อะซีโตน (4 : 1) เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน

	อีไธออน	ดีดีวีพี	ไดอาซินอน	พาราไธออน	มาลาไธออน
ความไว, µg	2	10	4	2	2
ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์	0	–0.34	0.21	–0.12	–0.21

– 95% เอทธิลแอลกอฮอล์/เบนซีน (1 : 1) เป็น mobile solvent

	อาโซดรีน	ไบดรีน	ไดเม็ทโซเอท	เม็ทธิลพาราไธออน	ฟอสดรีน
ความไว, µg	10	10	0.5	2	15
ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์	0	–0.10	.10	.20	–0.20

2. จากการทดลองตรวจวัดฤทธิ์พิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ โดยใช้ microslide technique ของ thin-layer chromatography ผลปรากฏว่า ระบบที่ 10 และ 11 ซึ่งใช้ adsorbent คือ 0.625 o-dianisidine solution/น้ำกลั่น/silica gel G (ปริมาตร/ปริมาตร/น้ำหนัก, 1/1/1) เอทธิล อะซีเตด/เฮกเซน (1/9) และเอทธิล อะซีเตด/เบนซีน (2/3) เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อนตามลำดับไม่ต้องใช้สารทำให้เกิดสี (chromogenic reagent) เลย เมื่อ develop แล้วอบ U.V. หรือตากแดดจะได้จุดสีน้ำตาลบนพื้นสีขาวหรือสีเนื้ออ่อน ๆ ยกเว้นลินเดน และทอกซาฟีน จะให้สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ มีค่าสัมพัทธ์สัดส่วนสัมพัทธ์ (relative Rf valve) ต่างกันมากที่สุด และมีความไว (sensitity) ดังนี้

–เอทธิล อะซีเตด/เฮกเซน (1 : 9) เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน

	ออลดรีน	เอนดรีน	ดีดีที	เฮปต้าคลอร์	ทีดีอี
ความไว, µg	0.5	0.5	0.5	0.5	2
ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์	0	–0.46	–0.16	0.07	–0.28

– เอทิลอะซีเตท/เบนซีน (2/3) เป็น mobile solvent

	ไบดริน	อาโซดริน	ไดเม็ทโธเอท	ฟอสดริน	เอนโดซัลแฟน	ลินเดน	ท็อกซาฟีน	คลอเดน
ความไว µg	0.5	0.5	1	0.5	1	1		
ค่าสัดส่วนสัมพัทธ์	0	0.29	–0.15	0.10	0.21	0.24		

3. จากการทดลองเลือกระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมสำหรับออร์กาโนฟอสฟอรัสและคลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนตามข้อ 1 และข้อ 2 ตามลำดับมาใช้ตรวจวัดวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงจากผู้ผลิตจากหน่วยที่ต่าง ๆ กัน ปรากฏว่า การระบบเดียวกัน วัตถุมีพิษชนิดเดียวกันแต่ยิดจากผู้ผลิตจากหน่วยที่ต่างกันจะให้ผลเหมือนกัน

4. การทดลองตรวจหาความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์จากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับกับวิธี gas – liquid chromatography เมื่อทำการวิเคราะห์แตกต่างเล็กน้อยแล้วจะแตกต่างกันร้อยละ

อภิปรายผลการทดลอง

1. ไบดริน อาโซดริน ไดเม็ทโธเอท และฟอสดริน มีสัดส่วนสัมพัทธ์ = 0 เมื่อใช้ เฮกเซน/อะซีโตน เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน และเอนโดซัลแฟน มีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ = 0 เมื่อใช้เอทิลอะซีเตต/เฮกเซน เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน แสดงว่าตัวทำละลาย (solvent) ที่ใช้ไม่สามารถระวัดวัตถุมีพิษเหล่านี้ได้ เพราะไบดริน อาโซดริน ไดเม็ทโธเอท และฟอสดรินไม่ละลายในเฮกเซน แต่จะละลายได้ในเบนซีนหรือแอลกอฮอล์ ดังนั้นเมื่อเปลี่ยนไปใช้ 5% แอลกอฮอล์ เอทิลแอลกอฮอล์/เบนซีน เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน จึงสามารถระวัดไบดริน อาโซดริน ไดเม็ทโธเอท และฟอสดริน ส่วนเอนโดซัลแฟนก็เช่นกัน ไม่ละลายในเฮกเซน เมื่อใช้เอทิลอะซีเตต/เฮกเซน เป็นสารละลายตัวพาเคลื่อนมีค่าสัดส่วนสัมพัทธ์เท่ากับ 0 แต่เมื่อใช้เอทิลอะซีเตต/เบนซีนเป็นสารละลายตัวพาเคลื่อน จึงสามารถระวังได้ เพราะเอนโดซัลแฟนละลายในเบนซีนได้

2. การหาวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงที่มีสารออกฤทธิ์นิดเดียวกันตรวจด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (TLC) จะให้จุดสิ่งเดียวกัน แม้ว่าวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงที่ผลิตจากบริษัทผู้ผลิตที่ต่างกันจะมีการผสม Inert ingredient แตกต่างกันไป แสดงว่าวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับ (TLC) เป็นวิธี clean up แยก Inert ingredient ได้ดีวิธีหนึ่ง

3. ในการอบไดรมาโคเพลท ด้วยโบรมีน เป็นการทำให้ sulfur analog ของสารเคมีในวัตถุมีพิษถูกโบรมีน oxidized ให้กลายเป็น oxygen analog (El-Nafaf and Hopkins, 1965 :479)

ดังนั้นเมื่ออบโบรมีนจะทำให้เกิด oxidation ทำให้ sulfur analog เปลี่ยนเป็นoxygen analog เมื่อตรวจด้วยเครื่อง gas chromatograph สารละลายที่มีความเข้มข้นน้อยมาก จะพบว่ามี recover น้อยได้หรือตรวจไม่ได้ ดังนั้นการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธี thin-layer chromatography ของวัตถุมีพิษพวกออร์กาโนฟอสฟอรัส เมื่อตรวจด้วยวิธีthin-layer chromatography จะขูดเอา ซิลิก้าเจล จี บริเวณที่มีวัตถุมีพิษอยู่ เพื่อตรวจยืนยันด้วย gas chromatograph จึงไม่ควรอบด้วยโบรมีน เพราะใช้ปริมาณของวัตถุมีพิษน้อยมาก หากถูกโบรมีนจะถูก oxidized เปลี่ยนเป็น oxon ซึ่งตรวจไม่พบด้วยเครื่อง gas chromatograph

4. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณของวัตถุมีพิษพวกคลอรินเตด ไฮโดรคาร์บอน โดยใช้ chromogenic reagent คือ 0.625 % o-dianisidine in ethanol ผสมลงใน slurry เวลาเคลือบไมโครสไลด์จะเป็นการตัดขั้นตอนการปฏิบัติและประหยัด แต่เวลาที่ตรวจเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ตรวจโดย thin-layer chromatography กับวิธี gas-liquid chromatography การตรวจโดย thin-layer chromatography ไม่การใช้สารดูดซับ ที่ผสม chromogenic reagent และไม่ควรให้ซิลิก้า เจล จี ไม่ควรให้บริเวณที่จะขูดผ่านมาตรวจด้วย gas chromatographถูก chromogenic reagent เพราะจะทำให้เกิดความยุ่งยากแก่การวิเคราะห์ แต่ยังอบด้วย UV หรือแสงแดดได้ปรากฏว่า วัตถุมีพิษบางตัว เช่น ทอกซาฟีนจะถูกสลายกลายเป็นกลอร์เดนได้

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับกับวิธี gas-liquid chromatograph ทางด้านการแยกต่างเอสเทียในการตรวจปริมาณของสารออกฤทธิ์ได้ร้อยละ 2 แสดงว่าประสิทธิภาพของวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับใกล้เคียงกับวิธี gas-liquid chromatography

6. การตรวจเปอร์เซ็นต์ของสารออกฤทธิ์จากวัตถุมีพิษที่ไม่ปลดปล่อยกันและกำจัดแมลงจากแร็กกรีไทด์ (ชื่อการค้าของวัตถุมีพิษ ดิเดน) มีสารออกฤทธิ์ของดีนเดนด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับได้ 100% เมื่อตรวจด้วยเครื่อง gas-liquid chromatograph ได้เฉลี่ย 96.83% แสดงว่าถึงบางจะมีสิ่งอื่นเจือปนอยู่เล็กน้อย หรือไม่มีสารนั้นซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันมาก จึงแยกด้วยวิธีทั้งสองไม่ได้

7. การตรวจวัตถุมีพิษด้วยวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับแล้วเอาส่วนที่ไม่ได้ผ่านสารทำให้เกิดสีสะท้อนในตัวทำละลายแล้วตรวจด้วยเครื่อง gas-liquid chromatograph ตั้งแต่ 65% เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ส่วนมากจะประมาณ 80 - 90 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่า ซิลิก้า เจล จี เป็นสารดูดซับที่เหมาะสมสำหรับการตรวจวัตถุมีพิษดังกล่าว และการละลายตัวทำละลายนั้นจะวัตถุมีพิษได้ดีด้วย

8. จากค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่ตรวจวัตถุมีพิษชนิดเดียวกันและกำจัดแมลงทั้งหมด ด้วยวิธี gas-liquid chromatography กับวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับเท่ากับ แสดงว่า ประสิทธิภาพของวิธีแผ่นกระจกเคลือบสารดูดซับใกล้เคียงกับการตรวจด้วยวิธี gas-liquid chromatography

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาค้นคว้าต่อไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาค้นคว้าวิธีการตรวจวิเคราะห์ยาฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส โดยใช้ chromogenic agent ผสมลงใน slurry เกลือบเป็น absorbent จากที่เราทดลองโครมาโทกราฟีนี้ ใช้ตรวจวัตถุมีพิษพวกกลุ่มไนโตรเตด ไฮโดรคาร์บอน ก็ได้ตรวจออร์กาโนฟอสฟอรัสได้เช่นกัน แต่จะได้จุดสีขาวบนพื้นสีน้ำตาลอ่อน ๆ ถ้าตากแห้งไว้นานขึ้น แต่จุดสีขาวมีอาจจะวิเคราะห์ยากขึ้นมาได้ และถ้าเกลือบผสม Ester's reagent ลงไปจะได้จุดสีเหลืองพื้นสีขาว ฉะนั้นน่าจะได้ทดลองผสมสารละลาย 0.625% o - dianisidine ในเอทิลแอลกอฮอล์ กับ Nes ler's reagent ในสัดส่วน ที่สารละลายทั้งสองเข้ากันพอดีแล้วได้สารละลายใส จะนำไปผสมลงใน slurry เกลือบเป็น adsorbent แล้วอาจจะตรวจทั้งออร์กาโนฟอสฟอรัส และกลอริเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ได้

หากจะผสมสารเคมีให้เกิดสีลงใน slurry เกลือบเป็นโครมาโทเพลท ควรจะได้ทดลองหา slovent ที่จะไม่ละลายสารเคมีให้เกิดสีนั้น ๆ เสียก่อน โดยการเกลือบบนไมโครสไลด์ develop ได้ตามปกติทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วอบ UV แล้วจะต้องได้พื้นสีเดียวกันสม่ำเสมอทั่วทั้งแผ่นไม่มีแม้แต่เส้นหรือรอยใด ๆ

2. จากการทดลองเคลือบสไลด์ที่เกลือบผสมด้วย 0.625% o - dianisidine ไป develop ด้วย solvent หลายชนิดดังที่กล่าวมาแล้ว ปรากฏว่า คลอโรฟอร์ม อีเทอร์ แอลกอฮอล์ และเบ็นซีนไฮโดรคาร์บอนจะละลาย o - dianisidine ออกมาบางส่วนลงใน solvent นั้น ๆ เมื่อนำโครมาโทเพลทที่เกลือบด้วย silica gel G มา develop แล้วอบ UV เหมือนกับแถบ ก็ตรวจพบกลอริเนเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ได้ผลดีเช่นเดียวกัน ฉะนั้น อาจดัดแปลงโดยเติมน้ำผสม o -dianisidine solution ลงใน solvent ที่จะใช้ develop จะเป็นการสะดวกและประหยัดไม่ต้องเก็บโครมาโทกราฟีไว้ในที่มืด และควรศึกษาว่า o - dianisidine solution ที่จะตรวจวัตถุมีพิษได้มีความเข้มข้นต่ำสุดเท่าไร เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย

3. ควรจะได้ศึกษาหา mobile solvent ที่จะแยกวัตถุมีพิษแต่จะพวกได้ทั้ง ตัว หรือมากกว่าเพื่อเป็นการประหยัดและใช้ได้กว้างขวางยิ่งขึ้น และหาระบบที่มี sensitivity มากขึ้น ซึ่งอาจดัดแปลงไปตรวจพิษตกค้างในผัก ผลไม้ต่าง ๆ ได้ด้วย

4. ออโร-ไดอะนิซิดีน เป็นสารที่เป็นพิษมากกัดผิวหนังและเยื่อบุทางเดินหายใจ ทำให้อักเสบได้ไม่ควรใช้เล่น ควรใช้เกลือบเป็นสารคูลซับ จะลดอันตรายได้มากขึ้นเวลาใช้ควรระมัดระวัง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ประชาติ วัชรบัณฑิต การศึกษาความเป็นพิษของยาฆ่าแมลงสองประเภทที่มีต่อปลาไน ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยครีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2519, 8 หน้า.

ประยูร ดีมา และ บัณฑิต คำรัญ ยาป้องกันกำจัดศัตรูพืช มนุษย์ และสัตว์ โครงการวิจัยวัตถุมีพิษ กรมกสิกรรม กระทรวงเกษตร 2510, 59 หน้า.

ประยูร ดีมา, ดร. วัตถุมีพิษที่ใช้ในการเกษตรและการสาธารณสุข เอกสารทางวิชาการที่ 14 กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2517, 513 หน้า.

Abbott, D.C., and others, "Determination of Pesticides of Organophosphorus Pesticide in Food" : A Review The Analyst 92 (1097) : 475-489, August, 1967

Abbott, D.C. and other " The Determination of Residues of Dimethoate with Multi-bond Chromatoplates" The Analyst 91(1079) : 94-97, 1967

El-Rafai, A., and Hopkins, T.L., "Thin-layer chromatography and Cholinesterase Detection of Several Phosphorothiono Insecticides and Their Oxygen Analogs", Journal of Agricultural Food Chemistry 13 (5) : 479, September-October, 1965

Gunther, Francis A.ed., Residue Review Volume 11, Springer-Verlag New York Inc., 1967, 164 pp.

Guth, J.A. "Thin-layer Chromatographic Separation Scheme for Phosphorus-containing Pesticides Pflanzenschutzberichte, 35(9-10): 129-143, 1967

Jeanot, Phillip E. Farm Chemicals Handbook New York, 1973, G 7 pp.

Kirchner, Justus G, Thin-layer Chromatography Vol 12, Interscience Publishers, 1967, 788 pp.

Krzeminski, L.F. and Landmann, W.A. "Methyl Yellow as a Spray Reagent in The Paper Chromatography of Chlorinated Hydrocarbon Pesticides Journal of Chromatography, 10(4) : 515-516 pp., 1963

Mehrotra, R.K. and others "New Chromogenic Thin-layer Chromatography Spray Reagents for The Detection of Some Organochlorine Pesticides" Journal of Food Science and Technology, 11(4) : 197-199 pp., 1974

Mitchell, L.C. "Separation and Identification of Chlorinated Organic Pesticides by Paper Chromatography" Journal of Association Official Analytical Chemists, 36(4) : 1183-1186 pp., 1953

Narayanoswami, K and others "Thin-layer Chromatography in The Detection of Poisoning by Pesticides" Journal of Chromatography, 95(2) : 181-188 pp, 1974.

Ragab, M.T.H " Direct Fluorescence Detection of Organothiophosphorus Pesticides and Some of Their Sulphur Containing Break-down Products after Thin-layer Chromatography" Journal of Association Official Analytical Chemists, 50(5), 1088-1098 pp, 1967.

Stahl, Egon Thin-layer Chromatography, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 638-642 pp, 1967

Szokolay, A. and Madaric, A. "One-dimensional Thin-layer Chromatography of Chlorinated Insecticides with Multiple Development" Journal of Chromatography, 42(4) : 509-515, 1969

Isvetana, Isvetkova "Rapid Method for The Separation and Determination of Organochlorine, Organophosphorus and Carbamate Pesticides" Z. Lebensmittelunters. U. Forsch., 144(4) : 268-270 pp, 1970

Viswaswariah, K and Jayaram, M "Detection and Determination of Certain Chlorinated Pesticides by Micro Thin-layer Chromatography" Journal of Chromatography, 62(3) : 479-484 pp, 1971

Wang, R.T. and Chou, S.S. "Simple and Rapid Separation of Pesticides by Polyamide Chromatography" Journal of Chromatography, 42(3): 416-418 pp, 1969

Watts, R.R. " 4-(p-Nitrobenzyl) pyridine a New Chromogenic Spray reagent for The Organophosphate Pesticides" Journal of Association Official Analytical Chrmists, 48(6) : 1161-1163 pp, 1965

ภาคผนวก

ภาคผนวก

1. วิธีการวิเคราะห์วัตถุมีพิษพวกออร์กาโนฟอสฟอรัสบางชนิดอย่างง่าย ที่ได้จากการค้นคว้าทดลองครั้งนี้

สารเคมีที่ใช้

95 % เอ็ทธิลแอลกอฮอล์ (95 % ethonol, AR)

เบนซีน (benzene, AR)

เฮกเซน (hexane, AR)

อะซีโทน (acetone, AR)

โบรมีน (bromine)

บรอมฟีนอล บลู สเปรย์ รีเอเจนท์ (bromphenol blue spray reagent)

เครื่องมือและวัสดุ

แท่งแก้วกลม (stirring rod)

แผ่นกระจกขนาดเล็ก ขนาดประมาณ 7.5 x 2.5 ซม.

ขวดรูปทรงกระบอก ขนาด 4.5 ซม. สูง 9 ซม. พร้อมแผ่นกระจกปิด

ขวดพ่นสารเคมี (spray bottle)

หลอดหยดขนาดเล็ก (capillary tube)

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษ และสารละลายตัวอย่างของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกันให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

2. ใช้หลอดหยดขนาดเล็ก ดูดเอาสารละลายมาตรฐาน (จากข้อ 1) มาหยดลงไปบนแผ่นกระจกขนาดเล็ก 2 จุด ห่างกันพอประมาณ จุดแรกหยด 1 หยด และจุดที่สองหยด 2 หยด และหยดสารละลายมาตรฐาน 3 หยด และสารละลายตัวอย่าง 3 หยด หยดเรียงลงบนแผ่นกระจกขนาดเล็กอีกแผ่นหนึ่งอย่างละจุด ให้ห่างกันพอประมาณ (หยดทีละหยด รอให้แห้งแล้วจึงหยดซ้ำ เพื่อให้เส้นผ่าศูนย์กลางของจุดไม่เกิน 5 มิลลิเมตร)

3. นำโครมาโตเพลท (chromatoplate) ทั้ง 2 แผ่นไป develop ด้วยสารละลาย เฮกเซน/อะซีโตน (4/1) หรือ 95 % เอ็ทธิลแอลกอฮอล์/เบนซีน (1/1) (พร้อมกันทั้ง 2 แผ่น) ซึ่งอยู่ในขวดใช้แผ่นกระจกปิดไว้ จนสารละลายซึมขึ้นไปประมาณ 5 ซม. (ถึงขีดที่ขีดไว้) นำเอาโครมาโตเพลทออกมาทิ้งไว้ให้สารละลายระเหยประมาณ 30 วินาที

4. เอาโครมาโตเพลททั้ง 2 แผ่น ไปอบด้วยโบรมีนในขวดลักษณะเกี่ยวกับข้อ 3 ประมาณ 1 นาที แล้วทิ้งไว้ให้โบรมีนระเหยอีก 2 นาที

5. พ่นโครมาโตเพลททั้ง 2 แผ่นด้วยบรอมฟีนอล บลู สเปรย์ รีเอเจนต์

6. พิจารณาเปรียบเทียบความเข้มของสีหรือพื้นที่ของจุด และค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของจุดที่เกิดขึ้น กระทำความเข้มข้นและชนิดของสารออกฤทธิ์ของสารละลายตัวอย่าง โดยวิธีกำมะถันเปรียบสัดส่วนกับความเข้มของสีของจุดจากสารละลายมาตรฐาน และดูค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ที่เท่ากัน

2. <u>วิธีตรวจวัตถุมีพิษพวกกลอรีเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์บางชนิดอย่างง่ายที่ได้จากการค้นคว้าทดลองครั้งนี้</u>

สารเคมีที่ใช้

เบนซีน

เฮกเซน

เอทธิล อะซีเตต (ethyl acetate)

ออโธ – ไดอะนิซิดีน สเปรย์ รีเอเจนต์ (o-dianisidine spray reagent)

เครื่องมือและวัตถุ

แท่งแก้วกลม

แผ่นกระจกขนาดเล็ก ขนาด 7.5 x 2.5 ซม.

ขวดรูปทรงกระบอก ขนาด 4.5 ซม. สูง 9 ซม. พร้อมแผ่นกระจกปิด

ขวดพ่นสารเคมี

หลอดหยดขนาดเล็ก

วิธีทดลอง

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของวัตถุมีพิษและสารละลายตัวอย่างของวัตถุมีพิษชนิดเดียวกันจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงให้ได้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร

2. ใช้หลอดหยดขนาดเล็ก ดูดเอาสารละลายมาตรฐาน (จากข้อ 1) มาหยดลงไปบนแผ่นกระจกขนาดเล็ก 2 จุด ห่างกันพอประมาณ จุดแรกหยด 1 หยด และจุดที่สองหยด 2 หยด และหยดสารละลายมาตรฐาน 3 หยด และสารละลายตัวอย่าง 3 หยด หยดเรียงลงบนแผ่นกระจกขนาดเล็กอีกแผ่นหนึ่งอย่างละจุด ให้แต่ละจุดห่างกันพอประมาณ (หยดทีละหยดรอให้แห้งแล้วจึงหยดซ้ำได้เพื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของจุด ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร)

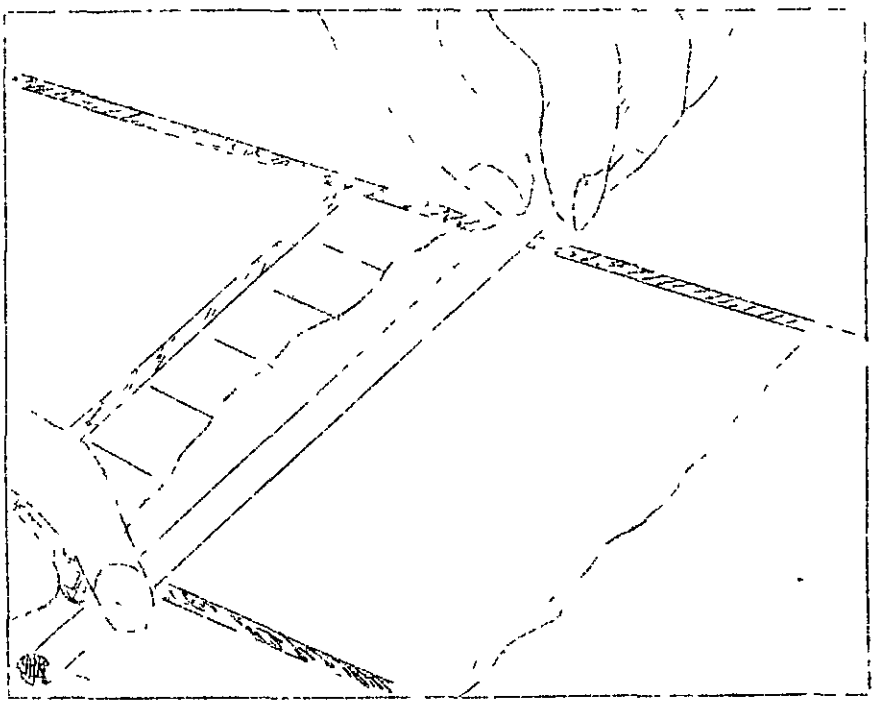
3. นำโครมาโตเพลททั้ง 2 แผ่น ไป develop ด้วยสารละลายเอ็กซิล อะซีเตด/เฮกเซน (1/9) หรือ เอ็กซิก อะซีเตด/เบนซีน (2/3) (พร้อมกันทั้ง 2 แผ่น) ซึ่งอยู่ในขวดใช้แผ่นกระจกปิดไว้จนสารละลายซึมขึ้นไปประมาณ 5 ซม. (ถึงขีดที่ขีดไว้) นำเอาโครมาโตเพลทออกทิ้งไว้ให้สารละลายระเหยประมาณ 30 วินาที

4. เอาโครมาโตเพลททั้ง 2 แผ่น ตากแดดประมาณ 2 นาที

5. พิจารณาเปรียบเทียบความเข้มของสีหรือพื้นที่ของจุด และค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ของจุดที่เกิดขึ้นเพื่อจะทราบความเข้มข้นและชนิดของสารออกฤทธิ์ของสารละลายตัวอย่าง โดยวิธีคำนวณเทียบสัดส่วนกับความเข้มของสีของจุดจากสารละลายมาตรฐาน และดูค่าสัดส่วนสัมพัทธ์ที่เท่ากัน

3. <u>การเตรียมแผ่นกระจกขนาดเล็กฉาบด้วยสารดูดซับ</u>

1. ใช้แผ่นกระจก ขนาด 20 × 20 ซม. วางแผ่นสไลด์เรียงลงไปบนแผ่นกระจกแล้วใช้กระดาษกาวปิดทับสไลด์ แผ่นรอบนอกให้ติดกับแผ่นกระจก 3 ด้าน ดังรูป



ภาพ 7 การเคลือบแผ่นกระจกขนาดเล็กด้วยซิลิกา เจล จี (silica gel G)

2. ทำความสะอาดแผ่นกระจกด้วยอะซีโตน และเอ็ทธิล อีเทอร์ (ethyl ether) โดยเช็ดด้วยกระดาษทิชชู

3. ผสมซิลิกา เจล จี ซึ่งใช้แคลเซียม ซัลเฟต เป็นไบนเดอร์ (with calcium sulfate binder) 5 กรัม กับน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร สำหรับเตรียมโครมาโตเพลทที่ใช้ตรวจวัตถุมีพิษพวกออร์กาโนฟอสฟอรัส และผสมซิลิกา เจล จี 5 กรัม กับสารละลาย 0.625 % ของวาโซ – ไดอะมิซิกิน 5 มิลลิลิตร ซึ่งเขย่าเข้ากับน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ จะใช้เคลือบ โครมาโตเพลทได้ประมาณ 14 แผ่น

4. วิธีเคลือบมี 2 วิธี คือ

ก. เท ซิลิกา เจล จี ที่ผสมแล้วลงไปบนแผ่นสไลด์คานหนึ่ง แล้วใช้แท่งแก้วกลมยาว 30 เซนติเมตร ปาดไปยังอีกคานหนึ่งโดยเร็ว (จะได้สารดูดซับที่มีความหนาเท่ากับความหนาของกระดาษกาว) ทิ้งไว้ให้แห้งในอากาศ

ข. ใช้แผ่นกระจกขนาดเล็กที่สะอาด 2 แผ่น ประกบกัน จุ่มลงไปในซิลิก้าเจล จี ที่ผสมแล้ว ยกขึ้นโดยเร็ว แกะออกจากกันนำไปวางเรียงให้แห้ง วิธีนี้จะทำได้ทีละ 2 แผ่น

นำเอาสไลด์ที่เคลือบแล้วนี้ไปอบที่ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ถ้ายังไม่ใช้นำไปเก็บไว้ในภาชนะที่มีสารดูดความชื้น (desiccator)

4. <u>การเตรียม บรอมฟีนอล บลู สเปรย์ รีเอเจนต์</u>

1. ชั่ง บรอมฟีนอล บลู 0.05 กรัม ละลายในอะซีโตน 10 มิลลิลิตร
2. ละลาย อะซีโตน 25 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร
3. ชั่งซิลเวอร์ ไนเตรต (silver nitrate) 1 กรัม แล้วเติมสารละลายของอะซีโตน (ข้อ 2) ลงไป
4. เสนสารละลาย บรอมฟีนอล บลู (ข้อ 2) กับสารละลาย ซิลเวอร์ ไนเตรต (ข้อ 3) 90 มิลลิลิตร (ควรผสมก่อนจะใช้พ่นแต่ละครั้ง)

<u>หมายเหตุ</u> 1. รีเอเจนต์ ที่เตรียมในอัตราส่วนข้างบน จะมีปริมาตร 100 มิลลิลิตร และจะใช้พ่นได้ประมาณ 20 ครั้ง

2. จากการทดลอง แม้จะผสมสารละลาย บรอมฟีนอล บลู กับสารละลาย ซิลเวอร์ ไนเตรต แล้วเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลไว้นานถึง 6 เดือน ก็ยังใช้ได้ผลดี

5. <u>การเตรียม 0.625 % ออโธ – ไดอะนิซิดีน</u>

1. ชั่ง ออโธ – ไดอะนิซิดีน 0.625 กรัม ใส่ flask ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมเอ็ทธิลแอลกอฮอล์ลงไป 100 มิลลิลิตร ปิดระดับไว้ที่ข้าง flask

2. นำ flask (จากข้อ 1) ตั้งอุ่นใน water bath (อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส) จนละลายหมด ตั้งทิ้งให้เย็นแล้วเติมเอ็ทธิลแอลกอฮอล์จนถึงขีดเดิม

6. ราคาโดยประมาณของสารเคมี และเครื่องมือ 1 ชุด ที่ใช้ตรวจออร์กาโนฟอสเฟตอย่างง่าย

รายการสารเคมี	จำนวน	ราคา, บาท
95 % เอ็ทธิลแอลกอฮอล์	10 มิลลิลิตร	0.50
เบนซีน	10 มิลลิลิตร	2
เฮกเซน	16 มิลลิลิตร	2
อะซีโตน	4 มิลลิลิตร	1
โบรมีน	5 มิลลิลิตร	4
ซิลเวอร์ ไนเตรต	1 กรัม	18
บรอมฟีนอล บลู	0.05 กรัม	2
รายการเครื่องมือและวัสดุ		
แผ่นกระจกขนาดเล็กที่เคลือบซิลิกา เจล จี แล้ว	20 แผ่น	32
หลอดหยดขนาดเล็ก	20 อัน	8
รวมราคาทั้งหมด		71.50

หมายเหตุ 1. สารเคมีจำนวนดังกล่าวใช้ตรวจสารตัวอย่างได้ 10 ตัวอย่าง ซึ่งใช้อัตราส่วนของสารเคมีตามวิธีทดลองในภาคผนวกข้อ 1

2. ของใช้ภายในบ้าน เช่น ขวดพ่นสารเคมี (ใช้ขวดฉีดน้ำกล้วยไม้แทนได้) และภาชนะที่ทำด้วยแก้ว เช่น ขวดกาแฟขนาดเล็ก (ใช้แทนขวดรูปทรงกระบอก ขนาด 4.5 ซม. สูง 9 ซม. พร้อมแผ่นกระจกปิดได้) ไม่คิดราคารวมในรายการนี้

3. ถ้าจะมีการผลิตเครื่องมือนี้สำหรับใช้กับบุคคลทั่วไป อาจมีการทำแผ่นเทียบสีของวัตถุมีพิษที่ปรากฏเป็นจุดบนโครมาโตเพลท เป็นแผ่นสำเร็จรูป เพื่อใช้เทียบสีและความเข้มของสีว่าปริมาณวัตถุมีพิษที่ตรวจพบนั้นมีมากน้อยเพียงไหน พร้อมทั้งมีการางคิดความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ 10 ชนิดที่ทดลองออกมาเป็นกาเปอร์เซนต์

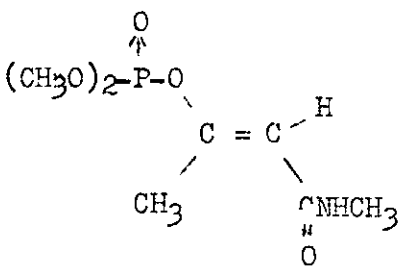
โดยไม่ต้องใช้สารมาตรฐานเปรียบเทียบ เป็นการสะดวกและประหยัดยิ่งขึ้น

7. ราคาโดยประมาณของสารเคมี และเครื่องมือ 1 ชุด ที่ใช้ตรวจคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนอย่างง่าย

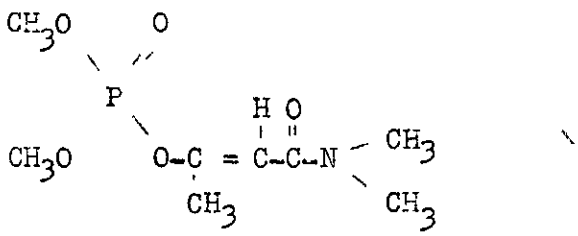
รายการสารเคมี	จำนวน	ราคา, บาท
เบนซีน	12 มิลลิลิตร	2.50
เฮกเซน	18 มิลลิลิตร	2
เอทธิลอะซีเตด	10 มิลลิลิตร	1
เอทธิลแอลกอฮอล์	100 มิลลิลิตร	2.75
ออโธ – ไดอะนิซิดีน	0.625 กรัม	6
รายการเครื่องมือและวัสดุ		
แผนกระจกขนาดเล็กที่เคลือบสำเร็จรูป	20 แผ่น	40
หลอดหยดขนาดเล็ก	20 อัน	8
	รวมราคาทั้งหมด	62.25

8. คุณสมบัติบางประการของวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัสบางชนิด

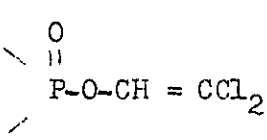
อาโซดริน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	อโซดริน, ซิกเกอร์ฟอส และนูวาดรอน 40
ชื่อทางเคมี	3 - hydroxy-N-methyl-cis-crotonamide dimethyl phosphate หรือ Dimethyl phosphate of 3 - hydroxy -N-methyl-cis-crotonamide
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันจำกัดแมลงและไรศัตรูพืช สามารถซึมเข้าต้นพืชได้
คุณสมบัติทางเคมี	ของแข็งสีเหลืองปนน้ำตาล มีกลิ่นหอม ละลายได้ดีในน้ำ, อาซีโตน และในแอลกอฮอล์ และละลายได้บางเล็กน้อยในน้ำมัน-ก๊าส และในน้ำมันดีเซล
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูฝ้ายที่สำคัญ เช่น หนอนเจาะสมอฝ้าย ด้วงเจาะสมอฝ้าย หนอนกับ หนอนเจาะสมอฝ้ายสีชมพู ไรศัตรูพืช และ lygus bug ได้
สูตรที่มีจำหน่าย	จำหน่ายในรูปของเหลวที่ละลายน้ำได้ (emulsifiable concentration) 56 % และ 40 % ตามลำดับ
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด, บริษัทกรุงเทพธนกิจจำกัด และบริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด ตามลำดับ

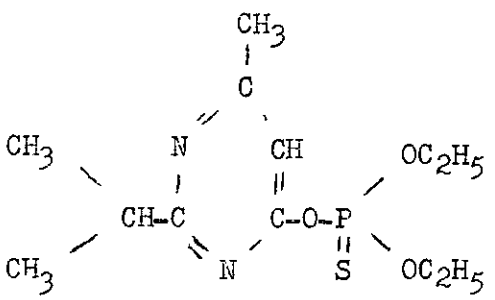
ไบคริน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ไบคริน
ชื่อทางเคมี	3-(dimethoxy-phosphinyloxy)-N, N-dimethyl-cis-crotonamide
ชื่ออื่น ๆ	คาร์บิครอน, เอ็กตาฟอส, ไดคโรโตฟอส และ เอสดี 3562
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันจำกัดแมลงเป็นชนิดที่พืชสามารถดูดซึมเข้าลำต้นได้
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวสีน้ำตาล มีกลิ่นหอม ละลายได้บางเล็กน้อยในน้ำมันก๊าส และในน้ำมันดีเซล
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญของฝ้ายของไม้ประดับและพืชที่ปลูกเพื่อเอาเมล็ดไปใช้ทำพันธุ์บางชนิด วัตถุมีพิษชนิดนี้ซึมเข้าในลำต้นพืชอย่างรวดเร็วจึงทำให้เป็นอันตรายน้อยต่อแมลงที่มีประโยชน์ต่าง ๆ นอกจากนั้นวัตถุมีพิษชนิดนี้ยังใช้กำจัดเห็บซึ่งเป็นศัตรูของวัวควายได้อีก
สูตรที่มีจำหน่าย	มีในรูปของเหลวที่ละลายน้ำได้ (emulsifiable coneentration) 24 %
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด และบริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด

ดีดีวีพี

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	เวฟวิน 85, ดีดีวีพี (ไดทาฟอส), ดีดีวีพี และ พาราทอป
ชื่อทางเคมี	2,2-dichlorovinyl o,o-dimethyl phosphate
ชื่ออื่น ๆ	ไดโกรโรส, ดีดีวีเอฟ, ไดคลอฟอส, ดีดีแวป, ดีวิแพน, เยอกอล, มาฟู, มาร์เวกส์, นอกอส, โนเพสท์, นูแวน, โอโค, ฟอสวิท และ วาโปนา
สูตรโครงสร้าง	CH_3O  CH_3O
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวไม่มีสี จนถึงสีชาอ่อน ละลายในน้ำได้บางเล็กน้อย แต่ละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ต่าง ๆ
สูตรที่มีจำหน่าย	ในรูปของเหลวที่ละลายน้ำได้ 50 %, 25 % และ 10 % ตามลำดับ
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเสรีเคมีเกษตรจำกัด และบริษัทศรีกรุงวัฒนาจำกัด, บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัด–สหเกษตร ตามลำดับ

ไดอาซินอน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	บาซูดิน 60
ชื่อทางเคมี	O,O-dimethyl O-(2-isopropyl-4-methyl-6-pyrimidinyl) phosphorothioate
ชื่ออื่น ๆ	บาซูดิน, ไดอาซาเจ็ท, ไดอาไซด์, เดสเซล, จี – 24480, การ์เด้นท็อกซ์ และสเปกตราไซด์
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันจำกัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวสีขาวจนกระทั่งสีน้ำตาลเข้ม ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ ชายลีน อาซีโตน และน้ำมันปิโตรเลี่ยม
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในดิน เช่น corn rootworm, wire worm และ cabbage maggot นอกจากนั้นวัตถุมีพิษชนิดนี้ยังมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูไม้ผล ศัตรูพืชผัก ศัตรูพืชไร่ และพืชอาหารสัตว์ต่าง ๆ อีก สำหรับศัตรูในเคหสถาน เช่น แมลงสาบนั้นก็นิยมใช้วัตถุมีพิษนี้กำจัด นอกจากนั้นยังใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ ได้อีกด้วย
สูตรที่มีจำหน่าย	จำหน่ายในรูปน้ำมัน 60 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัท เอฟ อี ชิลลิก จำกัด และ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เทพวัฒนา จำกัด

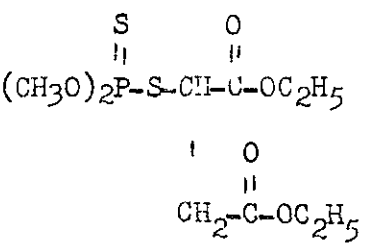
ไดเม็ทโธเอท

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ไดโควิน, ไดทอน, ไดไพเรท และเฮโทรโรซอน 40
ชื่อทางเคมี	O,O-dimethyl S-(N-methylcarbamoylmethyl) phosphorodithioate
ชื่ออื่น ๆ	ซายกอน, คาฟิน, ดีเฟน, ฟอสไธออน เอ็ม เอ็ม, เพอร์เฟค-ไธออน, โรเกอร์, รอกเซี่ยน และทไรเม็ทไธออน
สูตรโครงสร้าง	$(CH_3O)_2$ P(=S)-S-CH_2CONHCH$_3$
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลงและไร เป็นชนิดซึมเข้าต้นพืชได้
คุณสมบัติทางเคมี	ผลึกแข็ง สีขาว ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ เว้นแต่ในพีโตรเลี่ยมอีเทอร์และเฮกเซนเท่านั้น
ประโยชน์	ใช้ฉีดตามฝาเรือน โรงเลี้ยงสัตว์ เพื่อป้องกันกำจัดแมลงวัน นอกจากนั้นยังใช้กำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ ที่เป็นศัตรูของไม้ดอกไม้ประดับ พืชผักบางชนิด ฝ้าย แตงโม และถั่ว รวมทั้งพืชยืนต้นต่าง ๆ ด้วย
สูตรที่จำหน่าย	ของเหลวที่ละลายน้ำได้ 40 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรจน์กสิกิจ, บริษัทพาราวินเซอร์ จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยโลหภัณฑ์ และบริษัทศรีกรุงวัฒนาจำกัด

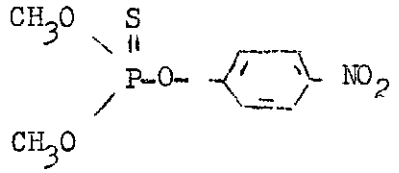
อีโธออน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	–
ชื่อทางเคมี	0,0,0,0-tetraethyl S,S-methylene bisphos - phorodithioate
ชื่ออื่น ๆ	อีโธแคน และกวิก
สูตรโครงสร้าง	$(C_2H_5O)_2$ P(=S)-S-CH_2-S-P(=S) $(OC_2H_5)_2$
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูพืช
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวสีขาวหรือสีขุ่นอ่อน ๆ ชนิดบริสุทธิ์ไม่มีกลิ่น ละลายได้ดีในชายลีน คลอโรฟอร์มและอาซีโตน
ประโยชน์	ป้องกันกำจัดแมลง ไรศัตรูพืช และเพลี้ยต่าง ๆ เช่น เพลี้ยแป้ง และเพลี้ยหอยได้ดี

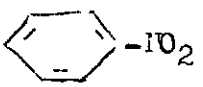
มาลาไธออน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	มาลาไธออน และมาลาไธออน 57
ชื่อทางเคมี	O,O-dimethyl S-(1,2-dicarbethoxyethyl) phosphorodithioate or O,O-dimethyl phosphorodithioate of diethylmercap tosuccinate
ชื่ออื่น ๆ	เมอร์แคบโตไธออน, คาโบฟอส, ซายไธออน, เฉมมาทอส, คาโบฟอส, ก็อบไธออน, คิบฟอส, มาลา สเปรย์, มาลามาร์, ไซโธออล, ฟายฟานธน และ เฉ็มแอลที
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวไม่มีสีหรือมีสีน้ำตาลอ่อน ละลายได้ดีในแอลกอฮอล์ และเฮกเซน
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลง และไรศัตรูของพืชชนิดต่าง ๆ ได้ดี
สูตรที่มีจำหน่าย	รูปของเหลวละลายน้ำได้ 57 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตและผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด และบริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรม จำกัด

เม็ทธิล พาราไธออน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	พาราเฟซ, บาร์ทอง เอ็ม 500, พารากอกและโปลาตอน
ชื่อทางเคมี	O,O-dimetyl-O-p-nitrophenyl phosphorothioate
ชื่ออื่น ๆ	พาราไธออน เม็ทธิล, กาล์ฟ, โฟลิตอล เอม, เมทตรอน, ไนตร็อกส์ 80, พาร์ตรอน เอ็ม และเท็คไธชา
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวสีน้ำตาลอ่อน กลิ่นเหม็นคล้ายกระเทียม ละลายในแอลกอฮอล์ คีโตน คลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ และอะโรเมติก ไฮโดรคาร์บอน ไกลคี แต่ไม่ละลายในน้ำ
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชหลายชนิด เช่น ด้วงงวงเจาะสมอฝ้าย
สูตรที่มีจำหน่าย	ของเหลวละลายน้ำได้ 50 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัท เอฟ อี ซิลลิก จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดเทพสยาม, ห้างหุ้นส่วนจำกัด ป. เคมีเกษตร และห้างหุ้นส่วนจำกัดสหัณฑ์กรุงเทพฯ

พาราไธออน

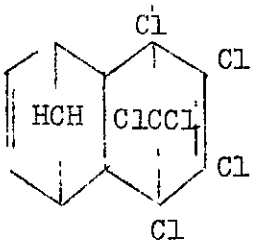
ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	อีกาทอกซ์, พานาซอน, พาราไธออน และกูมิฟอส
ชื่อทางเคมี	O,O-diethyl O-p-nitrophenyl phosphorothioate
ชื่ออื่น ๆ	แอลครอน, แอกเครอน, คลอโรไธออน, อี 605, เอ็ทธิลพารา-ไธออน, อีทิลธอน, โฟลิกอล, นิแรน, ออโธฟอส, แพนไธออน, พารามาร์, พาราซิน, พาราเว็ท, ฟอสคิล, โรเคียทอกส์, ไธปราไธออน, สแตคไธออน และไธโอฟอส
สูตรโครงสร้าง	$(C_2H_5O)_2$ S || P-O-  $-NO_2$
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลว สีน้ำตาลอ่อน หรือน้ำตาลเข้ม ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ
ประโยชน์	มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ ทั้งที่เป็นศัตรูและที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์
สูตรที่มีจำหน่าย	ของเหลวละลายน้ำได้มีทั้งเข้มข้น 50 และ 28 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทซานด็อกซ์จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดสหัณฑ์กรุงเทพฯ, บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรม และบริษัทที่เจซีเคมีจำกัด

ฟอสดริน

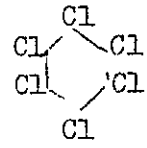
ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ฟอสดริน, ฟอสมิเรทและยูโรฟอส
ชื่อทางเคมี	dimethyl phosphate of methyl-3-hydroxy-cis-crotonate
ชื่ออื่น ๆ	เบวินฟอส, โอเอส 2046, ฟอสฟีนและเมไมท์
สูตรโครงสร้าง	$(CH_3O)_2 P\text{-}OC = CHCOOCH_3$ (O, CH_3)
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูพืช สามารถซึมเข้าลำต้นพืชได้
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวสีเหลืองหรือสีส้ม ละลายน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน ไรศัตรูพืช ตั๊กแตน หนอนคืบเพลี้ยจักจั่น และแมลงต่าง ๆ ที่เป็นศัตรูต่อพืชหลายชนิด
สูตรที่มีจำหน่าย	ของเหลวละลายน้ำได้เข้มข้น 24 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด, บริษัทไทยโลหะภัณฑ์จำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดลิ้มตี่ยงเชียง และบริษัท เอฟ อี ชิลลิก จำกัด

9. คุณสมบัติบางประการของวัตถุมีพิษชนิด คลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์

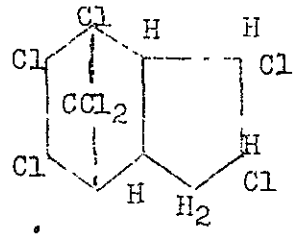
อัลดรินและดีลดริน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ออลดริน, ออลเดรกซ์ 40, เต่าทอง เฮ็มวัน และออลดริน 40
ชื่อทางเคมี	มีสารออกฤทธิ์ดังต่อไปนี้ ผสมอยู่คือ 1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro-1, 4, 4a, 5, 8, 8a, -hexahydro -1, 4, -endo -exo- 5, 8--dimethanonaphthalene ไม่น้อยกว่า 95 เปอร์เซนต์
ชื่ออื่น ๆ	ออลโครซอล, ไดรน็อกส์, ออกตาลีน และซีดริน
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลงเป็นชนิดที่มีฤทธิ์ตกค้างอยู่ได้นาน
คุณสมบัติทางเคมี	ของแข็ง สีขาวหรือสีน้ำตาลเข้ม ละลายได้ดีในอโรมาติค เอสเตอร์, คีโตน และพาราฟิน แต่ไม่ละลายในน้ำ
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่อยู่ในดิน แมลงศัตรูฝ้าย แมลงศัตรูพืช ที่ปลูก corn root worms, wireworms, white grubs และแมลงอีกหลายชนิด
สูตรที่มีจำหน่าย	ชนิดผงที่ละลายน้ำได้เข้มข้น 40 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด, บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด, ร้านอำนวยชัย และห้างหุ้นส่วนจำกัดกรุงเทพเคมีการเกษตร

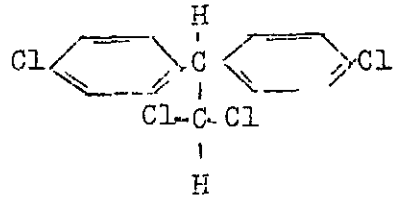
ลินเดน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	เซ็กกรีไซด์ และ เฮกซาโล
ชื่อทางเคมี	1,2,3,4,5,6 – hexachlorocyclohexane, gamma isomer
ชื่ออื่น ๆ	666 เน็มซาเฮกส์, เบนเซกส์, คอล, คลอมิกส์, เอชซีเอช, เฮกซาฟอร์, เฮกซิแคลน และ โซพรอไซด์
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในเบนซีนและในคลอโรฟอร์ม
ประโยชน์	ใช้กำจัดแมลงต่าง ๆ ที่เป็นศัตรูพืช
สูตรที่มีจำหน่าย	ผงละลายน้ำได้เข้มข้น 12 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทน	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด และบริษัทยิบอินซอย
จำหน่ายในประเทศไทย	และแย็คสจำกัด

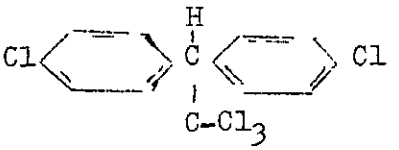
แกมมาคลอร์เดน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	สาม วี – 88, เทอร์ราซีก 40 และ คลอเดนดัสท์
ชื่อทางเคมี	1,2,4,5,6,7,8,8, – octachloro-2,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methanoindane
ชื่ออื่น ๆ	คลอร์เดน, คลอคิล, กอไรเดน, ออคตาคลอ, คิบคอ, ออโซคลอ, ซิงคลอ, ทอบพิคลอ 20 และ เวลซิคอล 1068
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลงชนิดถูกตัวตาย และกินตาย
คุณสมบัติทางเคมี	ของเหลวเหนียวหนืด สีเหลืองอ่อน ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชและแมลงศัตรูในเคหสถานได้หลายชนิด
สูตรที่จำหน่าย	ของเหลวละลายน้ำได้เข้มข้น 24 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี ซี เซ่งฮวดส่งเสริม, บริษัทพาราวินเธอร์ จำกัด และบริษัทแบลก ลีฟ โปรดัคท์

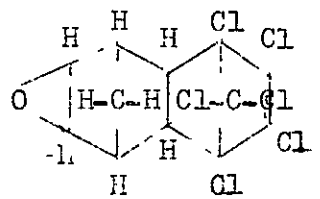
ดีดีดี

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	–
ชื่อทางเคมี	2, 2 –bis (p-chlorophenyl)-1, 1-dichloroethane
ชื่ออื่น ๆ	ดีดีดี และ โรเธน
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ผลึกแข็ง สีขาว เกือบจะไม่มีรส ไม่มีกลิ่น ละลายในอาซีโตน และเมทธิลเอ็ทธิลคีโตน
ประโยชน์	มีประสิทธิภาพคล้าย ดีดีที แต่มีพิษน้อยกว่าดีดีที 10 เท่า ไม่ควรใช้วัตถุมีพิษชนิดนี้ฉีดหรือพ่นที่ตัวสัตว์ หรือในโรงเลี้ยงสัตว์
สูตรที่มีจำหน่าย	–

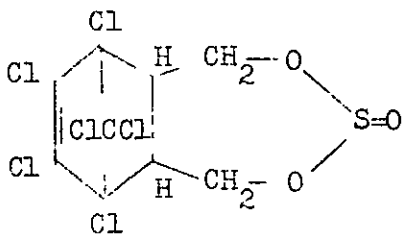
ดีดีที
DDT

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ดีดีที 35, ดีดีที 100 % (โกดาก), ดีดีที 35 อี, เพสไคน์ 250 และ ทวิน ดีดีที 25 อีแอล
ชื่อทางเคมี	dichloro diphenyl trichloroethane, isomer ที่สำคัญคือ 1,1,1 – trichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethane
ชื่ออื่น ๆ	อโนเฟกส์, เคเคสโล, เจนิทอกส์ เกซาพอน, เกซาเร็กส์, เกซารอล, จายรอน, ไอโซเด็กส์, ก็อบซอล, พีโอซิด, เพนต้าคลอริน, รัคซีบ และ เซอร์เคน
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	มีคุณสมบัติคงอยู่ได้นานมาก เกือบจะไม่ระเหยเลย และละลายได้ดีใน nonpolar organic solvents ต่าง ๆ
ประโยชน์	ใช้ผสมกับสีทาบ้าน ไม่นิยมใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากแมลงหลายชนิดสามารถสร้างความต้านทาน และเกิดการระบาดของไรแดงอีกด้วย
สูตรที่มีจำหน่าย	ของเหลวละลายน้ำได้เข้มข้น 35 เปอร์เซนต์ และ 20 เปอร์เซนต์ และชนิดผงละลายน้ำได้เข้มข้น 100 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทนิวเอเชีย เคมีคัล จำกัด, บริษัทกรุงเทพส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด และบริษัทเสรีเคมีเกษตรจำกัด และบริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรม และบริษัทเสรีเคมีเกษตรจำกัด ตามลำดับ

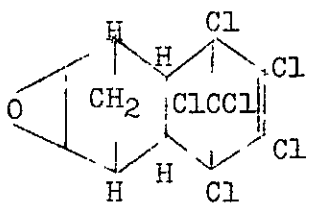
ดีลดริน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	ดีลดริน, อลาดริน 400, ดีลเด็กซ์ 50 และไทลอป
ชื่อทางเคมี	1, 2, 3, 4, 10, 10 – hexachloro-exo-6, 7-epoxy-1,4 4a, 5, 6, 7, 8, 8a-octahydro 1,4-endo-exo-5,8-dimethanonaphthalene with not over 15 % of related compounds
ชื่ออื่น ๆ	แอลวิน, ดิลไดรท์, ออคตาล็อกซ์ และ พาโนแรม ดี – 31
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	เกล็ดแข็งสีขาว หรือสีน้ำตาลอ่อน มีกลิ่นเหม็น ไม่ละลายในน้ำ ละลายได้บางเล็กน้อยในตัวทำละลายอินทรีย์ต่าง ๆ
ประโยชน์	มีคุณสมบัติทั้งถูกตัวตายและกินตาย มีปฏิกริยาในการกำจัดแมลงช้า แต่มีพิษตกค้างได้นาน ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงได้หลายชนิด เช่น แมลงที่อาศัยในดิน แมลงศัตรูฝ้าย ปลวก เพลี้ยไฟ ฯลฯ
สูตรที่จำหน่าย	ผงละลายน้ำได้เข้มข้น 50 และ 40 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเจียไต๋ส่งเสริมเกษตรกรรมจำกัด, บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด และห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยโลหะณัฐ (50 %) และห้างหุ้นส่วนจำกัดศรีเจริญพานิชพิจิตร (40 %)

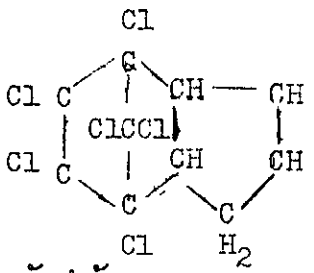
เอนโดซัลแฟน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	โลวิธัน, ไธโอแกนและธีโอดาน เป็นต้น
ชื่อทางเคมี	6,7,8,9,10,10 –hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hydro -6,9-methano-2,4,3,-benzo(c)-dioxathiepin-3-oxide
ชื่ออื่น ๆ	คลอไธอีพิน, ชายกโลแดน, โฮ 2671, อินเซ็กโตฟิน, กอบไธโอแดน, มาลิคส์, ไธฟอร์, ไธมัล, ไธโอเม็กซ์ และไธโอแดน
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ชนิดเทคนิคกอลนั้นมี 2 ไอโซเมอร์ผสมกันอยู่ ไม่ละลายในน้ำ
ประโยชน์	ใช้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ ด้วงปีกแข็ง หนอนกินใบพืช ไรศัตรูพืช ด้วงเจาะต้นพืช หนอนกินใบพืช แมลงหวี่ขาว เพลี้ยกระโดด และทากที่ทำลายไม้ผล
สูตรที่จำหน่าย	ชนิดผงละลายน้ำได้เข้มข้น 40 เปอร์เซนต์ และชนิดน้ำมันความเข้มข้นสูง (EC) 35 เปอร์เซนต์ตามลำดับ
บริษัทผู้ผลิต	บริษัท เฮิกซ์ไทยจำกัด

เอนดริน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	เอนเดรก๊กซ์, ไฮรีน, ซุปเปอร์ ไฮเรท, จินเดรก๊กซ์, เอนไดน์, วันทอป และ คาร์ลาวิน
ชื่อทางเคมี	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 หรือ hexachlorocpoxyoctahydro-endo, endo-dimethanonapthalene
ชื่ออื่น ๆ	เฮกซาดริน, เบนดริน
สูตรโครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ผงคล้ายแป้ง สีขาว หรือน้ำตาลอ่อน ๆ มีกลิ่นเล็กน้อย ละลายในเบนซีนและอาซีโตน แต่ไม่ละลายในน้ำ
ประโยชน์	ใช้ป้องกันกำจัดแมลงได้หลายชนิด เช่นแมลงที่เป็นศัตรูพืชไร่ต่าง ๆ เช่น ฝ้าย พืชผักและพืชยืนต้น
สูตรที่มีจำหน่าย	น้ำมันความเข้มข้นสูงเข้มข้น 20 และ 19.5 %
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเชลล์แห่งประเทศไทยจำกัด, บริษัทศรีกรุงวัฒนาจำกัด, บริษัทที เจ ซี เคมีจำกัด, ห้างหุ้นส่วนจำกัดสหายเกษตรฯ, ห้างอี้ยงจั่ง, ห้างหุ้นส่วนจำกัดไทยโลหะภัณฑ์ส่งเสริมเกษตรกรรม (20 %) และห้างหุ้นส่วนจำกัดเกรษฐเคมี, บริษัทสหภัณฑ์ส่งเสริมเกษตร และห้างศรีเจริญพานิช (19.5 %)

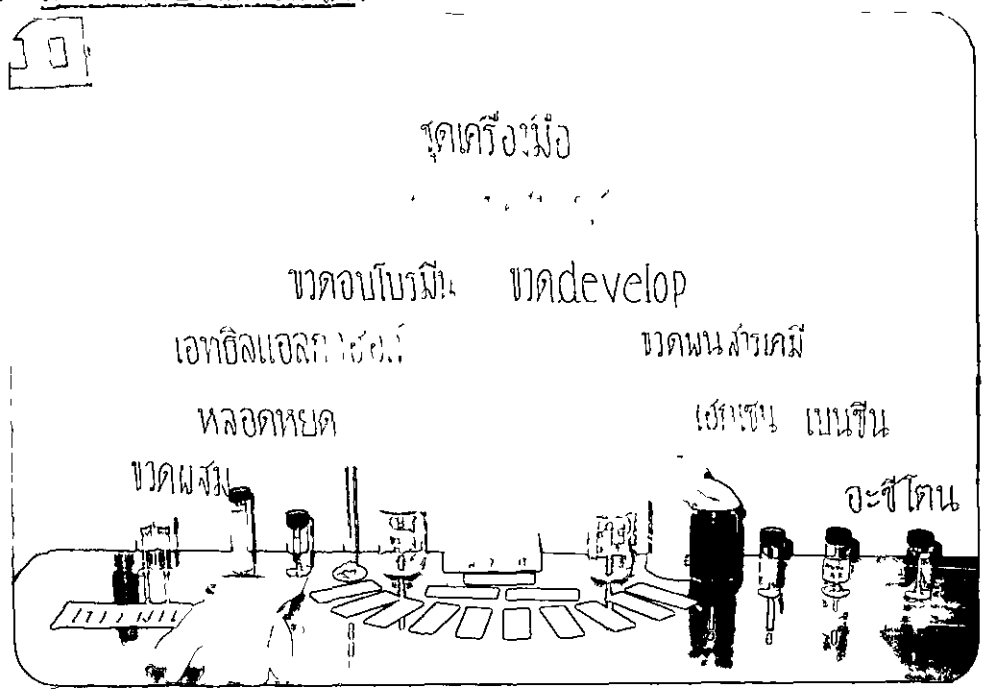
เฮปตาคลอร์

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	เฮพตาไพริน, อาลาบอน 40, เฮปตาคลอ 40 เป็นต้น
ชื่อทางเคมี	1,4,5,6,7,8- hexachloro-3a,4,7,7a-tetra hydro-4,7-methanoindane
ชื่ออื่น ๆ	เฮปตามัล, ไดรนอกส์ เอช – 34, เวลสิคอล 104 และ อี 3314
โครงสร้าง	
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของแข็งสีขาว ละลายได้ดีในเบนซิน, ไซลีน, อาซีโตน, เฮกเซน และน้ำมันก๊าดตามลำดับ แต่ไม่ละลายในน้ำ
ประโยชน์	มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูที่อยู่ในดินและแมลงศัตรูพืชอื่น ๆ แต่ไม่เหมาะที่จะใช้กับพืชผักต่าง ๆ เนื่องจากมีพิษตกค้างในผลิตผล
สูตรที่จำหน่าย	ชนิดผงละลายน้ำได้เข้มข้น 40 เปอร์เซนต์
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทสหกรณ์กรุงเทพ จำกัด, บริษัท ที เจ ซี เคมี จำกัด และบริษัทพาร์โก จำกัด

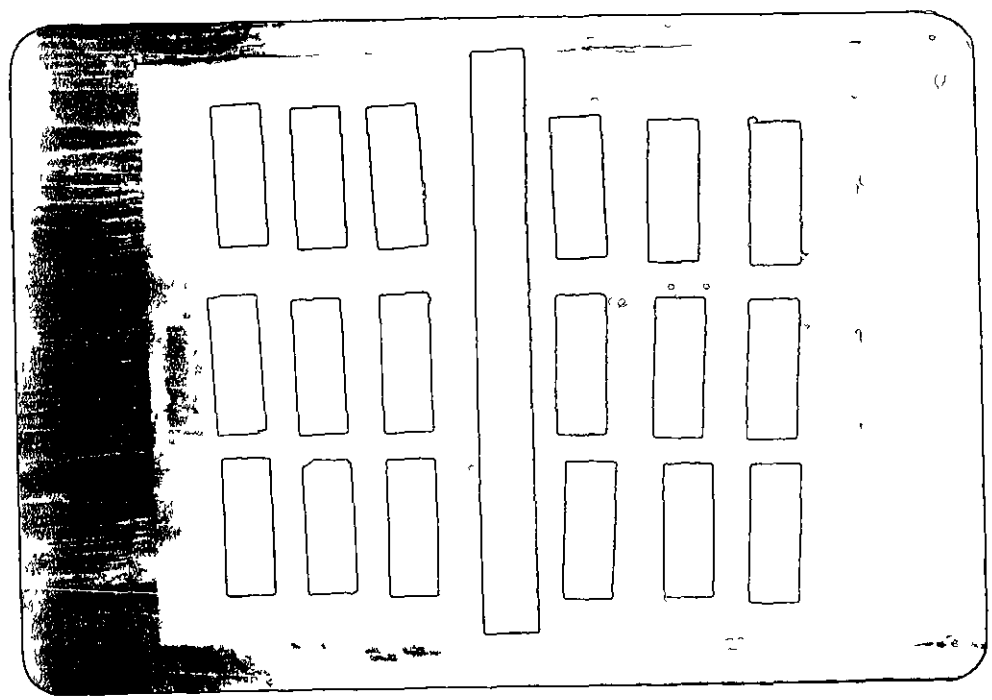
ท็อกซาฟีน

ชื่อทางการค้าในประเทศไทย	แม็ฟีน 60 %, เพสไทน์, เฟอร์เมอร์ท็อกซ์ และท็อกไฟน์
ชื่อทางเคมี	chlorinated camphene (content of conbined chlorine 67-69 %)
ชื่ออื่น ๆ	โพลีคลอโรแคมฟีน, คลอเดม ที – 590 ฟีนาไซก์, ฟีนาท็อกส์, สโตรเบนที และท็อกซาฟิล
ชนิด	ป้องกันกำจัดแมลง
คุณสมบัติทางเคมี	ของแข็งคล้ายขี้ผึ้ง สีขาวอ่อน ไม่ละลายในน้ำและแอลกอฮอล์ แต่จะละลายได้ดีในอาซีโตน เบนซีน คาร์บอนเตตราคลอไรด์
ประโยชน์	แมลงเลียชีวิตได้เมื่อถูกวัตถุมีพิษนี้ แต่ไม่ควรใช้กับพืชพวกแตง และยาสูบ เพราะจะทำให้พืชตายได้
สูตรที่มีจำหน่าย	ชนิดน้ำมันความเข้มข้นสูง 40 % และ 60 %
บริษัทผู้ผลิตหรือผู้แทน จำหน่ายในประเทศไทย	บริษัทเจียไต๋สงเสริมเกษตรกรรมจำกัด, บริษัทไทยโลหภัณฑ์ ไทยโลหภัณฑ์ และบริษัท เอฟ อี ซิคลิก จำกัด (40 %), และบริษัท ยู เอส อัมมิท (โอเวอร์ซีส์) จำกัด (60 %)

10. ภาพประกอบจากการทดลอง

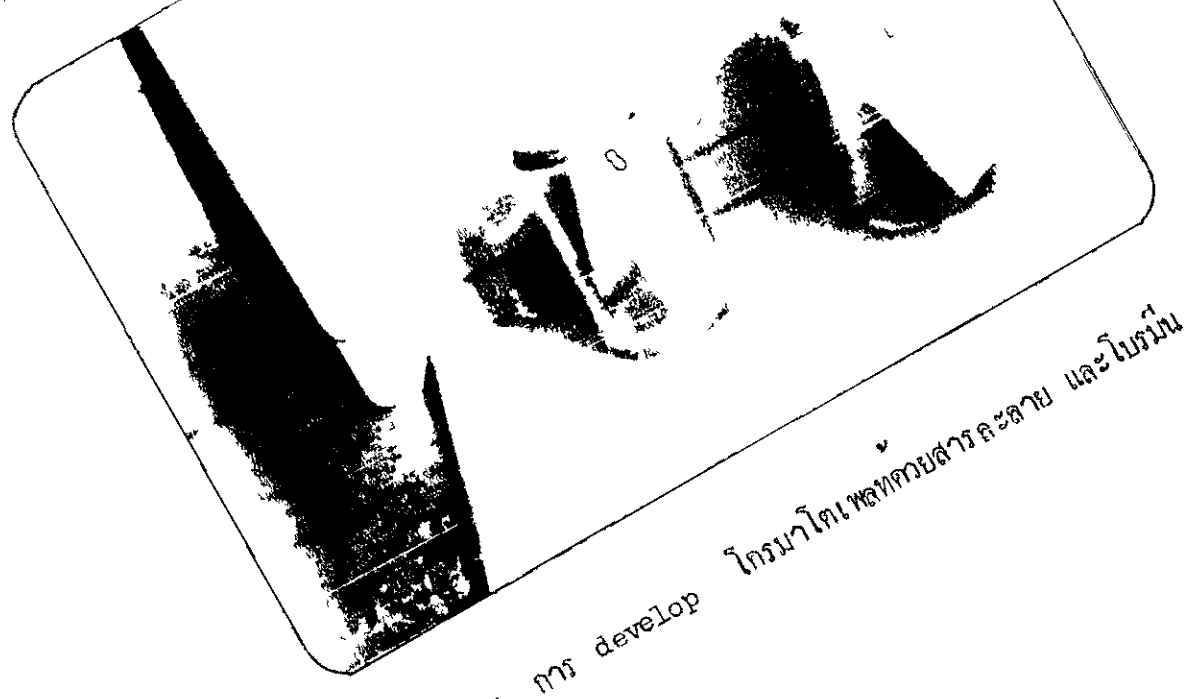


ภาพ 8 ชุดเครื่องมือที่ใช้ทดลองตรวจออร์กาโนฟอสฟอรัสอย่างง่าย

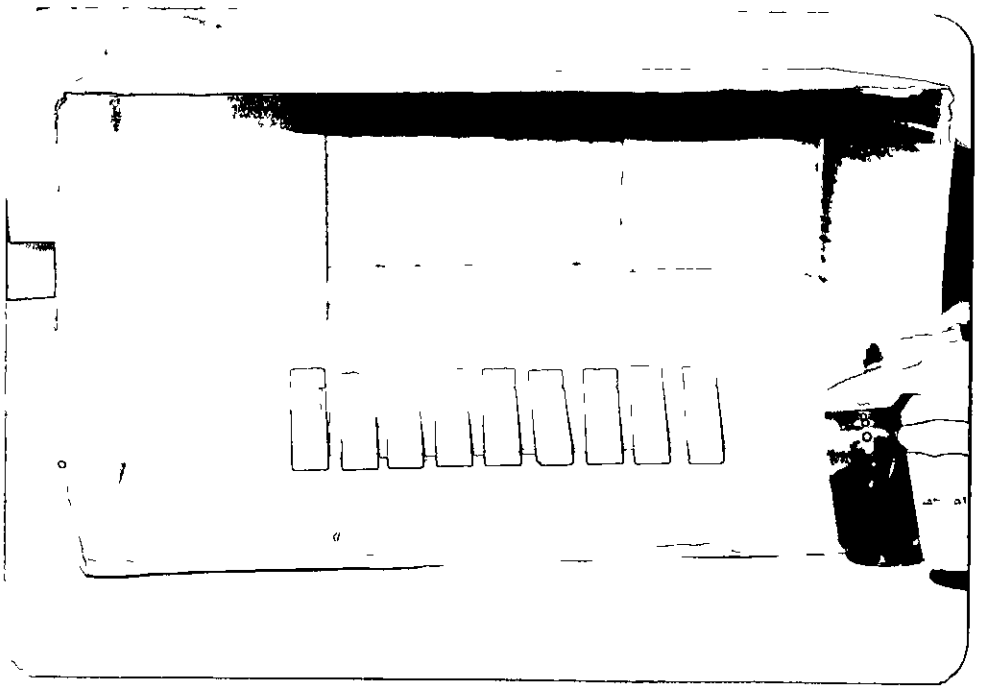


ภาพ 9 ไมโครสไลด์ที่เคลือบแล้วใช้ตรวจออร์กาโนฟอสฟอรัสและคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ตามลำดับ (จากซ้ายไปขวา)

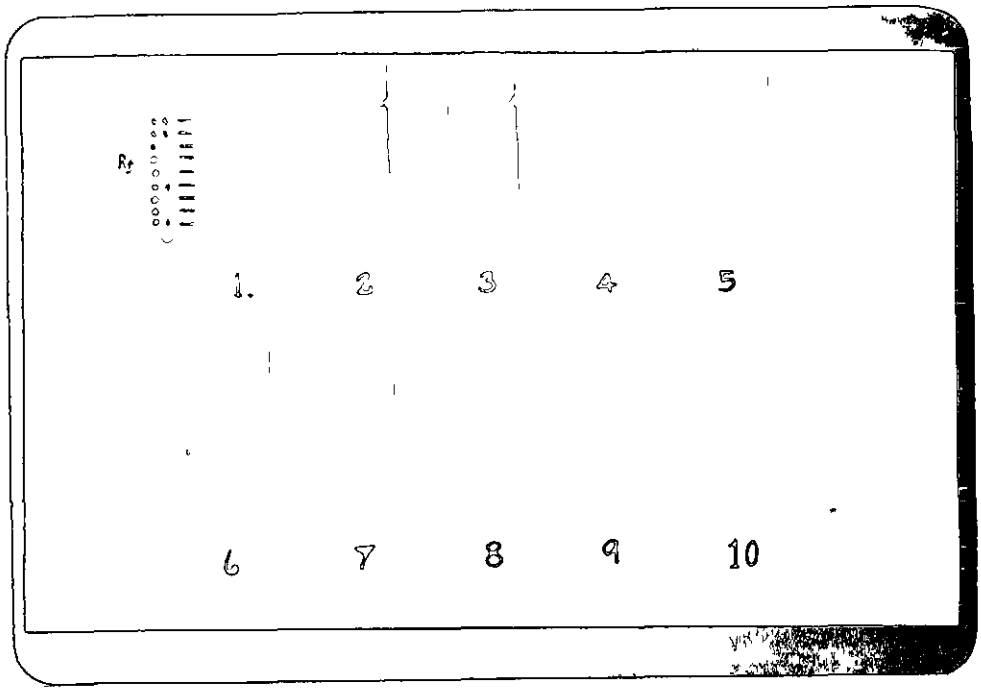
ภาพ 10 การหยดสาร[illegible] ลงไปบนแถบกระดาษทดสอบสารเคมีเล็ก



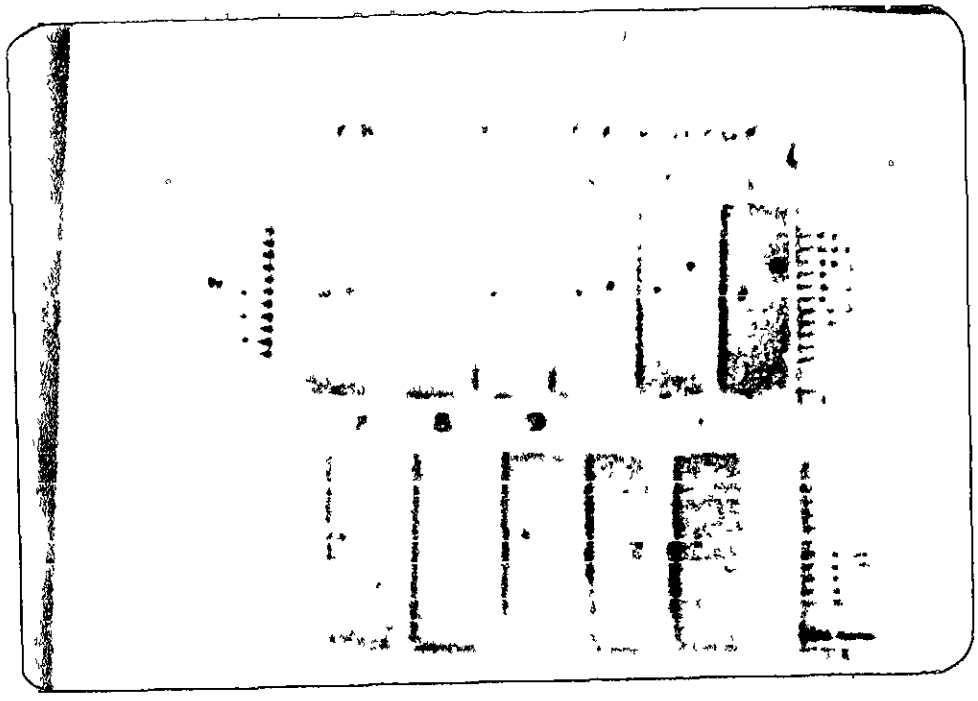
ภาพ 11 การ develop โครมาโตแกรมด้วยสารละลาย และโบรมีน



ภาพ 12 การพิมพ์โครมาโตเพลทด้วยสารทำให้เกิดสี



ภาพ 13 TLC - chromatogram ของวัตถุมีพิษชนิดออร์กาโนฟอสฟอรัส ซึ่งหยด
เทียบค่าสัดส่วนสัมพัทธ์กับอีไธออนและอาโซดรินตามลำดับ (จากบนมาล่าง)
สารละลายตัวพาเคลื่อน : เฮกเซน/อะซีโตน, 4/1
(1 = อีไธออน, 2 = มาลาไธออน, 3 = พาราไธออน,
4 = ดีดีวีพี, 5 = ไกอาซินอน)
สารละลายตัวพาเคลื่อน : 95 % เอทธิลแอลกอฮอล์/เบนซีน (1/1)
(6 = อาโซดริน, 7 = ไกเม็ทโธเอท, 8 = ฟอสดริน,
9 = เม็ทธิลพาราไธออน, 10 = ไบดริน)
สารทำให้เกิดสี : โบรมีนและบรอมฟีนอล บลู สเปรย์ รีเอเจนต์



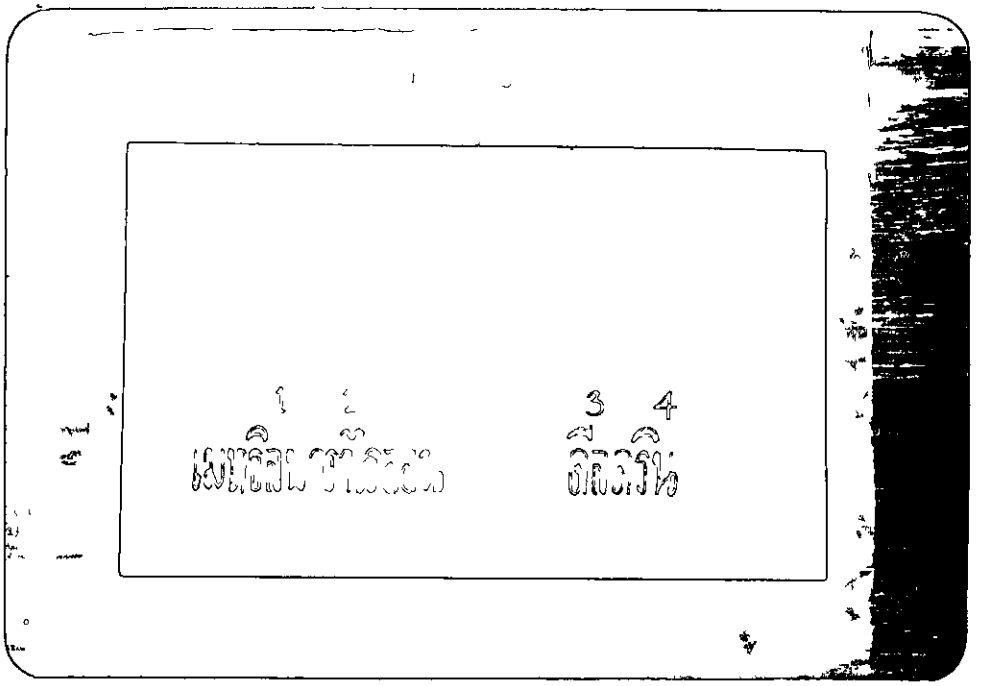
ภาพ 14 TLC - chromatogram ของวัตถุมีพิษชนิดคลอริเนตเต็ด ไฮโดรคาร์บอนส์ ซึ่งหยดเทียบค่าสัดส่วนสัมพัทธ์กับดีดดริน และออลดริน ตามลำดับ (จากบนมาล่าง)

สารละลายตัวพาเคลื่อน : เอ็ทธิลอะซีเตด/เบนซีน (2/3)

(1 = ดีลดริน, 2 = ดีดีที, 3 = เอนโดซัลเฟน, 4 = ลินเดน, 5 = ทอกซาฟีน, 6 = กลอร์เดน)

สารละลายตัวพาเคลื่อน : เอ็ทธิลอะซีเตด/เฮกเซน (1/9)

(7 = ออลดริน, 8 = เอนดริน, 9 = ดีดีที, 10 = เฮปต้าคลอร์, 11 = ทีดีอี)



ภาพ 15 TLC - chromatogram แสดงการตรวจปริมาณของสารออกฤทธิ์เม็ทธิลพาราไธออน และดีลดรินจากวัตถุมีพิษที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงหมัดหมัดทางการค้าว่า พานาคอล และอลาดริน 400 ตามลำดับ (1 = สารเม็ทธิลพาราไธออน 1 และ 2 ไมโครกรัม, 2 = สารเม็ทธิลพาราไธออน และสารออกฤทธิ์เม็ทธิลพาราไธออนจากพานาคอล 3 ไมโครกรัม, 3 = สารดีลดริน 1 และ 2 ไมโครกรัม, 4 = สารดีลดรินและสารออกฤทธิ์ดีลดรินจากอลาดริน 400 อย่างละ 3 ไมโครกรัม