

การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
ปริมาณน้อยตกค้างในน้ำโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี
Trace Analysis of Organophosphorus Pesticide Residues
in Water by Gas Chromatography



दनई तलडुडडनी

Danai Tipmanee

๑

เลขทงุ	SB๑๕๑	๑๖๖	25๔3	๑.2
Bib Key	207775			
	1 2 ส.ท. 2544			

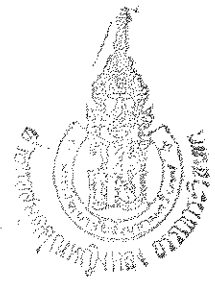
วलयานลพณธวलयศาสตรมหาบัณทลต สาขาวิชาเคมลวเลราะห

มหาวิทยาลัยสงขลานครลนทร

Master of Science Thesis in Analytical Chemistry

Prince of Songkla University

2543



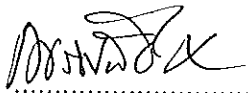
ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
 ปริมาณน้อยตกค้างในน้ำโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

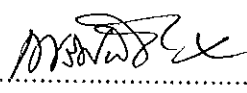
ผู้เขียน นายदनัย ทิพย์มณี

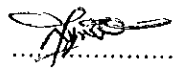
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์


คณะกรรมการที่ปรึกษา

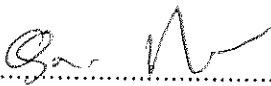
คณะกรรมการสอบ

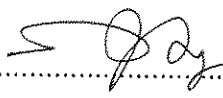

ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.เวริศพิชญ์ คณาธารณา)


ประธานกรรมการ
 (รองศาสตราจารย์ ดร.เวริศพิชญ์ คณาธารณา)

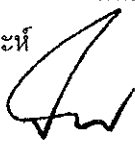

กรรมการ
 (ดร. สุนทร พิพิธแสงจันทร์)


กรรมการ
 (ดร. สุนทร พิพิธแสงจันทร์)

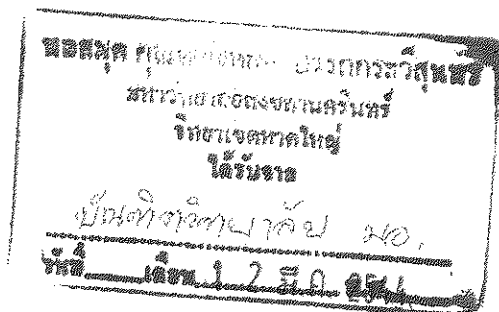

กรรมการ
 (ดร. อุดม จริงจิต)


กรรมการ
 (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ พาณิชยุปการนันท์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
 ศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์



 (รองศาสตราจารย์ ดร. ปิติ ทฤษฎีคุณ)
 คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



ชื่อวิทยานิพนธ์ การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
 ปริมาณน้อยตกค้างในน้ำโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี
ผู้เขียน นายदनัย ทิพย์มณี
สาขาวิชา เคมีวิเคราะห์
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 6 ชนิดที่ใช้ในการศึกษานี้ได้แก่ เมทนามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมโทเธต เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออน และเฟนไรออน เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้ในการกำจัดศัตรูพืชเนื่องจากสลายตัวได้เร็วและตกค้างในสิ่งแวดล้อมในปริมาณที่ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของตัวตรวจวัดของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี ดังนั้นการวิเคราะห์จึงต้องผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำคือ สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต 3 ครั้งปริมาตรครั้งละ 100.0 มิลลิลิตร (3x100.0 มิลลิลิตร) ใช้อัตราส่วน สารตัวอย่างต่อตัวทำละลายอินทรีย์ 3:1 สกัดครั้งละ 5 นาที เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำ 1.0 ลิตรเป็น salting out วิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีคอลัมน์ PE-1 และตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส ที่สภาวะการทดลองที่เหมาะสมคือ อัตราการไหลของแก๊สตัวพา (ฮีเลียม) 8 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราการไหลแก๊สไฮโดรเจนและอากาศเป็น 2 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ อุณหภูมิคอลัมน์ทำโปรแกรมโดยอุณหภูมิเริ่มต้น 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 250 องศาเซลเซียสด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิหัวฉีด 250 องศาเซลเซียสอุณหภูมิของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส 280 องศาเซลเซียส ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 66 - 98 ยกเว้นเมทนามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส ค่าเบี่ยง

เบนมาตรฐานสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่า 10 % ซีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดต่ำกว่า 0.1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

การทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งซึ่งใช้สถานะที่เหมาะสมคือ ผ่านตัวอย่างน้ำเข้าสู่ ENVI-18 cartridge ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวชะที่เหมาะสมคือเฮกซะอซิเตด 5.00 มิลลิลิตร เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำ 100.0 มิลลิลิตรเป็น salting out ได้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสอยู่ในช่วง 70-98 ยกเว้นเมตามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่า 10 % ซีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดต่ำกว่า 0.1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการสกัดระหว่างเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายและการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็ง พบว่าประสิทธิภาพการสกัดใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามเทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็งจะมีข้อดีเหนือกว่าเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายกล่าวคือจะใช้เครื่องมือง่าย ๆ สามารถเตรียมตัวอย่างได้หลายตัวในเวลาเดียวกัน ลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์จำนวนมากรวมทั้งลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีร่วมกับเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอดอนเนียง จังหวัดสงขลา ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 ตรวจพบเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนในพื้นที่เกษตรกรรมทุกช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างโดยมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.02-1.91 และ 0.03-1.65 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนเมตามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทไรเอทจะตรวจพบปริมาณอยู่ในช่วง 0.28-0.55, 0.18-1.01 และ 0.03-0.85 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่พบเฟนไรออนตกค้างในทุกตัวอย่าง

Thesis Title Trace Analysis of Organophosphorus Pesticide Residues
 in Water by Gas Chromatography

Author Mr.Danai Tipmanee

Major Program Analytical Chemistry

Academic Year 2000

Abstract

Organophosphorus pesticides (OPs) such as methamidophos, monocrotophos, dimethoate, methyl-parathion, malathion and fenthion, have been widely used for protection of crops. These chemicals are believed to be easily degraded in the environment. Because of this the amount of the pesticides is too low to allow reliable detection by means of gas chromatography, therefore, a preconcentration step is required. The first method is to increase the concentration of OPs with the Liquid-Liquid Extraction (LLE) technique. The optimal way is to use ethyl acetate as the organic solvent (3x100.0 ml.), extract three times with a sample to solvent ratio of 3:1, apply an equilibrium time of 5 min and salt it out in 1.0 l. water with sodium chloride. The residue is analyzed by gas chromatograph with capillary column (PE-1), equipped with a nitrogen-phosphorus detector (GC-NPD) with the optimum conditions as the following: the carrier gas (He) has a flow rate of 8.0 mlmin⁻¹, flow rates of air and hydrogen are set at 100 and 2.0 mlmin⁻¹, respectively, the column temperature is programmed at the initial temperature of 150 °C for 3 min, and final temperature of 250 °C with the increasing temperature at 8°Cmin⁻¹, the injector and detector operate at 250 and 280°C, respectively. Recoveries for purified water spiked with OPs standard at 10 µg l⁻¹ varied from 66-98 % with a RSD of less than 10%, except for methamidophos and monocrotophos. Detection limits were lower than 0.1 µg l⁻¹.

The second method for preconcentration is the Solid-Phase Extraction (SPE) technique. The optimum condition were obtained i.e. 100.0 ml of water sample containing 20 % NaCl passed at flow rate 8 mlmin⁻¹ through Envi-18 cartridge using a vacuum. The cartridge is dried by N₂ for 15 min, The residues are eluted with 5 ml. of ethyl acetate. Recoveries for purified water spiked with OPs standard at 10 µg l⁻¹ varied from 70-98% with a RSD of less than 10%, except for methamidophos and monocrotophos. Detection limits were lower than 0.1 µg l⁻¹.

The recoveries of conventional LLE were compared with those of the novel SPE method. The recoveries obtained by the SPE and LLE method were not significantly different. However, the SPE method has advantage over than LLE method due to its simplicity, shorter processing time and substantial solvent saving.

Preconcentration method (LLE) and GC-NPD was applied to study residual pesticides in surface and ground water in the Rattaphum watershed, Songkhla province during October 1998 - November 1999. The result showed that methyl-parathion and malathion were widespread in all agro-systems . The levels of pesticide residues found , ranged widely , from 0.02-1.91 µg l⁻¹ for methyl parathion , from 0.03-1.65 µg l⁻¹ for malathion , from 0.28-0.55 µg l⁻¹ for methamidophos , from 0.18-1.01 for monocrotophos , and from 0.03-0.85 µg l⁻¹ for dimethoate. Fenthion were not detected in any sample.

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ได้รับความกรุณาจากรองศาสตราจารย์ ดร. เพรศพิชญ์ คณาธารณา อาจารย์ที่ปรึกษาซึ่งให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ผลักดันให้ผู้ทำวิทยานิพนธ์ดำเนินงานได้สำเร็จลุล่วง และ ดร. สุนทร พิพิธแสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ให้คำแนะนำคำปรึกษาที่มีประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ผู้ทำวิทยานิพนธ์จึงขอกราบขอบพระคุณท่านทั้งสองไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่าน เพื่อน พี่น้องภาควิชาเคมีและภาควิชาฟิสิกส์ทุก ๆ คนที่ให้ความช่วยเหลือตลอดการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งบุคลากรภาควิชาเคมีทุกท่านที่ให้ความสะดวกในเรื่องอุปกรณ์และสารเคมี

ขอบคุณคณะกรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านที่กรุณาเสนอแนะเพิ่มเติมทำให้วิทยานิพนธ์มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอบคุณอาจารย์และบุคลากรทุกท่านในโครงการภายใต้ Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR project 9545) รัฐบาลประเทศออสเตรเลียที่ให้การสนับสนุนในโครงการวิจัยภายใต้ ACIAR project 9545

สุดท้ายนี้ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบคุณ คุณปรีชาและสำเนา ทิพย์มณี น้องทั้งสองคน รวมทั้งญาติ ๆ ที่ให้ความสนับสนุนทั้งกำลังกาย กำลังใจ รวมถึงกำลังทรัพย์ และอดทนรอคอยจนถึงวันที่สำเร็จลุล่วง

दनัย ทิพย์มณี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพประกอบ	(16)
บทที่	
1 บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	8
วัตถุประสงค์	20
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	20
ขอบเขตของการศึกษา	21
2 วิธีการวิจัย	
วัสดุและสารเคมี	22
เครื่องมือและอุปกรณ์	23
วิธีดำเนินการ	
1. ศึกษาสภาวะการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม	24
ออร์กาโนฟอสฟอรัส	
2. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกัน	29
กำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดย	
เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE)	

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE) 33
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง 36
5. คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอดวนเนียง จังหวัดสงขลาโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี 37

3 ผลและการอภิปรายผล

1. ศึกษาสภาวะการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 44
2. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE) 90
3. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE) 119
4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง 138

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5. คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอ รัตภูมิและอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลาโดยเทคนิค แก๊สโครมาโตกราฟี	143
4 บทสรุป	170
บรรณานุกรม	174
ภาคผนวก	182
ประวัติผู้เขียน	190

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. สถานที่เก็บตัวอย่างและประเภทของตัวอย่างน้ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเขต อำเภอรัตภูมิ และอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา	42
2. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สตัวพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	52
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นของการโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์กับค่ารีเทนชันไทม์และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	57
4. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้ายของการโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์กับค่ารีเทนชันไทม์และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	57
5. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นคงที่ของการโปรแกรมอุณหภูมิกอลัมน์กับค่ารีเทนชันไทม์และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	58
6. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มอุณหภูมิการโปรแกรมอุณหภูมิกอลัมน์กับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	58
7. แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด	61
8. แสดงค่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	63
9. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของตัวตรวจวัดกับขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด	68
10. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดกับค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	71
11. ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	75
12. แสดงค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	78

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
13. ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส	82
ต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	
14. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัด	83
ศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดกับค่าอัตราส่วนความสูง	
ของพีระหว่างสารผสมมาตรฐานกับ internal standard	
15. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	90
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร	
เมื่อใช้ตัวทำลาย 3 ชนิด	
16. แสดงสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	93
ทั้ง 6 ชนิด	
17. แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำลายที่ใช้ในการสกัด	95
ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิล- พาราไรออน	
18. แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำลายที่ใช้ในการสกัด	96
ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของมาลาไรออน	
19. แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำลายที่ใช้ในการสกัด	96
ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเฟนไรออน	
20. ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ	100
สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	
21. ผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน	103
ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	
22. ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน	107
ของการเตรียมตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น	
10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร	

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
23. ช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	111
24. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	112
25. แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของการเตรียมตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร	119
26. แสดงผลของอัตราการไหลของสารตัวอย่างที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร	123
27. ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร	127
28. ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	130
29. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดกับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด	131
30. แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนระหว่างเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE) กับเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE)	138

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
31. ปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไรออนที่ตกค้างในน้ำตัวอย่าง บริเวณสวนยางพาราในคอมสร้างตัวเองรัษฎุมิในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	144
32. ปริมาณสะสมของมาลาไรออนที่ตกค้างในน้ำตัวอย่าง บริเวณสวนยางพาราในคอมสร้างตัวเองรัษฎุมิในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	145
33. ปริมาณสะสมของเมทามิโดฟอส บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	147
34. ปริมาณสะสมของไดเมทโรเอท บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	148
35. ปริมาณสะสมของโมโนโครโตฟอส บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	149
36. ปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไรออน บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542	150
37. ปริมาณสะสมของมาลาไรออน บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระ ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	151
38. ปริมาณสะสมของเมทามิโดฟอส บริเวณสวนผักตำบลบางเหริยง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	154
39. ปริมาณสะสมของโมโนโครโตฟอส บริเวณสวนผักตำบลบางเหริยง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	155
40. ปริมาณสะสมของไดเมทโรเอท บริเวณสวนผักตำบลบางเหริยง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	156

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
41. ปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไฮดรอน บริเวณสวนผักตำบลบางเหริยง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	157
42. ปริมาณสะสมของมาลาไฮดรอน บริเวณสวนผักตำบลบางเหริยง ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542	158
43. แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนตุลาคม พ.ศ.2541)	163
44. แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2542)	164
45. แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนมิถุนายน พ.ศ.2542)	165
46. แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนตุลาคม พ.ศ.2542)	166
47. แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2542)	167
48. สรุปปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดินตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 – เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542	168
49. แสดงผลของฤดูกาลที่มีต่อปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ	169

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. โครงสร้างสารประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัสเอสเทอร์	11
2. โครงสร้างสารประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส	12
3. แสดงขั้นตอนการทำให้ Envi-18 cartridge แห้ง ด้วยเครื่องสกัด visiprep solid phase extraction vacuum manifold	34
4. แผนที่จุดเก็บตัวอย่างรวมทั้งชนิดของจุดเก็บตัวอย่าง	38
5. พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนยางพาราในคมสร้างตนเองรัตภูมิ	39
6. พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	40
7. พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง	41
8. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับความ สูงของเพลตทางทฤษฎีของเมทามิโดฟอส	59
9. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับความ สูงของเพลตทางทฤษฎีของโมโนโครโตฟอส	59
10. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับความ สูงของเพลตทางทฤษฎีของไดเมทโรเอท	50
11. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับความ สูงของเพลตทางทฤษฎีของเมทิล-พาราไรออน	50
12. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับความ สูงของเพลตทางทฤษฎีของมาลาไรออน	51
13. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับ ความสูงของเพลตทางทฤษฎีของเฟนไรออน	51
14. เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ทั้ง 6 ชนิด	54
15. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอลัมน์กับค่ารีเทนชันไทม์	59
16. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอลัมน์กับค่าสัญญาณที่ ได้จากตัวตรวจวัด	59

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
17. แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	62
18. แสดงโครงสร้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด	65
19. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของตัวตรวจวัดกับค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด	68
20. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อเมทามิโดฟอส	72
21. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อโมโนโครโตฟอส	72
22. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อไดเมทโรเอท	73
23. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อเมทิล-พาราไรออน	73
24. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อมาลาไรออน	74
25. แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อเฟนไรออน	74
26. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของเมทามิโดฟอส	83
27. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของโมโนโครโตฟอส	83
28. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของไดเมทโรเอท	84
29. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของเมทิล – พาราไรออน	84
30. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของมาลาไรออน	85

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
31. แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของเฟนโรฮอน	85
32. แสดงโครงสร้างของสารไตรฟีนิลฟอสเฟต	87
33. แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและไตรฟีนิลฟอสเฟต	89
34. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดจากตัวทำละลาย 3 ชนิด คือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตต	91
35. แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	97
36. ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	101
37. แสดงผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส	104
38. เศษส่วนของตัวถูกละลายในน้ำเมื่อทำการสกัด n ครั้ง	105
39. ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร	108
40. กราฟมาตรฐานของเมทามิโดฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	113
41. กราฟมาตรฐานของโมโนโครโตฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	113
42. กราฟมาตรฐานของไดเมทโรเอทที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	114
43. กราฟมาตรฐานของเมทิล-พาราโรฮอนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	114

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
44. กราฟมาตรฐานของมาลาไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	115
45. กราฟมาตรฐานของเฟนไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	115
46. แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE	118
47. ผลของตัวชะที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร	120
48. ผลของอัตราการไหลของสารตัวอย่างที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัด	124
49. ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร	128
50. กราฟมาตรฐานของเมทามิโดฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	132
51. กราฟมาตรฐานของโมโนโครโตฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	132
52. กราฟมาตรฐานของไดเมทโรเอทที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	133
53. กราฟมาตรฐานของเมทิล-พาราไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	133
54. กราฟมาตรฐานของมาลาไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE ของมาลาไรออน	134
55. กราฟมาตรฐานของเฟนไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	134

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
56. แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE	137
57. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็ง	139
58. แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง TW 6 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	143
59. แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของโมโนโครโตฟอส เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง KS5 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	152
60. แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของไดเมทไรเอทและมาลาไรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง KW8 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	152
61. แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง BS1 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	159
62. แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทามิโดฟอส เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง BW7 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	159
63. แสดงโครมาโตแกรมของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE เติมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร	162

บทที่ 1

บทนำ

บทนำต้นเรื่อง

การเพิ่มของประชากรอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเป็นปัญหาใหญ่ของประเทศไทย เนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุนำไปสู่ปัญหาอื่นๆ อีกมากมาย ที่เห็นได้ชัดคือความต้องการอาหารที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอต่อความต้องการจึงเป็นสิ่งจำเป็น และได้มีการนำสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเข้ามาใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อช่วยป้องกันพืชผลจากการทำลายของแมลงและศัตรูพืช ปัญหาที่ตามมาคือก่อให้เกิดสารตกค้างปนเปื้อนในผลิตผลทางการเกษตรและสภาพแวดล้อม

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเริ่มใช้กันอย่างแพร่หลายประมาณ 50 ปีที่ผ่านมา (วินัย, 2537) โดยเริ่มมีการใช้ในประเทศพัฒนา จากนั้นแพร่หลายไปยังประเทศด้อยพัฒนาโดยเฉพาะประเทศเกษตรกรรมเช่น ประเทศไทยซึ่งประชากรประมาณ 70 % มีอาชีพเป็นเกษตรกรประกอบกับลักษณะภูมิอากาศที่ร้อนชื้น มีสภาพเหมาะสมต่อการเพิ่มประชากรของแมลงศัตรูพืช ดังนั้นจึงมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ (นวลศรี, 2533)

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่รู้จักและใช้กันมาเป็นเวลานานได้แก่กลุ่มออร์กาโนคลอรีน (organochlorine) เช่น เฮปตาคลอร์ (heptachlor) ดีดีที (DDT) ดีลด์ริน (dieldrin) อัลดริน (aldrin) เอ็นดริน (endrin) คลอร์ดาน (chlordane) และเอ็นโดซัลแฟน (endosulfan) ซึ่งสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้จะมีระยะเวลาตกค้างในสิ่งแวดล้อมนานอยู่ในช่วง 4-30 ปี (อมรพรพรรณ, 2534) และถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารโดย

กระบวนการ bioaccumulation และ biomagnification ปัจจุบันสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนหลายชนิดถูกบังคับห้ามใช้โดยคณะกรรมการเพื่อพิจารณาการรับขึ้นทะเบียนวัตถุมีพิษและกรมวิชาการเกษตร เนื่องจากเป็นวัตถุมีพิษที่ใช้แล้ว ผู้ใช้ ผู้บริโภค และผู้ที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ มีความเสี่ยงภัยด้านสารพิษสูง และเป็นวัตถุมีพิษที่สามารถหาวัตถุมีพิษชนิดอื่น ๆ แทนได้ เช่น บีเฮชซี (BHC), เอ็นดริน ห้ามนำเข้าตั้งแต่ปี 2523 เฮปตาคลอร์, อัลดริน และดีลดรินห้ามนำเข้ามาใช้ในการเกษตรตั้งแต่ ปี 2531 ส่วนดีดีที ห้ามนำเข้าตั้งแต่ ปี 2526 แต่ยังคงมีการใช้ดีดีที เพื่อการควบคุมยุงพาหะนำโรคมาลาเรีย ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขเห็นว่ายังมีความจำเป็นอยู่ ดังนั้นแนวโน้มปัจจุบันจึงนำไปสู่การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus pesticide) และกลุ่มคาร์บาเมท (carbamate pesticide) มากขึ้น (กองกรรมมาธิการ, สำนักเลขานุการวุฒิสภา, 2539)

ออร์กาโนฟอสฟอรัส (organophosphorus) เป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ออกฤทธิ์ทั้งถูกตัวตายและดูดซึมเข้าในตัวแมลงศัตรูพืช ส่วนมากออกฤทธิ์ในช่วงสั้นๆ ไม่ตกค้างในพืชและในสภาพแวดล้อมทั่วไปเป็นเวลานาน แต่มีฤทธิ์เฉียบพลันเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงสูง เพราะเมื่อมีการรับสารเหล่านี้เข้าสู่ร่างกายจะมีการเปลี่ยนแปลงและถูกขับถ่ายออกจากร่างกายได้เพียงเล็กน้อย แต่เนื่องจากสารเคมีนี้มีพิษตกค้างบนผลผลิตการเกษตรไม่นานนัก จึงนิยมใช้กำจัดศัตรูพืชอย่างแพร่หลาย (Vinuesa, et al., 1989)

ตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่รู้จักกันดีได้แก่ มาลาไธออน (malathion) พาราไธออน (parathion) ซุมิไธออน (sumithion) เมวินฟอส (mevinphos) ชนิดที่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตสูง คือ พาราไธออน สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสมีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าแมลงและมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมน้อยเนื่องจากสลายตัวได้เร็ว ดังนั้นจึงนิยมใช้ในการกำจัดแมลงที่ทำลายผักและผลไม้ (อมรพรรณ, 2534)

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสสลายตัวได้เร็วในสภาวะเหมาะสมซึ่งขึ้นกับปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้คือ ชนิดของดิน คุณสมบัติการดูดซับ (adsorption) ของสารแต่ละชนิด ค่าคงที่การละลายน้ำ (solubility) รวมทั้งชนิดของแบคทีเรียในดิน ปกติสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินจะสลายตัวในระยะเวลาประมาณ 7-10 วัน แต่การตกค้างในดินบางประเภท เช่น ดินทรายสามารถอยู่ได้นานถึง 16 ปี (Colina, et al., 1993)

ปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีการเคลื่อนย้ายไปมาระหว่างดินตะกอน สัตว์หน้าดิน พืชน้ำ อนุภาคแขวนลอยในน้ำ แพลงก์ตอน และปลา สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ระบบนิเวศอื่นๆ โดยการระเหย หรือสะสมตกค้างในปลา จากนั้นปลาถูกมนุษย์ นก และสัตว์อื่น ๆ กินเป็นอาหาร หรือถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ในดินตะกอนเป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกันไป (พรพิมลและคณะ, 2536)

จังหวัดสงขลาเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีประชากรประกอบอาชีพทางการเกษตรมีรายได้จากภาคเกษตรกรรมร้อยละ 34.5 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของทั้งจังหวัด อำเภอรัตภูมิและอำเภอควนเนียง เป็นพื้นที่ที่ประชากรประกอบอาชีพทำการเกษตรเป็นเวลานาน โดยเกษตรกรส่วนมากประกอบอาชีพทำสวนผลไม้ พืชผัก ยางพารา และทำนา ในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ทุกอำเภอรวมทั้งอำเภอรัตภูมิและอำเภอควนเนียง โดยสัดส่วนการใช้อยู่ระหว่างร้อยละ 10-60 อำเภอเมืองมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากที่สุดคือร้อยละ 60 รองลงมาได้แก่อำเภอควนขนุนจังหวัดพัทลุงใช้ร้อยละ 50 สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่นิยมใช้ ได้แก่สารกำจัดหนู (rodenticides) ซึ่งมีสัดส่วนการใช้ร้อยละ 39 รองลงมาคือสารป้องกันกำจัดแมลง (insecticide) ร้อยละ 32 (สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2537)

Kanatharana (1994) รายงานปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในทะเลสาบสงขลา ระหว่างเดือนกันยายน 2534 ถึงสิงหาคม 2535 พบปริมาณการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน อยู่ใน ช่วงความเข้มข้น 0-0.5690 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ตรวจพบดีดีทีในปริมาณมากที่สุด และความเข้มข้นที่ตรวจพบจะขึ้นอยู่กับฤดูกาล พบว่าในฤดูแล้งสารป้องกันกำจัดศัตรู พืชจะมีปริมาณตกค้างสูงกว่าฤดูฝน

การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสสามารถทำได้ หลายวิธีเช่น ลิกวิดโครมาโตกราฟี (liquid chromatography; LC) แก๊สโครมาโต กราฟี (gas chromatography; GC) แก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโทรเมตรี (gas chromatography mass spectrometry; GC-MS) และ ลิกวิดโครมาโตกราฟีแมส สเปกโทรเมตรี (liquid chromatography mass spectrometry ; LC-MS) เป็นต้น

เทคนิคลิกวิดโครมาโตกราฟีเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับหาปริมาณสารป้อง กันกำจัดศัตรูพืชที่สลายตัวเมื่อให้อุณหภูมิสูงหรือสารที่ไม่กลายเป็นไอ (non-volatile) ซึ่ง ไม่เหมาะในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี (Jongki, et al., 1993)

Martinez, et al. (1992) หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัส 5 ชนิดในตัวอย่างน้ำผิวดินโดยเทคนิคลิกวิดโครมาโตกราฟีสมรรถนะสูง (high - performance liquid chromatography; HPLC) ตรวจพบปริมาณสารตกค้างใน ระดับนาโนกรัมต่อลิตร (ppb) ค่าความไววิเคราะห์มีค่าต่ำกว่าที่องค์การความร่วมมือ ยุโรป (European Economic Community, EEC) กำหนดไว้ 2-10 เท่า

Durand, Bouvot and Barcelo (1992) เปรียบเทียบผลการหาปริมาณสาร ป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส อาทราซีน (atrazine) และ ไชมาซีน (simazine) โดยใช้เทคนิคคอปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน- ฟอสฟอรัส (capillary gas chromatography-nitrogen-phosphorus detector, GC- NPD) และลิกวิดโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดไดโอดอาเรย์ (liquid chromatography-diode array detector, LC-DAD) พบว่า GC-NPD ให้ขีดจำกัดต่ำ

สุดของการตรวจวัด (limit of detection) ต่ำกว่า LC - DAD และเทคนิค LC - DAD ไม่สามารถหาปริมาณของอาหาราขึ้นได้

Jongki, et al. (1993) หาปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มที่ประกอบด้วยไนโตรเจน (nitrogen-containing pesticide) จำนวน 25 ชนิด ด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสและอิเล็กตรอนแคปเจอร์ (electron - capture detector; ECD) ให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน (percentage recovery) มีค่าอยู่ในช่วง 83-105% จากนั้นยืนยันผลการตรวจวัดด้วย GC-MS ซึ่งแสดงผลในเทอมของรีเทนชันไทม์ (retention time) และไอออนที่แตกตัว (fragment ion) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวสำหรับสารแต่ละชนิด จากข้อมูลที่ได้จะสามารถอธิบายลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของสารตัวอย่างได้อย่างละเอียด

Okumura and Nishikawa (1995) หาปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 14 ชนิดในตัวอย่างน้ำ ตะกอนดินและปลา ด้วย GC-MS ตรวจพบปริมาณสารอยู่ในช่วง 0.02-0.75 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ค่าความเบี่ยงเบนสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 1.0-31.4 % ขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดอยู่ในช่วง 0.013-0.120 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ถึงแม้ว่าเทคนิค GC-MS จะให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สูงแต่เครื่องมือมีราคาแพงรวมทั้งค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ตัวอย่างสูงมาก (Lacorte, Molina and Barcelo, 1993)

เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีได้รับความนิยมสูงในการหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส เนื่องจากเครื่องมือทันสมัยให้ความสะดวกในการวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ที่ได้มีความแม่นยำ (accuracy) และความเที่ยง (precision) สูง นอกจากนี้ยังให้ความไววิเคราะห์สูงอีกด้วย ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับชนิดของเฟสอยู่กับที่ (stationary phase) ในคอลัมน์และชนิดของตัวตรวจวัดที่ใช้ การเลือกคอลัมน์ที่เหมาะสมกับสารที่สนใจจะให้ประสิทธิภาพในการแยกสูง ตัวตรวจวัดที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสคือตัวตรวจวัด

ชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส ซึ่งมีความจำเพาะเจาะจง (selectivity) กับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (Ambrus, 1984)

เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีซึ่งใช้คาปิลลารีคอลัมน์ PE-1 ที่มีเฟสอยู่กับที่เป็นไดเมทิลโพลีไซโลเซน (dimethylpolysiloxane) และตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสสามารถวิเคราะห์หาปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในปริมาณน้อยมากได้อย่างถูกต้องและแม่นยำสูง (Mallet and Mallet, 1989) เนื่องจากความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในน้ำจะมีปริมาณต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัด ดังนั้นจึงนำเทคนิคการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (preconcentration) เข้ามาเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์โดยเตรียมตัวอย่างให้มีความเข้มข้นเหมาะสมและสามารถที่จะวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำปริมาณน้อย (trace level) ได้ เทคนิคการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมีหลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (liquid-liquid extraction) และการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (solid-phase extraction)

Mellet and Mellet (1989) ศึกษาการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 15 ชนิดที่ตกค้างในน้ำ โดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งใช้เอทิลอะซิเตต (ethyl acetate) ในตัวกลางที่เติมเกลือเรียกว่าขั้นตอน salting out ได้ประสิทธิภาพการสกัดดีกว่าตัวทำละลายชนิดอื่น ๆ การสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (solid extraction) ชนิดเอ็กซ์เอดี-4 (XAD-4) และเอ็กซ์เอดี-7 (XAD-7) ให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงแต่เป็นผลที่เกิดจากผลของตัวรบกวน (matrix effect) ต่อตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส

Vinuesa, et al. (1989) ศึกษาการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจากตัวอย่างน้ำด้วยเซ็ปแพคซี -18 คาร์ทริดจ์ (Sep-Pak C₁₈ cartridge) โดยศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ตัวทำละลายที่ใช้ชะสารตัวอย่าง (elution solvent) และปริมาตรของตัวอย่างน้ำ หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส ให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมีค่ามากกว่า 85 % ที่ความเข้มข้น 100 และ 200 นาโนกรัมต่อลิตร

ดังนั้นเมื่อนำเทคนิคการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นร่วมกับเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้คาปิลลารีคอลัมน์ PE-1 และตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำปริมาณน้อยมากได้อย่างถูกต้องและแม่นยำสูง

เมื่อมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่การเกษตร สารเหล่านี้จะเกิดการปนเปื้อนลงสู่ดิน จากนั้นเคลื่อนย้ายไปสู่แหล่งน้ำใต้ดิน หรือเคลื่อนลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และยังสามารถสะสมตกค้างได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในวงกว้างได้ ดังนั้นจึงทำการศึกษาปริมาณสารตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำที่ใช้อุปโภคและบริโภคของชาวบ้าน รวมทั้งแม่น้ำลำคลอง โดยเทคนิคการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสปริมาณน้อยที่ตกค้างในน้ำได้อย่างถูกต้องจะนำมาสู่ข้อมูลการติดตามปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช และนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนและแก้ไขปัญหาอันเนื่องมาจากการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ที่ศึกษาให้มีประสิทธิภาพต่อไป

การตรวจเอกสาร

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า "pesticides" ซึ่งหมายถึง สารที่ได้มาจากธรรมชาติ สารสังเคราะห์อินทรีย์ (organic compound) สารอนินทรีย์ (inorganic compound) ที่มนุษย์นำมาใช้กำจัด ทำลาย ควบคุม และป้องกัน สิ่งมีชีวิต หลายชนิดที่เป็นศัตรูมารบกวนชีวิตหรือเบียดเบียนความเป็นอยู่ของมนุษย์และสัตว์เลี้ยง สิ่งรบกวน (pest) เหล่านั้น รวมทั้งเชื้อโรค ปาราสิต สัตว์เล็กๆ แมลง วัชพืช ที่ไม่ต้องการ และศัตรูพืชอื่นๆ

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแบ่งได้ตามกลุ่มสารเคมีได้ ดังนี้

1. สารกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส เช่น พาราไธออน มาลาไธออน และไดเมทโทเอท (dimethoate) เป็นต้น
2. สารกลุ่มคาร์บาเมท เช่น คาร์บาริล (carbaryl) คาร์โบฟูราน (carbofuran) เป็นต้น
3. สารกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่น ดีดีที ดีลคริน อัลดริน เอ็นดริน คลอร์เดน เป็นต้น
4. สารกลุ่มไพรีทรอยด์ สารกลุ่มนี้ได้แก่ ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) เฟนวาลีเรท (fenvalerate) เป็นต้น
5. สารกลุ่มยับยั้งการลอกคราบ (clitlin inhibitor) เป็นสารยับยั้งการลอกคราบของแมลงทำให้แมลงตายในที่สุด ได้แก่ ไดฟลูเบนซูรอน (diflubenzuron) เป็นต้น
6. สารกลุ่มเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ เชื้อบาซิลลัส ทูริงเยนซิส (*Bacillus thuringiensis*)
7. สารกลุ่มรมควันพิษ (fumigant) และสารกลุ่มอื่นๆ (สุภาณี, 2537)

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

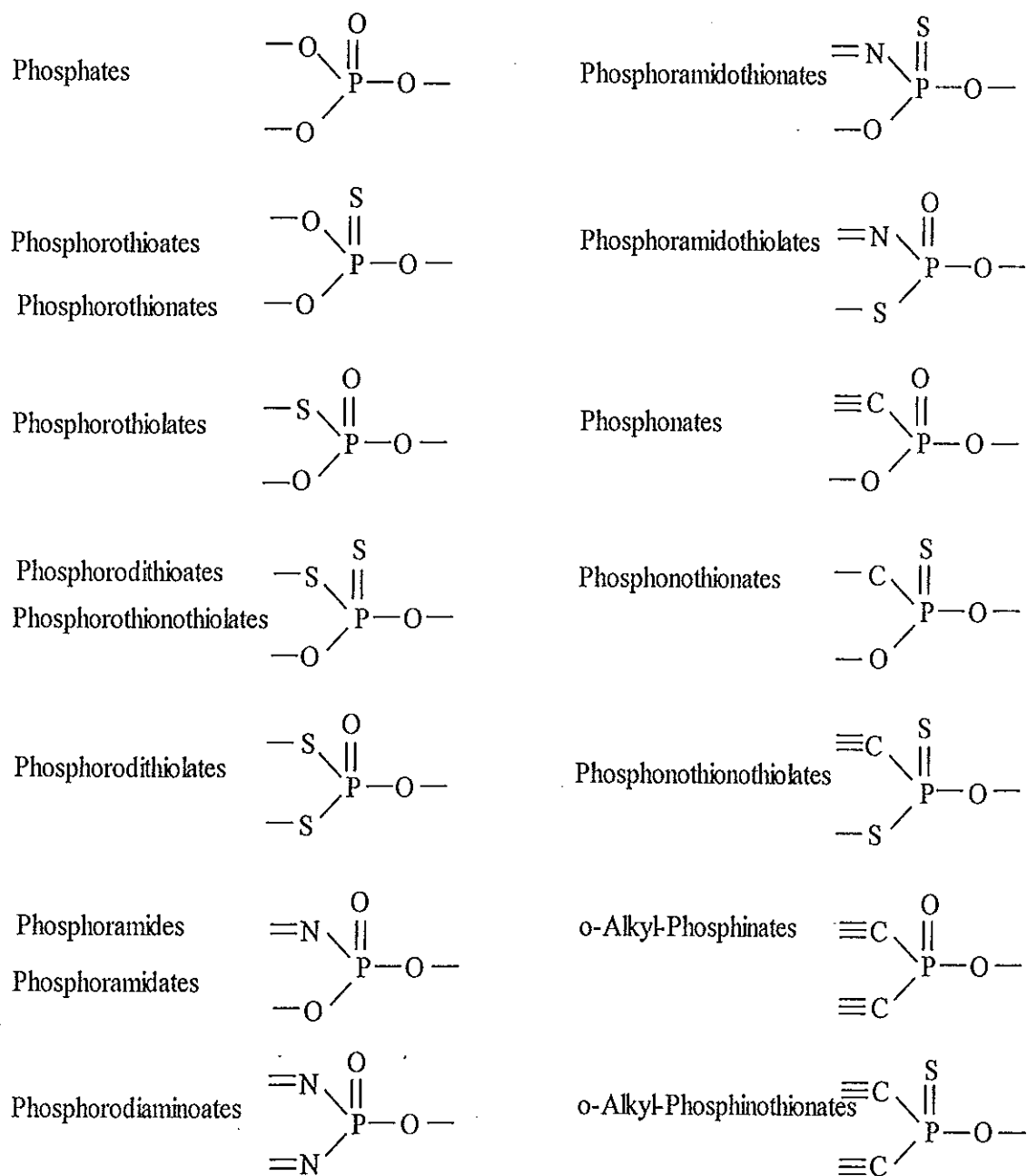
สารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นสารที่นิยมใช้ในการกำจัดแมลงในปัจจุบัน คุณสมบัติที่สำคัญของสารประกอบนี้คือ การยับยั้งเอนไซม์อะเซทิลโคลีนเอสเตอเรส (acetylcholinesterase, AchE) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ควบคุมการทำงานของระบบประสาท จากคุณสมบัตินี้นำไปสู่การคิดค้นยาระดับประสาทประเภทต่างๆ ตลอดจนการใช้เป็นอาวุธสงคราม ประวัติการคิดค้นสารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสเริ่มขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1820 Lassaigne ทำปฏิกิริยาเอทานอลกับกรดฟอสฟอริก ได้สารประเภทไตรเอทิลฟอสเฟต (triethyl phosphate) ต่อมาในปีค.ศ. 1854 de Clermont ได้สังเคราะห์สารประเภททีอีพีพี (tetraethyl pyrophosphate, TEPP) โดยทำปฏิกิริยาเกลือซิลเวอร์กับกรดไพโรฟอสฟอริก (pyrophosphoric) และเอทิลไอโอไดด์ (ethyl iodide) ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ปี ค.ศ.1930 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Gerhard Schrader ค้นพบคุณสมบัติในการเป็นสารกำจัดแมลงของทีอีพีพี งานวิจัยของเขาได้นำไปสู่การพัฒนาเป็นแก๊สพิษที่มีผลต่อระบบประสาท เช่น ทาบัน (tabun) และซาริน (sarin) และสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสต่อไป สารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสชนิดแรกที่พัฒนาขึ้นและนำไปใช้เป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชใน ค.ศ. 1945 คือโอเอ็มเอ (octamethyl phosphoamidate) แต่ยังไม่แพร่หลายมากนัก จากนั้น Schrader ได้ค้นพบสารพาราไรดอน ซึ่งเป็นสารที่นิยมใช้ในการปราบแมลง หลังจากมีการค้นพบสารพาราไรดอน เมทิล-พาราไรดอน (methyl-parathion) และอีพีเอ็น (EPN) ในระยะเวลาต่อมาไม่นานบริษัท ไบเออร์ และดูปองต์ ได้มีการผลิตสารดังกล่าว เพื่อนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในการฆ่าแมลง ต่อมาบริษัท อเมริกัน ไชยามิดได้ค้นพบสารมาลาไรดอน ซึ่งมีพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำจึงนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

สารประกอบประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นสารประกอบที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่และเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้ (diverse family) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นชนิดแอนไฮไดด์ (anhydrides) อะลิฟาติก (aliphatics) อโรมาติก (aromatic) เฮเทอโรไซคลิก (heterocyclic) และอื่นๆ สารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสกล่าวได้ว่าเป็นอนุพันธ์ของกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) ดังภาพประกอบ 1 และในรูปของสารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสในภาพประกอบ 2

โปรโตไทป์ (prototype) ของสารประกอบประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้แก่ กลุ่มไตรเอสเทอร์ (triesters) ของกรดฟอสฟอริกซึ่งมีออกซิเจน 4 อะตอมอยู่ล้อมรอบฟอสฟอรัส โดยทั่วไปจะประกอบด้วยพันธะเดี่ยว 3 พันธะและพันธะคู่ 1 พันธะ ทำให้เกิดปฏิกิริยาได้อย่างรวดเร็ว และมีช่วงเวลาดักค้าง (residual activity) สั้น นอกจากนี้สารประกอบออร์กาโนฟอสฟอรัสที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบเช่นพวกฟอสโฟโรโรโอเนท (phosphorothionates) ได้แก่ พาราโรดอน เมทิล-พาราโรดอน ไดอาซินอนและอื่นๆ สารประกอบฟอสโฟโรโรโอเนทมีคุณสมบัติเป็นพิษมากกว่าประเภทอื่นและนิยมใช้ในการฆ่าแมลงในดิน

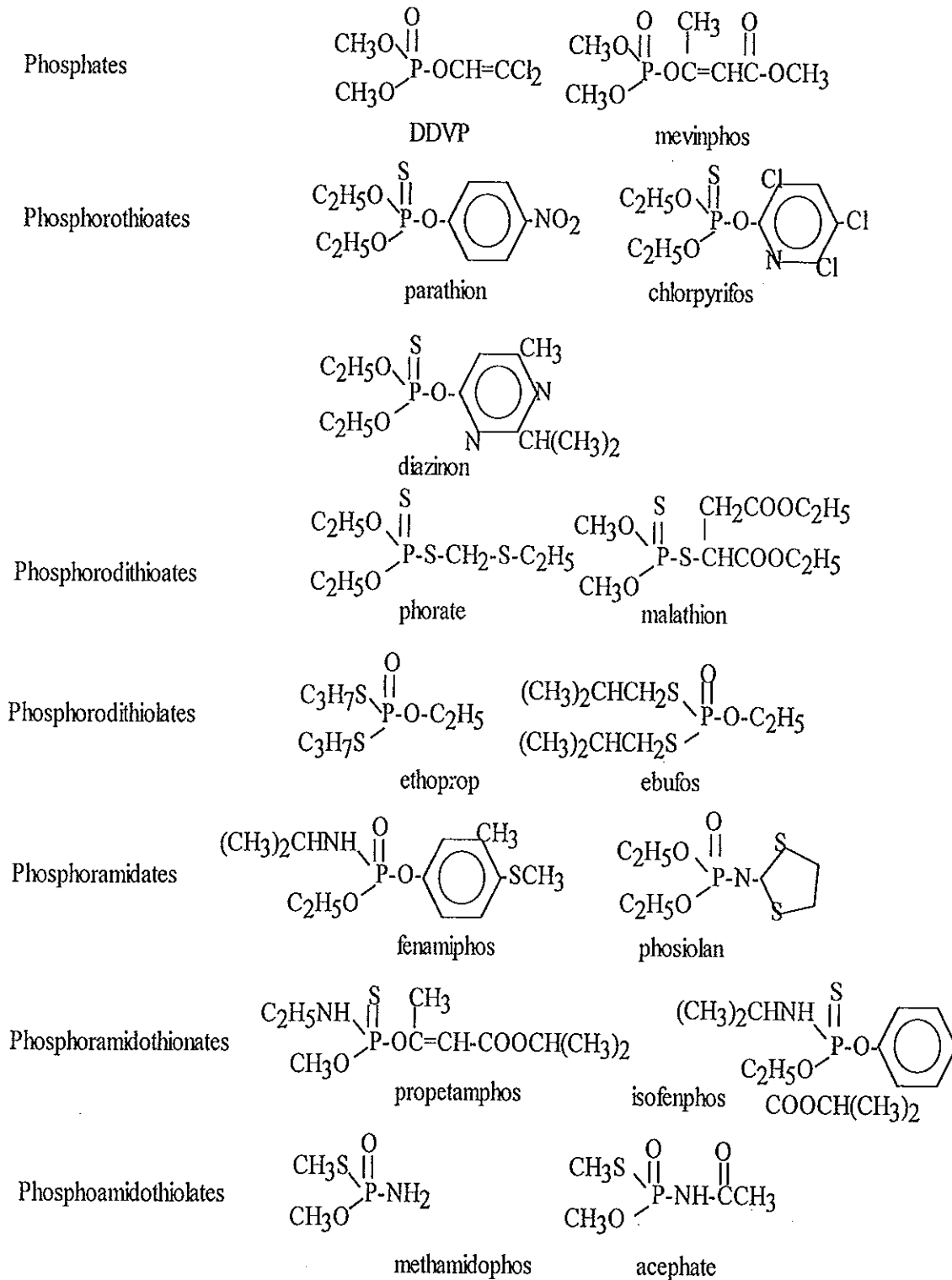
สำหรับกลุ่มซัลไฟด์ (subclass) ได้แก่ ฟอสโฟโรโรโอโนไทโอเลท (phosphorothionothiolates) ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยซัลเฟอร์จำนวน 1 อะตอมและมีพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์เป็นไทโอเอสเทอร์ (thioester) เช่น โฟเรท (phorate) มาลาโรดอนและไดเมทโรเอท

สารประกอบประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัสจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (ภาพประกอบ 1) เช่นปฏิกิริยาการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ของสารประกอบประเภทฟอสโฟโรโรโอเนทเอสเทอร์ (phosphorothionate ester) และการเมตาโบไลต์ (metabolyte) โดยมีรังสีอุลตราไวโอเล็ตเป็นตัวกระตุ้นในปฏิกิริยาที่มีแสงสว่าง (photolysis) และมีเอนไซม์จากจุลินทรีย์ช่วยเร่งปฏิกิริยา (มณฑาทิพย์และศิริณา, 2537)



ภาพประกอบ 1 โครงสร้างสารประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัสเอสเทอร์

(มณฑาทิพย์และศิริณา, 2537)



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างสารประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส

(มณฑาทิพย์และศิริินภา, 2537)

การแพร่กระจายของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

การปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำธรรมชาติเกิดจากหลายแหล่ง โดยสาเหตุหลักมาจากน้ำไหลบ่าหน้าดิน (run off) ที่ผ่านพื้นที่เกษตรกรรม การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำโดยตรง น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำทิ้งจากครัวเรือน น้ำทิ้งจากการปศุสัตว์ ฝุ่นและน้ำฝน

การตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะดินที่ประกอบด้วยเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคดินเหนียว และมีปริมาณอินทรีย์สารมาก ตลอดจนสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิและความเป็นกรด-ด่าง ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในแหล่งน้ำธรรมชาติ และใช้เวลาในการสลายตัวแตกต่างกันไป (Kjoholt, 1985)

สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการตรวจสอบปริมาณสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมระหว่างปี 2530-2532 ในพื้นที่ 25 จังหวัด ทั่วทุกภาคของประเทศ โดยเก็บตัวอย่างน้ำ ดิน และดินตะกอน จำนวน 366, 259 และ 136 ตัวอย่างตามลำดับ ผลการตรวจวิเคราะห์พบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตกค้างในน้ำเป็นส่วนใหญ่ ส่วนในตัวอย่างดิน และดินตะกอน พบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในปริมาณที่น้อยกว่า 0.001-0.686 นาโนกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ยังพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสได้แก่ ไดอะซินอน (diazinone) ไโดเมทโรเอท เมทิล-พาราโรดอน พาราโรดอน และมาลาโรดอน ในปริมาณน้อยกว่า 0.001 - 0.475 นาโนกรัมต่อลิตร (สุกัญญา, 2537)

ศิวาภรณ์และคณะ (2538) ศึกษาหาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสวนส้มโอ โดยวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ออร์กาโนฟอสฟอรัส คาร์บาเมต ไพรีทรอยด์ และสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดคอปเปอร์ ออกซีคลอไรด์ ผลการทดลองพบว่าการสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทุกกลุ่มสำหรับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส พบปริมาณสะสมในตัวอย่าง

ดินและน้ำทั้ง 2 แปลง โดยแปลงโครงการลดการใช้สารเคมีมีแนวโน้มการตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชน้อยกว่าแปลงเกษตรกร โดยตัวอย่างดินจากแปลงโครงการพบ ไดเมทโรเอทในปริมาณ 0.001 - 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมทิล-พาราไรออนในปริมาณ 0.001 - 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรพบไดเมทโรเอทและเมทิล-พาราไรออน ในปริมาณ 0.002 - 0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.001 - 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ศิวาภรณ์และคณะ (2540) ได้ศึกษาการสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในดินและน้ำ บริเวณสวนองุ่น จังหวัดสมุทรสาคร ภายใต้โครงการลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร โดยเก็บตัวอย่างดินและน้ำจากแปลงองุ่น จังหวัดสมุทรสาครทุกเดือนระหว่างเดือนสิงหาคม 2537 ถึงมกราคม 2538 เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างที่สะสมอยู่ในพื้นที่เกษตรและสิ่งแวดล้อม ผลการตรวจวัดพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างได้แก่ ไดเมทโรเอท ตกค้างในดินและน้ำทุกตัวอย่าง ปริมาณระหว่าง 0.22-0.154 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.12-59.23 ไมโครกรัมต่อลิตร พบสูงสุดในดินและน้ำที่เก็บ ในเดือนสิงหาคม 2537 และพบโมโนโครโตฟอส (monocrotophos) สะสมในดินและน้ำ ปริมาณระหว่าง 0.024-0.107 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 2.16-10.72 ไมโครกรัมต่อลิตร พบสูงสุดในดินและน้ำที่เก็บในเดือนธันวาคม

การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสังเคราะห์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

เทคนิคในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในปัจจุบันมีหลายเทคนิค เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้สลายตัวได้เร็วในสภาวะที่เหมาะสม ดังนั้นปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำที่ตรวจพบมีความเข้มข้นน้อยมาก เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์จึงต้องมีความจำเพาะเจาะจงต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสสูง จึงจะให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูง

Mallet and Mallet (1989) หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 14 ตัว โดยเทคนิค GC-NPD คอลัมน์ที่ใช้คือ SPB-5 30m x 0.75 mm I.D. อัตราการไหลของแก๊สตัวพาเป็น 5 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสให้อุณหภูมิคงที่เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนอุณหภูมิสุดท้าย 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที ตัวตรวจวัดที่ใช้เป็นตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส พบว่าสามารถแยกสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสได้ 14 ชนิด โดยใช้เวลาทั้งหมด 30 นาที

เนื่องจากปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำมีปริมาณต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดโดยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีกล่าวคือไม่สามารถวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ จากตัวอย่างน้ำได้โดยตรง จึงต้องใช้ขั้นตอนการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ตัวอย่างที่มีปริมาณน้อย ๆ ผลที่ได้คือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีความเข้มข้นมากขึ้นและง่ายต่อการวิเคราะห์

องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (E.P.A.) ได้กำหนดวิธีการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในตัวอย่างน้ำ (EPA Method 507) โดยการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายใช้เมทิลีนคลอไรด์ (methylene chloride) เป็นตัวทำละลาย วิเคราะห์หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส (Graves, ed. 1989)

Kjoholt (1985) หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ในตัวอย่างดินและตะกอนดินด้วยเทคนิคซอกซ์เลต (soxhlet extraction) โดยใช้ อะซิโตน-เฮกเซน (acetone-hexane) เป็นตัวทำละลาย และเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายซึ่งอาศัยหลักการพาร์ทิชัน (partition) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในชั้น เมทิลีนคลอไรด์และน้ำ จากนั้นทำการขจัดสารปนเปื้อน (clean-up) ด้วยแอดซอร์บชันโครมาโตกราฟี (Adsorption Chromatography) หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อกิโลกรัมมีค่าในช่วง 54.6-82.4 และขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดเท่ากับ 95 นาโนกรัมต่อกิโลกรัม

การสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการแยกสารประกอบที่สนใจออกจากสารผสม โดยอาศัยหลักของการกระจายของตัวถูกละลาย (solute) หรือสารที่สนใจระหว่างตัวทำละลาย 2 ชนิด ที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณของตัวถูกละลายที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถูกละลาย และตัวทำละลาย อัตราส่วนความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายที่ 1 ต่อความเข้มข้นของตัวถูกละลายในตัวทำละลายที่ 2 ที่สมดุล คือค่าคงที่ของสมดุลที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (distribution coefficient) หรือสัมประสิทธิ์ของการแบ่งส่วน (partition coefficient) ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะตัวถูกละลายหนึ่งๆ โดยปกติของเหลวชนิดหนึ่งคือน้ำ ส่วนของเหลวอีกชนิดหนึ่งคือตัวทำละลายอินทรีย์ ซึ่งตัวทำละลายทั้งสองจะไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน น้ำเป็นตัวทำละลายที่สามารถละลายสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นโพลาร์ (polar) ในขณะที่ตัวทำละลายอินทรีย์จะละลายสารประกอบที่เป็นกลางหรือสารละลายอินทรีย์ชนิดนอน-โพลาร์ (non-polar) (ธวัชชัย, 2529)

มณฑาทิพย์และคณะ(2537) ศึกษาการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในการหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจำนวน 8 ชนิด จากหลักการของการพาร์ทิชันของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชระหว่างชั้นน้ำและชั้นของตัวละลายอินทรีย์ ประสิทธิภาพการสกัดจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ที่สมดุล (equilibrium constant) ในการหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำตัวทำละลายที่นิยมใช้ ได้แก่ ไดคลอโรโรมีเทน(dichloromethane) เนื่องจากได้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสูงและลดเวลาที่ใช้สกัดในขั้นตอนการลดปริมาตร

Mallet and Mallet (1989) ศึกษาการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 15 ชนิดโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้คือเอธิลอะซิเตต ปริมาตรน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร เติมฟอสเฟตบัฟเฟอร์เพื่อป้องกันการแตกตัวของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในค่าพีเอชที่ต่ำหรือสูงเกินไป ทำการสกัดด้วยเอธิลอะซิเตตครั้งละ 100 มิลลิลิตร ทำการสกัด 3 ครั้ง จากนั้นลดปริมาตรด้วยเครื่องกลั่นลดปริมาตร (rotatory evaporator) ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ดีที่สุดทั้งจำนวนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและประสิทธิภาพในการสกัด ศึกษาอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลาย พบว่าอัตราส่วน 3 :1 ให้ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีที่สุด นอกจากนี้ศึกษาตัวทำละลาย(extractant)ที่เหมาะสม 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน (hexane) ไดคลอโรมีเทนและเอธิลอะซิเตต พบว่าเอธิลอะซิเตตให้ประสิทธิภาพในการสกัดสูงสุดกล่าวคือสามารถหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสได้ 14 ชนิด ยกเว้นเมทามิโดฟอส (methamidophos) เนื่องจากสภาพขั้วของตัวทำละลายและเมทามิโดฟอสแตกต่างกันมาก ดังนั้นการพาร์ทิชันจึงเกิดได้ไม่ดีส่งผลให้ประสิทธิภาพการสกัดมีค่าต่ำ

ถึงแม้ว่าการเตรียมตัวอย่างโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายจะมีผู้นิยมใช้อย่างกว้างขวางแต่ข้อเสียของเทคนิคนี้คือ ใช้ตัวทำละลายในปริมาณมาก สิ้นเปลืองเวลาและจำนวนผู้วิเคราะห์ ความเป็นพิษของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมาก ต้องหาวิธีการกำจัดเพื่อป้องกันมลสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงได้เสนอเทคนิคการเตรียมตัวอย่างเทคนิคใหม่ที่เรียกว่าการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง การสกัดด้วยตัวดูด

ชั้นของแข็งเป็นวิธีหนึ่งที่เหมาะสมกับตัวอย่างสิ่งแวดล้อม ข้อดีของการสกัดแบบ SPE คือ จะใช้เครื่องมือง่ายๆ สามารถเตรียมตัวอย่างสารได้หลายตัวในเวลาเดียวกัน ให้ผลในการกำจัดสารปนเปื้อนได้ดีกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย นอกจากนี้ยังลดปริมาณการใช้สารเคมีและลดเวลาในการเตรียมตัวอย่างอีกด้วย ส่วนค่าใช้จ่ายในการเตรียมแบบ SPE จะเท่ากับหรือน้อยกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย การทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งจะทำโดยผ่านตัวอย่างที่ละลายในตัวทำละลายลงไปในตัวดูดซับ (adsorbent) ซึ่งบรรจุอยู่ในคาร์ทริดจ์ (cartridge) หรือคอลัมน์ สารละลายของตัวอย่างจะผ่านคอลัมน์โดยใช้แรงดันหรือสุญญากาศ (vacuum) ดูดลงมา ตัวดูดซับจะดูดซับหรือยึดสารที่เราต้องการไว้และสารนี้จะไหลออกมาจากคอลัมน์เมื่อถูกชะด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือหรือนำไปกำจัดสิ่งปนเปื้อนต่อไป (ศิริพันธ์, 2540)

Vinuesa, et al. (1989) ศึกษาการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในตัวอย่างน้ำด้วยเซฟแพ็กซี-18 คาร์ทริดจ์ เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ได้กับเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ปัจจุบันที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด คือความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม (salinity) และปริมาณของตัวอย่าง หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟี BP-1 และใช้ตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ความเข้มข้น 100 และ 200 นาโนกรัมต่อลิตรมีค่ามากกว่า 85 ยกเว้นไดซัลไฟตอน (disulfoton)

Colina, et al. (1993) หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มที่ประกอบด้วยไนโตรเจนด้วยเซฟแพ็กซี-18 คาร์ทริดจ์ ตัวชะ (elution solvent) ที่ใช้คืออะซิโตนและเฮกเซน หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส ให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนอยู่ในช่วง 0-91

Karamfilov, et al. (1996) หาปริมาณของไดเมทโรเอทและเฟนิโตรไธออน (fenitrothion) โดยเตรียมตัวอย่างสารทั้ง 2 ชนิดด้วยเซ็พแพ็กซี-18คาร์ทริดจ์ หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 68 และ 91 สำหรับ ไดเมทโรเอท และเฟนิโตรไธออน ตามลำดับ

Psathaki, Manoussaridou and Stephanou (1994) หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสประกอบด้วย อีโทไพโรฟอส (ethoprophos) ฟีนามิฟอส (fenamiphos) เฟนิโตรไธออน (fenthion) โมโนโครโตฟอส อาหารซีน และไซมาซีน โดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างเรซินแอมโบไลต์ (amberlite, XAD- 2) และเซ็พแพ็กซี-18คาร์ทริดจ์ หาปริมาณด้วยคาปิลลารีแก๊สโครมาโตกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส พบว่าเซ็พแพ็กซี-18 คาร์ทริดจ์ ให้ประสิทธิภาพการสกัดดีกว่าเรซินแอมโบไลต์

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสบางชนิดที่ตกค้างในน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติโดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี
2. นำวิธีในข้อ 1 มาประยุกต์ใช้ศึกษาหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณที่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่การเกษตรเขตอำเภอรัตภูมิและอำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงเทคนิคการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในน้ำปริมาณน้อยที่มีความถูกต้องสูง
2. ทราบถึงปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่สะสมตกค้างในแหล่งน้ำธรรมชาติบริเวณอำเภอรัตภูมิและอำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาหาชนิดและปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมทนามิโดฟอส ไดเมโทเอทและเมทิล-พาราไรออน ที่ตกค้างในน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลา
2. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย
3. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วัสดุและสารเคมี

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมาตรฐาน (A.R. Grade :Alltech, Australia) คือ

เมทามิโดฟอส (methamidophos)

ไดเมทโฮเอท (dimethoate)

โมนิโครโตฟอส (monocrotophos)

มาลาไธออน (malathion)

เมทิล-พาราไธออน (methyl parathion)

เฟนไธออน (fenthion)

สารเคมีทั่วไปที่ใช้เป็นกรดวิเคราะห์ คือ

เอทิล อะซิเตด (ethyl acetate, Lab-scan, Thailand)

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl, Merck, Germany)

โซเดียมซัลเฟต (sodium sulphate anhydrous, Merck, Germany)

เมอร์คิวริกคลอไรด์ (HgCl_2 , Merck, Germany)

เมทานอล (methanol, J.T.Baker Chemicals Co., Holland)

ไดคลอโรมีเทน (dichloromethane, Carlo Erba, Italy)

เฮกเซน (n-hexane, Lab-scan, Thailand)

เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
 เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีรุ่น AutoSystem XL (Perkin Elmer, USA.) ที่มีตัว
 ตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส คาปิลลารีคอลัมน์ PE-1 30 m x 0.53 mm I.D. 1.5 μ m
 borosilicate megabore (Supelco, USA.) ออโตแซมเปิล (autosample) และถาด
 ใส่ขวดตัวอย่าง (tray) (Perkin Elmer, USA.) ตลอดจนการประมวลผลข้อมูลด้วย
 โปรแกรมTurbochrom (PE Nelson, USA.) คอมพิวเตอร์รุ่น Venturis 5100
 (digital, USA)

อุปกรณ์เตรียมตัวอย่าง

เครื่องสกัด visiprep solid phase extraction vacuum manifold
 (Supelco, USA.) และตัวดูดซับ Envi-18 (Supelco, USA.)

เครื่องมืออื่นๆ ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ เช่น เครื่องกลั่นลดปริมาตร กรวยแยก
 (separatory funnel) เครื่องแก้วต่าง ๆ ขวดแก้วเก็บตัวอย่างขนาด 15 มิลลิลิตรที่มีฝา
 เกลียวปิดสนิท (screw thread vial) และขวดแก้วใส่ตัวอย่างสำหรับถาดใส่ขวดตัว
 อย่างขนาด 2 มิลลิลิตร (crimp top vial) ที่มี septum และฝาลูมิเนียมที่เย็บติดสนิท
 (aluminium crimp caps) ด้วยคริมเปอร์ (crimper) ออโตปิเปต (autopipet) ขนาด 1-
 10 ไมโครลิตร 50-500 ไมโครลิตรและ 100-1000 ไมโครลิตร

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำและวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางกายภาพและ ทางเคมี

ขวดแก้วสีชา ขนาด 2.5 ลิตร

ตู้แช่เย็นอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส

เครื่องมือวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) (Hanna, Singapore)

เครื่องมือวัดค่าของแข็งทั้งหมดที่ละลายในน้ำ (Total Dissolve Solid Meter)

(Eutech Cybernetics, Singapore)

เทอร์โมมิเตอร์ (Hanna, Singapore)

วิธีดำเนินการ

2.1 ศึกษาภาวะการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

2.1.1 ศึกษาอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสม

นำสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัส (mixed organophosphorus pesticide standard solution) ซึ่งประกอบด้วย โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมทนามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทริล-พาราไรออน ที่มีความเข้มข้น 1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ปริมาตร 1.0 ไมโครลิตร วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟโดยใช้สภาวะทดลองของ Mallet and Mallet (1989) ดังนี้

ตัวตรวจวัดที่ใช้คือตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส (NPD) คอลัมน์ที่ใช้เป็นคาปิลลารีคอลัมน์ 30 m x 0.53 mm. I.D. 1.5 μ m PE-1 borosilicate megabore อุณหภูมิหัวฉีดและตัวตรวจวัดเท่ากับ 250 และ 280 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และใช้โปรแกรมอุณหภูมิโดยอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที เพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสต่อนาที และตั้งที่อุณหภูมิสุดท้าย (250 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 8 นาที

แก๊สเชื้อเพลิง (fuel gas) ใช้แก๊สไฮโดรเจน (H_2) และใช้อากาศ (air-zero) เป็นออกซิแดนท์ (oxidant) ด้วยอัตราเร็วเท่ากับ 2 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาทีตามลำดับ ตามคู่มือการใช้เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟรุ่น Autosystem XL ของบริษัท Perkin-Elmer ปรับอัตราการไหลของแก๊สตัวพา (ฮีเลียม) เป็น 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 มิลลิลิตรต่อนาทีตามลำดับ วัดค่ารีเทนชันไทม์และค่าความสูง (peak height) และพื้นที่ใต้พีค (peak area) จากโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ได้เพื่อทำกราฟของแวนดีมเตอร์ (van Deemter plot) เลือกค่าอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมสำหรับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด

2.1.2 ศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรู

พืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

สภาวะการทดลองตั้งอุณหภูมิหัวฉีดและตัวตรวจวัดเท่ากับ 250 และ 280 องศาเซลเซียส ตามลำดับเช่นเดียวกับ 2.1.1 ผลการศึกษาในข้อ 2.1.1 ได้อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม 8 มิลลิลิตรต่อนาที สำหรับแก๊สไฮโดรเจนและอากาศ อัตราการไหลของแก๊สเป็นดังนี้คือ 2 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ

วิเคราะห์สารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร โดยทำการโปรแกรมอุณหภูมิ 4 แบบดังนี้

แบบที่หนึ่ง

อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 100, 120, 150 และ 170 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที และให้อยู่ที่อุณหภูมิสุดท้าย 250 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากการโปรแกรมอุณหภูมิต่างกันมาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด และความสามารถในการแยก (resolution) สารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

แบบที่สอง

อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 นาที ต่อจากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 3, 6, 8 และ 10 องศาเซลเซียสต่อนาที และให้อยู่ที่อุณหภูมิสุดท้าย 250 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากอัตราการโปรแกรมอุณหภูมิต่างกันมาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด และความสามารถในการแยกของสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

แบบที่สาม

อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 200, 220, 250 และ 280 องศาเซลเซียสตามลำดับ ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที และให้อยู่ที่อุณหภูมิสุดท้ายเป็น 200, 220, 250 และ 280 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากการโปรแกรมอุณหภูมิที่ต่างกันมาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด และความสามารถในการแยกของสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

แบบที่สี่

อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสนาน 1, 3 และ 5 นาทีตามลำดับ จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที และให้อยู่ที่อุณหภูมิสุดท้าย 250 องศาเซลเซียส นำผลที่ได้จากการโปรแกรมอุณหภูมิที่ต่างกันมาหาเวลาที่เหมาะสมโดยเปรียบเทียบจากสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด และความสามารถในการแยกของสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

2.1.3 ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 2.1.2 อุณหภูมิหัวฉีดและตัวตรวจวัดเป็น 250 และ 280 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียม 8 มิลลิลิตรต่อนาที อัตราเร็วแก๊สไฮโดรเจนและอากาศเป็น 2 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ

สำหรับอุณหภูมิของคอลัมน์นี้ใช้การโปรแกรมอุณหภูมิจากข้อ 2.1.2 กล่าวคืออุณหภูมิเริ่มต้น 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 250 องศาเซลเซียสด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที

ตั้งค่าการตอบสนองไว้ที่ 1 (range = 10^0) โดยที่ตัวตรวจวัดไนโตรเจนฟอสฟอรัสให้ความไววิเคราะห์สูงสุด และให้การขยายสัญญาณเป็น 1 (attenuation = 1) นำสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้น 0.001, 0.010, 0.100, 1.000 และ 10.000 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร วิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองในข้อ 2.1.2 ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่วิเคราะห์ได้ นำมาคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ให้ค่าสัญญาณเป็น 3 เท่าของต่อสัญญาณรบกวน

2.1.4 ศึกษาอุณหภูมิของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟตามข้อ 2.1.2 ตั้งอุณหภูมิตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส เป็น 230, 250, 280 และ 300 องศาเซลเซียสตามลำดับ นำผลที่ได้มาหาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดตามในข้อ 2.1.3 ตามลำดับ

2.1.5 ศึกษาการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ตั้งสภาวะการทดลองของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟตามข้อ 2.1.2 วิเคราะห์สารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 500.00, 250.00, 100.00, 50.00, 25.00, 10.00, 5.00, 2.50, 1.00, 0.10 และ 0.01 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับ นำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดมาสร้างกราฟมาตรฐาน (calibration curve) โดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด คำนวณหาการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

2.1.6 ศึกษาแฟคเตอร์ของการตอบสนอง (response factor) ของตัวตรวจวัด ไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส

วิเคราะห์สารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 5.0, 10.0, 100.0 และ 250.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับ ที่สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 คำนวณหาแฟคเตอร์ของการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยคำนวณจากพื้นที่ใต้พีคของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด โดยกำหนดให้ค่าปัจจัยการตอบสนองของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่มีต่อเฟนไธออนมีค่าเท่ากับ 1

2.1.7 วิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน ฟอสฟอรัสโดยเทคนิค internal standard method

ปิเปต 5.0 มิลลิลิตรของสารละลายไตรฟีนิลฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 5 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรซึ่งเป็น internal standard เติมลงใน 5.0 มิลลิลิตรของสารละลายผสมมาตรฐานของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้น 100.0, 50.0, 25.0, 10.0, 5.0, 2.5 และ 1.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับ และนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 โดยให้ปริมาตร 1 ไมโครลิตร

จากโครมาโตแกรมที่ได้ หาอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสแต่ละชนิดและสารไตรฟีนิลฟอสเฟต สร้างกราฟมาตรฐานโดยเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสแต่ละชนิดและสารไตรฟีนิลฟอสเฟต

2.2 ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE)

2.2.1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม

นำสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัส ซึ่งประกอบด้วย โมโนโครโต
ฟอส มาลาไรออน เฟนไธออน เมทนามิโดฟอส ไดเมทโรเซท และเมทิล-พาราไรออน
ที่มีความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1.0 ลิตร เติมโซเดียมคลอไรด์
50.0 กรัม คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับพีเอชเท่ากับ 7 ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์

นำสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่เตรียมไว้ใส่ในกรวยแยก
ขนาด 2.0 ลิตร ศึกษาตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในการสกัด 3 ชนิด ได้แก่ ไดคลอโรมีเทน
เฮกเซน และ เอธิลอะซิเตต โดยเติมตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้สกัด 100.0 มิลลิลิตรแต่
ละชนิด เขย่าเป็นเวลา 5 นาที รวบรวมเฟสของน้ำและเฟสของตัวทำละลายอินทรีย์แยกกัน
สมบูรณ์ เก็บเฟสของตัวทำละลายอินทรีย์ไว้ เติมตัวทำละลายอินทรีย์ครั้งละ 100.0
มิลลิลิตรอีก 2 ครั้ง นำเฟสของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 ครั้งมา
กำจัดน้ำที่เหลือจากขั้นตอนการสกัดด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส และนำไปกลั่นลด
ปริมาตรด้วยเครื่องกลั่นสูญญากาศจนเหลือปริมาตร 10.0 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดแก้ว
ขนาด 10 มิลลิลิตรที่สะอาดและปิดสนิท

ปิเปต 1.00 มิลลิลิตรของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและกลั่นลดปริมาตร
แล้วเติมลงในขวดใส่ตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตรที่มี septum และฝาอลูมิเนียมที่เย็บติด
สนิท นำสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและ
ปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และนำผล
ที่ได้มาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจากการใช้ตัวทำละลายแต่ละชนิด

2.2.2 ศึกษาอัตราส่วนของสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

เตรียมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสซึ่งประกอบด้วย โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมทนามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทริล-พาราไรออน ที่มีความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 900.0, 300.0 และ 100.0 มิลลิลิตร ปรับพีเอชเท่ากับ 7 ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ศึกษาอัตราส่วนของสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่อัตราส่วนเท่ากับ 3 : 1, 1 : 1 และ 1 : 3 โดยเตรียมสารตัวอย่างปริมาตร 900.0 300.0 และ 100.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยใช้ตัวทำละลายอินทรีย์คงที่ที่ปริมาตรทั้งหมด 300.0 มิลลิลิตร (3 x 100.0 มิลลิลิตร)

นำสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสที่อัตราส่วนต่าง ๆ ใส่ในกรวยแยกขนาด 2.0 ลิตร เติมเอธิลอะซิเตตซึ่งเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมจากข้อ 2.2.1 100.0 มิลลิลิตร เขย่าเป็นเวลา 5 นาที รวณเฟสของน้ำและเฟสเอธิลอะซิเตต แยกกันสมบูรณ์ เก็บเฟสของเอธิลอะซิเตตไว้ เติมเอธิลอะซิเตตครั้งละ 100.0 มิลลิลิตรอีก 2 ครั้ง นำเฟสของเอธิลอะซิเตตที่ได้จากการสกัดทั้ง 3 ครั้งมากำจัดน้ำที่เหลือจากขั้นตอนการสกัดด้วยโซเดียมซัลเฟตแอนไฮดรัส และนำไปกลั่นลดปริมาตรด้วยเครื่องกลั่นสูญญากาศจนเหลือปริมาตร 10.0 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดแก้วขนาด 10 มิลลิลิตร ที่สะอาดและปิดสนิท

ปิเปต 1.00 มิลลิลิตรของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและกลั่นลดปริมาตรแล้วเติมลงในขวดใส่ตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตร ที่มี septum และฝาอลูมิเนียมที่เย็บติดสนิท นำสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของอัตราส่วนของสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่อัตราส่วนต่าง ๆ

2.2.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำการสกัด

เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนในข้อ 2.2.1 เพื่อศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำการสกัด โดยใช้เวลา 1, 3, 5 และ 7 นาที ตามลำดับ และนำสารละลายผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและกลั่นลดปริมาตรแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตร วิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่เวลาต่าง ๆ ซึ่งใช้ในการสกัด

2.2.4 ศึกษาจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัด (ปริมาณตัวทำละลาย)

เตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนในข้อ 2.2.1 เพื่อศึกษาจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัด (ปริมาณตัวทำละลาย) โดยทำการสกัดตัวอย่าง 1, 3 และ 5 ครั้ง ตามลำดับ กล่าวคือ ปริมาตรของเอทิลอะซิเตตที่ใช้เท่ากับ 100.0, 300.0 และ 500.0 มิลลิลิตร ตามลำดับ และนำสารละลายผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและกลั่นลดปริมาตรแล้ว ปริมาตร 1 ไมโครลิตร วิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของการสกัดที่ปริมาณตัวทำละลายที่ต่างกัน ๆ

2.2.5 ศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์

เตรียมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสซึ่งประกอบด้วย โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไธออน เมทนามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทิล-พาราไธออน ที่มีความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1.0 ลิตร 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสก่อนทำการสกัด และครั้งที่ 2 ไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัส

เตรียมตัวอย่างสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 2 กรณีตามขั้นตอนในข้อ 2.2.1 นำสารละลายผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและกลั่นลดปริมาตรแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 นำผลที่ได้มาเปรียบเทียบผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของการสกัด

2.2.6 วิเคราะห์เชิงปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

โดยเทคนิค clarify standard method

เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 เพื่อวิเคราะห์สารละลายผสมมาตรฐานของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10.0, 10.5, 11.0, 15.0 และ 20.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ นำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดมาสร้างกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด คำนวณหาการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสหลังจากทำการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายในข้อ 2.2.1 แล้ว

2.3. ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช

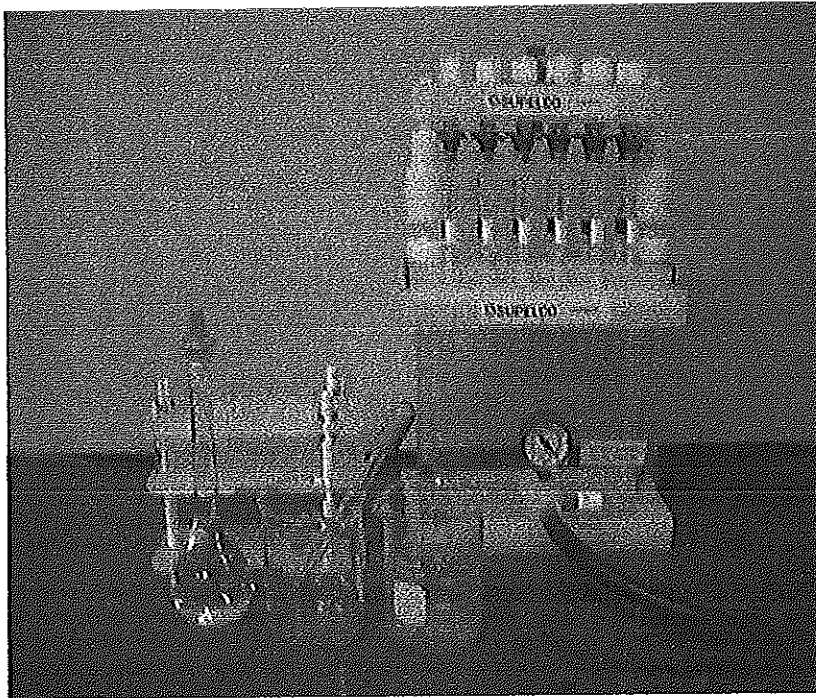
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของ(SPE)

เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE) ทำโดยการเตรียมสภาวะการใช้งานของเอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์ (Envi-18 cartridge) ปิเปตเมทธานอลปริมาตร 6.00 มิลลิลิตรตามด้วยเอทิลอะซิเตต 6.00 มิลลิลิตร จากนั้นเติมเมทธานอลอีกครั้ง 6.00 มิลลิลิตรและใช้น้ำกลั่น 6.00 มิลลิลิตร เป็นตัวชะสุดท้าย (Beltran, Lopez and Hernandez, 1993)

2.3.1 ศึกษาตัวชะที่เหมาะสมสำหรับ Envi-18 cartridge

เตรียมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสซึ่งประกอบด้วย โมโนโครโทฟอส มาลาไธออน เฟนไธออน เมทนามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมททิล-พาราไธออน ที่มีความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร เติมโซเดียมคลอไรด์ 20.0 กรัม คนจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปรับพีเอชเท่ากับ 7 ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์

ผ่านสารละลายสู่คาร์ทริดจ์ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ทำให้เอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์แห้งด้วยแก๊สเฉื่อย (ไนโตรเจน) แสดงในภาพประกอบ 3 นาน 15 นาที ในขั้นตอนการชะสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออกจากเอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์ ทำการศึกษาตัวชะ 3 ชนิดได้แก่ ไดคลอโรมีเทน เฮกเซน และเอทิลอะซิเตต โดยใช้ตัวทำละลายที่ศึกษาปริมาตร 5.00 มิลลิลิตร ชะสารออกจากเอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์ จากนั้นปรับปริมาตรด้วยไนโตรเจนจนปริมาตรสุดท้ายเป็น 1.0 มิลลิลิตร



ภาพประกอบ 3 แสดงขั้นตอนการทำให้ Envi-18 cartridge แห้ง ด้วยเครื่องสกัด
visiprep solid phase extraction vacuum manifold

ปิเปต 1.0 มิลลิลิตรของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและปรับปริมาตรแล้ว
เติมลงในขวดใส่ตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตรที่มี septum และฝาอลูมิเนียมที่เย็บติดสนิท
นำสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วย
เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และเปรียบเทียบ
เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของตัวระชนิดต่าง ๆ

2.3.2 ศึกษาอัตราการไหลของตัวอย่าง

ทำการเตรียมตัวอย่างตามขั้นตอนในข้อ 2.3.1 ศึกษาอัตราการไหลของตัวอย่างที่ 3, 5, 8 และ 10 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ นำสารละลายผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและปรับปริมาตรแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างต่างกัน

2.3.3 ศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์

เตรียมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสซึ่งประกอบด้วย ไมโนโคโรโตฟอส มาลาไรซอน เฟนไรซอน เมทามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทิล-พาราไรซอน ที่มีความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงในสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสก่อนทำการสกัด และครั้งที่ 2 ไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์

ทำการเตรียมตัวอย่างสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 2 กรณีตามขั้นตอนในข้อ 2.3.1 นำสารละลายผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สกัดและปรับปริมาตรแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 เปรียบเทียบผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของการสกัด

2.3.4 วิเคราะห์เชิงปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

โดยเทคนิค clarify standard method

ดำเนินการเช่นเดียวกับ 2.2.6 และเปลี่ยนเทคนิคการสกัดสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสจาก LLE มาเป็น SPE ดังนี้คือ เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 วิเคราะห์สารมาตรฐานผสมออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10.0, 10.5, 11.0, 15.0 และ 20.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ นำสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดมาเขียนกราฟมาตรฐานความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับพื้นที่ใต้พีคของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด คำนวณหาการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสหลังจากทำการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็งในข้อ 2.3.1 แล้ว

2.4. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิคการ

สกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง

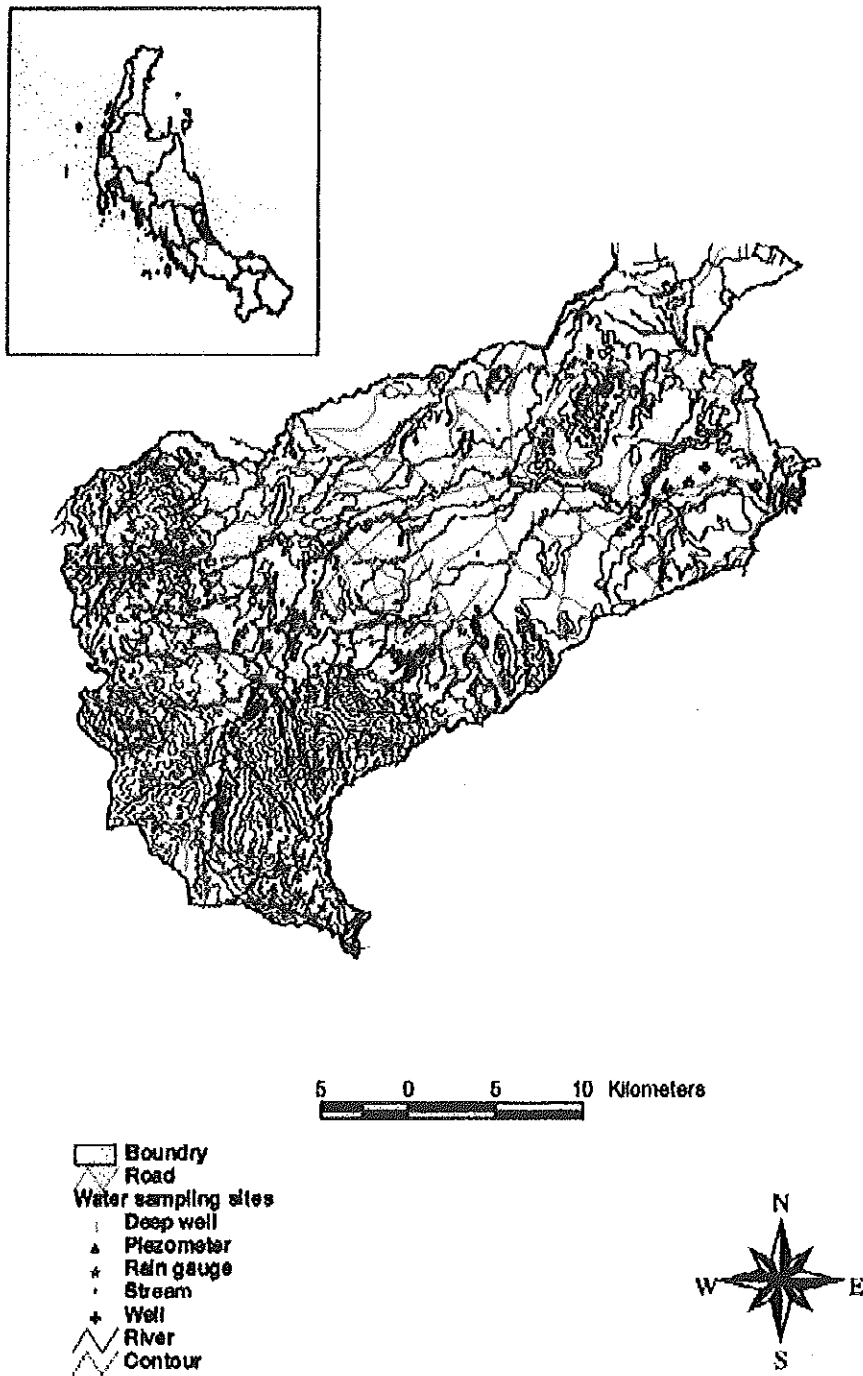
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการสกัดโดยใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 เพื่อวิเคราะห์สารมาตรฐานผสมออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร โดยใช้การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายตามข้อ 2.2.1 และเทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็งตามข้อ 2.3.1 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนระหว่างเทคนิคการเตรียมตัวอย่างทั้ง 2 เทคนิค

2.5 คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
ในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา
โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

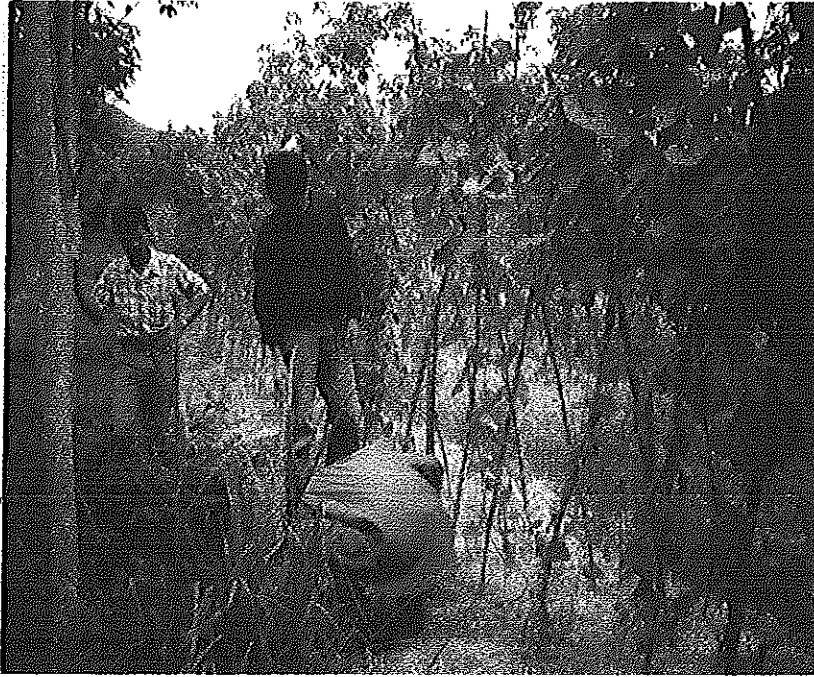
การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

สำรวจพื้นที่เกษตรกรรมในเขตอำเภอรัตนภูมิและบริเวณใกล้เคียงโดยใช้ข้อมูล
การศึกษาของคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาด
ใหญ่ และจากการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อทราบถึงชนิดของพืชที่ปลูก ระบบการ
ปลูกพืช การดูแลรักษาพืชผล การใช้วัตถุมีพิษ(สารปราบศัตรูพืชและสัตว์) รวมทั้งการ
ระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรมออกสู่คลองแยกและแม่น้ำ เก็บตัวอย่างน้ำป่อและน้ำ
บาดาลที่ใช้อุปโภคและบริโภคในพื้นที่โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากการพิจารณา
ถึงการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ได้จุดเก็บตัวอย่างน้ำทั้ง
หมด 62 จุดดังนี้

- ก. บริเวณสวนยางพาราในคมสร้างตนเองรัตนภูมิ 12 จุด
- ข. บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ 19 จุด
- ค. บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง 31 จุด



ภาพประกอบ 4 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างรวมทั้งชนิดของจุดเก็บตัวอย่าง



ภาพประกอบ 5 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนยางพาราที่คนสร้างตนเองรัษฎามิ



ภาพประกอบ 6 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ



ภาพประกอบ 7 พื้นที่เก็บตัวอย่างบริเวณสวนผัก ตำบลบางเหริยง

วิธีการเก็บตัวอย่าง

ตัวอย่างน้ำจากบ่อน้ำ บ่อนบาดาล ลำคลอง น้ำผิวดินโดยใช้พิโซมิเตอร์ (piezometer) โดยแบ่งประเภทของตัวอย่างน้ำได้ดังนี้

- W คือ น้ำจากบ่อน้ำใช้ความลึกจากผิวดิน 2-3 เมตร
- D คือ น้ำจากบ่อน้ำบาดาลความลึกมากกว่า 3 เมตรขึ้นไป
- S คือ น้ำจากลำคลองที่ไหลผ่านบริเวณที่ศึกษา
- P คือ น้ำที่เก็บโดยพิโซมิเตอร์ซึ่งออกแบบเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของสาร ป้องกันกำจัดศัตรูพืชลงสู่น้ำในพิโซมิเตอร์

จำนวนจุดเก็บตัวอย่างที่เก็บโดยแยกตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น ดังแสดงสรุปใน

ตาราง 1

ตาราง 1 สถานที่เก็บตัวอย่างและประเภทของตัวอย่างน้ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเขต อำเภอรัตนภูมิ และอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา

จุดเก็บตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท			
	W	D	P	S
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัตนภูมิ	9	-	5	4
บริเวณสวนผลไม้ ตำบล เขาพระ	7	-	5	-
บริเวณสวนผัก ตำบล บางเหรียง	9	9	12	1

การเตรียมตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำ 2 ลิตรจากจุดเก็บตัวอย่างที่กำหนดขึ้นทั้ง 62 จุด ซึ่งเป็น บ่อ
น้ำใช้ บ่อน้ำบาดาลและน้ำจากพิโซมิเตอร์ โดยใช้เครื่องปั้มน้ำปั้มน้ำขึ้นมาใส่ใน
ขวดแก้วสีชาขนาด 2.5 ลิตร (สะอาด) เก็บตัวอย่างประมาณ 2 ลิตร ก่อนใส่ตัวอย่างน้ำ
ต้องล้างขวดด้วยน้ำที่จะเก็บ 2-3 ครั้ง เติมน้ำ 1 มิลลิลิตรของเมอร์คิวริกคลอไรด์ที่มีความ
เข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยทั่วไปถ้าตัวอย่างมีลักษณะใส สามารถนำมา
สกัดได้ทันที แต่ถ้ามีความขุ่นหรือสกปรกมากต้องกรองด้วยกระดาษกรองวัตต์แมนเบอร์
1 (Whattman NO.1) หลายๆครั้งจนได้น้ำตัวอย่างที่ใส ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ
และเคมีบางประการของน้ำตัวอย่างได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง การนำไฟฟ้า ความขุ่น
ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ระดับความลึกของน้ำใต้ดิน และโลหะหนัก

ตัวอย่างน้ำจะรักษาสภาพของตัวอย่างโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศา
เซลเซียส สามารถเก็บไว้วิเคราะห์ภายในเวลา 14 วัน (Graves, ed. 1989)

คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
ตกค้างในน้ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอควนเนียง จังหวัด
สงขลา

เตรียมตัวอย่างน้ำด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายตามขั้นตอนในข้อ 2.2.1
เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้สภาวะการทดลองตามข้อ 2.1.2 ในการวิเคราะห์เชิง
ปริมาณตัวอย่างน้ำที่เติมสารผสมมาตรฐานป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโน
ฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรลงไปตามข้อ 2.2.6

บทที่ 3

ผลและอภิปรายผล

3.1 ศึกษาสภาวะการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

3.1.1 ศึกษาอัตราการไหลของของแก๊สตัวพาที่เหมาะสม

จากการทดลองในข้อ 2.1.1 พบว่าเมื่อสร้างกราฟของแวนดีมเตอร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สพากับความสูงของเพลตทางทฤษฎี (height equivalent to a theoretical plate; HETP) โดยอาศัยสมการของโกเลย์ (Golay equation) ซึ่งใช้ในกรณีของคอปิลลารีคอลัมน์โดยจะตัดเทอม A (eddy diffusion) ทิ้งเนื่องจากคอลัมน์ที่ใช้เป็นคอปิลลารีคอลัมน์เฟสอยู่กับที่จะเป็นของเหลวเคลือบอยู่บนแก้วซิลิกา จึงไม่มีการบรรจุอนุภาคใดๆ ลงในคอลัมน์ อีกทั้งการเคลือบจะเป็นชั้นเดียวสม่ำเสมอ (uniform) โมเลกุลของสารที่แพร่จึงมีทิศทางที่สม่ำเสมอ ดังนั้นการแพร่กระจายแบบเอ็ดดีน้อยมากและสามารถจะตัดทิ้งได้ จะได้รูปกราฟเป็นรูปโค้งพาราโบลาแสดงดังภาพประกอบ 8-13 ค่าอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมจะอยู่ที่จุดต่ำสุดของรูปกราฟพาราโบลา ซึ่งจะมีค่า HETP ต่ำที่สุด ที่ค่า HETP ต่ำ ๆ จะมีจำนวนเพลตทางทฤษฎีสูงซึ่งส่งผลถึงประสิทธิภาพในการแยกสารได้ดี

ในเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี โมเลกุลของสารตัวอย่างจะเคลื่อนที่ผ่านเฟสอยู่กับที่จนกระทั่งออกจากคอลัมน์โดยใช้แก๊สตัวพาเป็นเฟสเคลื่อนที่ ดังนั้นกลไกการพาร์ทิชัน ของสารตัวอย่างระหว่างเฟสเคลื่อนที่และเฟสอยู่กับที่จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของแก๊สตัวพา ประสิทธิภาพของคอลัมน์ขึ้นอยู่กับการใช้ อัตราการไหลของเฟสเคลื่อนที่ ซึ่งคอลัมน์แต่ละชนิดมีค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมแตกต่างกัน และสามารถหาได้จากการสร้างกราฟแวนดีมเตอร์ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า HETP และอัตราการไหลของแก๊สตัวพา โดยค่าอัตราการไหลที่เหมาะสมคือค่าอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่มีค่า HETP ต่ำสุด

ค่า HETP สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$N = 5.54 \left[\frac{t_R}{W_{1/2}} \right]^2$$

$$\text{HETP} = \frac{L}{N}$$

- โดยที่ t_R คือ ค่ารีเทนชันไทม์
 $W_{1/2}$ คือ ความกว้างของพีคที่ครึ่งหนึ่งของความสูง
 L คือ ความยาวของคอลัมน์

จากสมการข้างต้นเป็นสมการที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการหาประสิทธิภาพของคอลัมน์ของคอลัมน์แบบแพ็คคอลัมน์ แต่คอลัมน์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นคาปิลลารีคอลัมน์ซึ่งจากโครมาโทแกรมที่ได้จากคาปิลลารีคอลัมน์จะมีลักษณะคมชัด (sharp) ดังนั้นจึงใช้สมการที่เหมาะสมในการหาประสิทธิภาพของคาปิลลารีคอลัมน์ ดังนี้

$$N = 2 \left(\frac{t_R h}{A} \right)^2$$

โดยที่ t_R	คือ ค่ารีเทนชันไทม์
h	คือความสูงของพีค
A	คือพื้นที่พีค

จากการศึกษาอัตราการไหลของแก๊สตัวพา พบว่าอัตราการไหลของแก๊สตัวพา จะสัมพันธ์กับค่า HETP ทั้งนี้เพราะการไหลของแก๊สในคอลัมน์มีการแพร่กระจายของสาร ดังนี้

1. การแพร่กระจายแบบเอ็ดดี คอลัมน์ที่บรรจุด้วยอนุภาคขนาดเท่ากันตามคอลัมน์ ที่มีช่องว่าง (void space) ระหว่างอนุภาคตลอดคอลัมน์อย่างสม่ำเสมอ เมื่อขนาดของอนุภาคเล็กลง ทำให้ยากต่อการควบคุมขนาดของอนุภาคให้เท่ากันตลอด และยากต่อการป้องกันไม่ให้อนุภาคแตกได้ ดังนั้นช่องว่างที่เกิดขึ้นในคอลัมน์จะไม่สม่ำเสมอ เมื่อสารตัวอย่างเคลื่อนเข้าไปในคอลัมน์ จะทำให้บางโมเลกุลของสารเคลื่อนที่ไปได้เร็วกว่า และได้ระยะทางมากกว่า บางโมเลกุลเคลื่อนที่ได้ช้าและได้ระยะทางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับจุดศูนย์กลางของโซน ดังนั้นกระบวนการแพร่กระจายแบบเอ็ดดีเป็นผลมาจากการไหลของสารในคอลัมน์ที่มีช่องว่างไม่สม่ำเสมอ และมีอนุภาคขนาดต่างกัน แต่ในงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้คอลัมน์ที่ใช้เป็นคาปิลลารีคอลัมน์ ซึ่งเฟสอยู่กับที่จะเป็นของเหลวเคลือบอยู่บนแก้วซิลิกา จึงไม่มีการบรรจุอนุภาคใดๆ ลงในคอลัมน์ อีกทั้งการเคลือบจะเป็นชั้นเดียวกัน โมเลกุลของสารที่แพร่จึงมีทิศทางที่สม่ำเสมอ ดังนั้นการแพร่กระจายแบบเอ็ดดีจึงตัดทิ้งไป แทนการแพร่ชนิดนี้ด้วยเทอม A

2. การแพร่ในลักษณะตามยาว (longitudinal diffusion) เมื่อบริเวณของโมเลกุลของตัวถูกละลายเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์จะเป็นรูปเกาส์เซียน (gaussian) จะมีความเข้มข้นของส่วนที่เคลื่อนที่มาก่อน ส่วนกลางและส่วนที่เป็น tailing แตกต่างกัน ดังนั้นในแต่ละส่วนของคอลัมน์ (section) หรือเพลตทางทฤษฎี (theoretical plate) จะพยายามทำให้เกิดสมดุลด้วยการเปลี่ยนความเข้มข้นต่าง ๆ ของไซโนในเฟสเคลื่อนที่ ในกระบวนการทั้งหมดจะเกิดความไม่สมดุลขึ้นในแต่ละเพลตทางทฤษฎี และอาจสรุปได้ว่าถ้าให้อัตราการไหลของแก๊สพาเพิ่มขึ้นจะเป็นการเพิ่มความไม่สมดุล (nonequilibrium) ให้เกิดขึ้นมาด้วย ให้แทนด้วยเทอม B

3. การถ่ายเทของมวลระหว่างเฟสเคลื่อนที่กับเฟสอยู่กับที่ (resistance to mass transfer) แทนด้วยเทอม C สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือส่วนที่เกี่ยวข้องกับเฟสของเหลว (C_L) และเฟสของแก๊ส (C_G) การแพร่กระจายแบบนี้เป็นผลเนื่องมาจากความแพร่ในเฟสเคลื่อนที่และเฟสอยู่กับที่ เช่นการแพร่เข้าไปในอนุภาค (เพริศพิชญ์, 2526)

ดังนั้นสรุปความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของแก๊สตัวพากับความสูงของเพลตทางทฤษฎีได้ในรูปของสมการแวนดีมเตอร์และสมการของโกเลย์

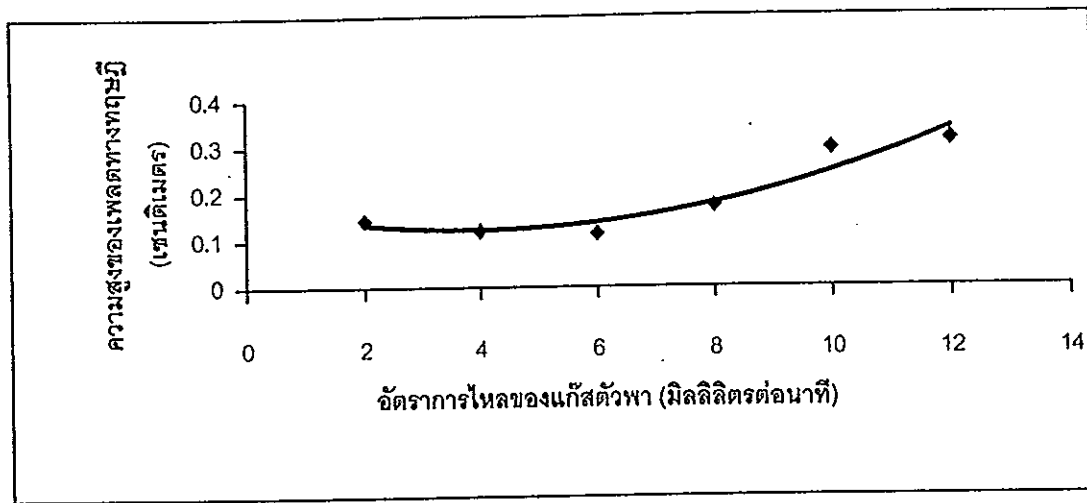
$$\text{HETP} = A + \frac{B}{u} + (C_G + C_L)u \dots \dots \dots (i)$$

$$\text{HETP} = \frac{B}{u} + (C_G + C_L)u \dots \dots \dots (ii)$$

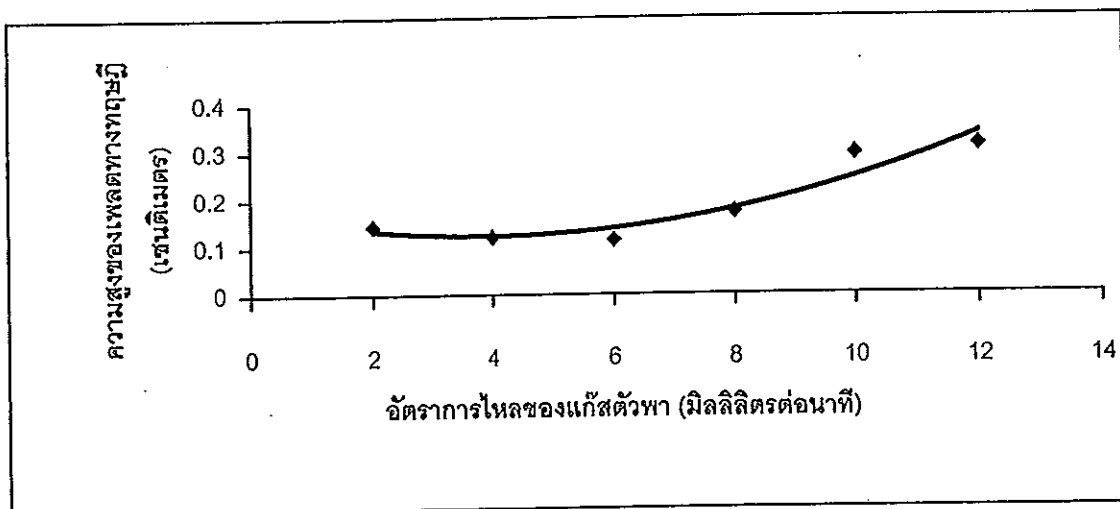
- โดย HETP คือ ความสูงของเพลตทางทฤษฎี
- A คือ ส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะของการบรรจุ
- B คือ การแพร่กระจายตามยาวในแก๊สเฟส
- C_G คือ การแพร่กระจายของตัวถูกละลายในแก๊สเฟส (non equilibrium mass transfer)
- C_L คือ การแพร่กระจายของตัวถูกละลายในเฟสอยู่กับที่
- u คือ อัตราการไหลของแก๊สดำพา

สมการแวนดีมเตออร์ (i) ใช้อธิบายความสัมพันธ์เมื่อคอลัมน์ที่ใช้เป็นชนิดแพ็คคอลัมน์ ส่วนสมการของโกเลย์ (ii) จะใช้ในกรณีของคาปิลลารีคอลัมน์ ความแตกต่างของสมการทั้ง 2 แบบคือสมการของโกเลย์จะตัดเทอม A ทิ้ง เนื่องจากคอลัมน์ที่ใช้เป็นคาปิลลารีคอลัมน์ ซึ่งเฟสอยู่กับที่จะเป็นของเหลวเคลือบอยู่บนแก้วซิลิกา จึงไม่มีการบรรจุอนุภาคใดๆ ลงไปในคอลัมน์ อีกทั้งการเคลือบจะเป็นชั้นเดียวที่สม่ำเสมอ โมเลกุลของสารที่แพร่จึงมีทิศทางที่สม่ำเสมอ ดังนั้นการแพร่กระจายแบบเอ็ดดีจึงตัดทิ้งได้

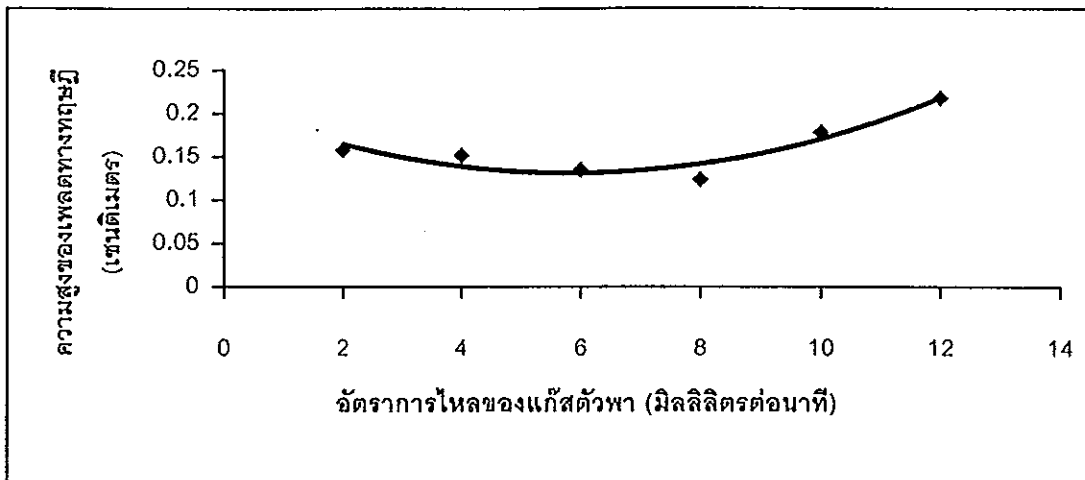
จากตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดำพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด



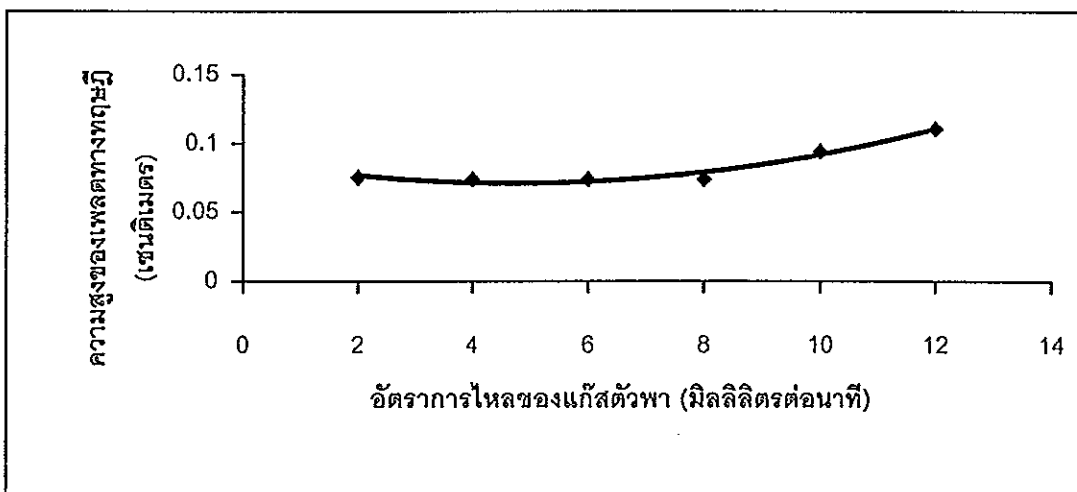
ภาพประกอบ 8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพากับความสูงของเปลวทางทฤษฎีของเมททานิโดไฟอส



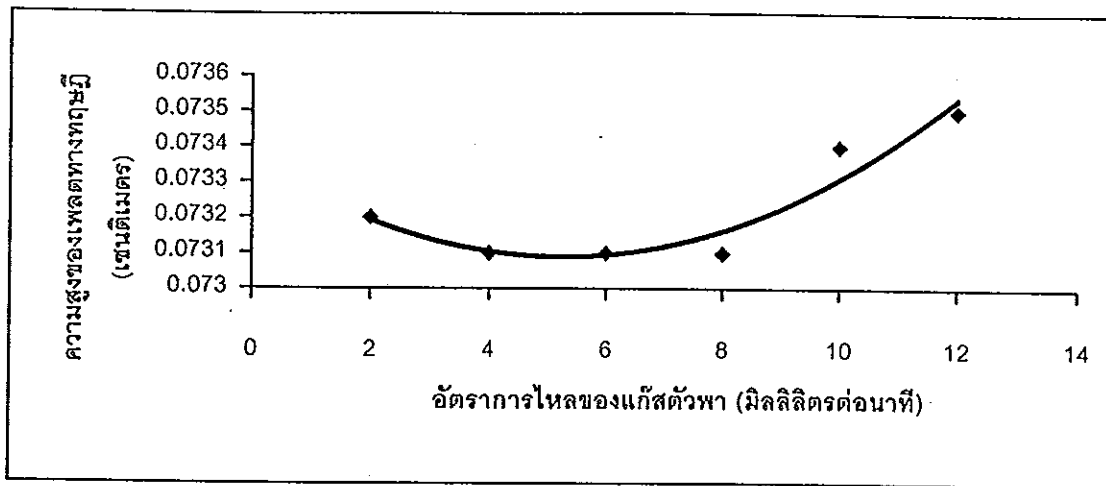
ภาพประกอบ 9 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพากับความสูงของเปลวทางทฤษฎีของโมโนโครโตไฟอส



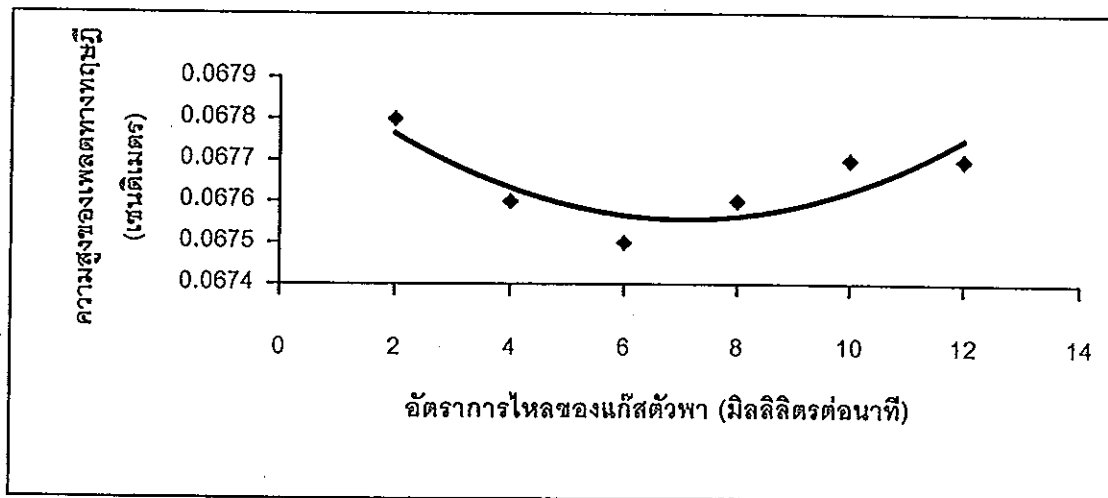
ภาพประกอบ 10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพา กับ ความสูงของเปลวไฟของไดเมทิลเอเธอร์



ภาพประกอบ 11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพา กับ ความสูงของเปลวไฟของเมทิล-พาราโพรพาน



ภาพประกอบ 12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพา กับ ความสูงของเปลวทางทฤษฎีของมาลาโรฮอน



ภาพประกอบ 13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดัวพา กับ ความสูงของเปลวทางทฤษฎีของเฟินโรฮอน

ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของแก๊สดั้วพากับค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

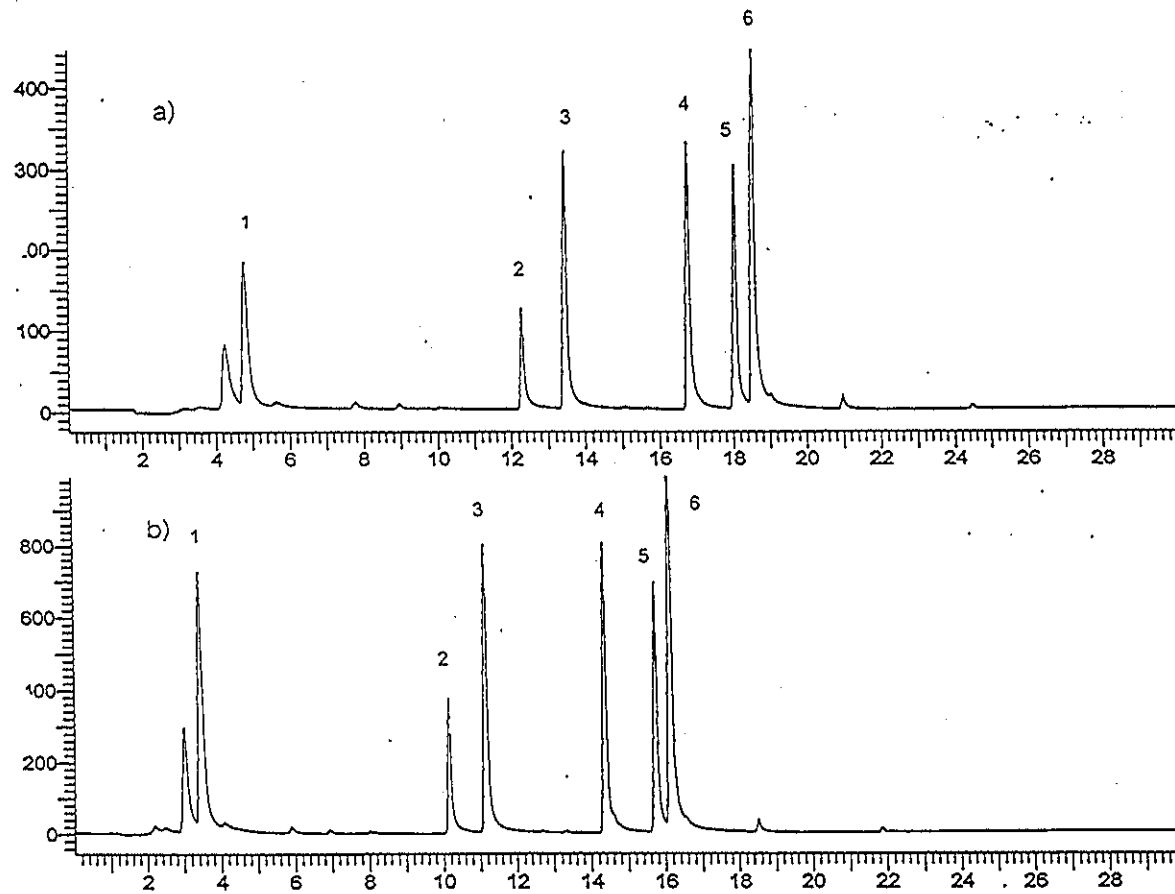
อัตราการไหลของแก๊สดั้วพา (มิลลิลิตรต่อนาที)	ความสูงของเพลตทางทฤษฎี* (เซนติเมตร)					
	เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโตฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทริล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
2	0.563	0.114	0.157	0.0753	0.0732	0.0678
4	0.134	0.122	0.152	0.0741	0.0731	0.0676
6	0.121	0.115	0.135	0.0740	0.0731	0.0675
8	0.350	0.173	0.124	0.0740	0.0731	0.0676
10	0.981	0.294	0.179	0.0944	0.0734	0.0677
12	0.984	0.312	0.218	0.1108	0.0735	0.0677

*ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง RSD < 5%

พิจารณาจากภาพประกอบที่ 8-13 พบว่ากราฟแวนติเมเตอร์ที่ได้เป็นรูปโค้งพาลาโบลาที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากคาบิลลารีคอลัมน์ที่ใช้มีความยาวถึง 30 เมตร ดังนั้นค่า HETP ที่ได้ในแต่ละอัตราการไหลของฮีเลียมจะไม่แตกต่างกันมาก ค่า HETP แสดงในตารางที่ 2 พบว่า เมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไฮออน มาลาไฮออนและเฟนไฮออน ให้ค่า HETP ต่ำที่สุดที่อัตราการไหลของแก๊สตัวพาเท่ากับ 6, 6, 8, 8, 8 และ 6 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ

ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 6 ชนิด เป็นการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดภายในการวิเคราะห์เพียงครั้งเดียว ดังนั้นอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมจึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด โดยพิจารณาว่าที่ค่าอัตราการไหลเท่าใดจึงจะให้ค่าความสูงของเพลตทางทฤษฎีต่ำที่สุดและประสิทธิภาพในการแยกของสารทั้ง 6 ชนิดดีที่สุดด้วย (Mallet and Mallet, 1989; Lacorte, Molina and Barcelo, 1993)

ดังนั้นสามารถอธิบายประสิทธิภาพการแยกสูงสุดที่ได้จากอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมได้จากค่า HETP ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด โดยค่า HETP ที่มีค่าต่ำ ๆ จะส่งผลให้จำนวนเพลตทางทฤษฎีมีค่าสูง ดังนั้นประสิทธิภาพการแยกสารจะดีกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีค่า HETP สูง ๆ ซึ่งมีจำนวนเพลตทางทฤษฎีน้อย ประสิทธิภาพในการการแยกสารจึงไม่ดี (Ettre, 1979) นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพการแยกของสารทั้ง 6 ชนิดด้วยแสดงในภาพประกอบ 14



ภาพประกอบ 14 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด a) อัตราการไหลของแก๊สดำพาเท่ากับ 4 มิลลิลิตรต่อนาที b) อัตราการไหลของแก๊สดำพาเท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาที 1 คือ เมทรามิโดฟอส 2 คือ โมโนโครโตฟอส 3 คือ ไดเมทโรเซท 4 คือ เมทิล-พาราไรออน 5 คือ มาลาไรออน 6 คือ เฟนไรออน

จากตารางที่ 2 แสดงค่า HETP ของเมททานิโดฟอส ไมโนโคโรโตฟอสและเฟนไธออนมีค่าต่ำที่สุดที่อัตราการไหลของแก๊สพา 6 มิลลิลิตรต่อนาที ดังนั้นที่อัตราการไหลนี้จะมีจำนวนเพลตทางทฤษฎีสูงสุด ประสิทธิภาพการแยกเมททานิโดฟอส, ไมโนโคโรโตฟอสและเฟนไธออนจะดีที่สุด ในขณะที่ ไคเมทโรเอท เมทริล-พาราไธออนและมาลาไธออนมีค่า HETP ต่ำที่สุดที่อัตราการไหลของแก๊สตัวพา 8 มิลลิลิตรต่อนาที ดังนั้นที่อัตราการไหลนี้จะมีจำนวนเพลตทางทฤษฎีสูงสุด ประสิทธิภาพการแยกไคเมทโรเอท, เมทริล-พาราไธออนและมาลาไธออนจะดีที่สุด

จุดสำคัญของกราฟพาราโบลาคือตำแหน่งของค่าอัตราการไหลของแก๊สพาที่เหมาะสมและความชันของรูปโค้งที่ค่าอัตราการไหลสูงๆ หากใช้ค่าอัตราการไหลของแก๊สพาที่เหมาะสมที่ความเร็วสูงจะส่งผลดีต่อการวิเคราะห์คือ สามารถลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้โดยประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนั้นพิจารณาประสิทธิภาพการแยกของสารทั้ง 6 ชนิดจากภาพประกอบ 14 พบว่าที่อัตราการไหลของแก๊สตัวพาเท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาทีจะให้การแยกใกล้เคียงกับที่อัตราการไหลของแก๊สพาเท่ากับ 4 มิลลิลิตร แต่จะให้ค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดสูงกว่า ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดพบว่าค่าอัตราการไหลของแก๊สพาที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 6 และ 8 มิลลิลิตรต่อนาที และพิจารณาความชันของรูปโค้งพาราโบลาคพบว่ามีความชันต่ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าอัตราการไหลของแก๊สพาที่เหมาะสมที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที เนื่องจากสามารถลดเวลาในการวิเคราะห์และยังให้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับที่อัตราการไหล 6 มิลลิลิตรต่อนาที

ดังนั้นอัตราการไหลของแก๊สตัวพาที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด เท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์สูงสุดและลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.1.2 ศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชสังเคราะห์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

จากการศึกษาโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส ดังในข้อ 2.1.2 พบว่าอุณหภูมิของคอลัมน์มีส่วนสำคัญมากต่อการแยกสารตัวอย่าง เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์จะทำให้องค์ประกอบของสารมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น และช่วยลดเวลาในการวิเคราะห์ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะส่งผลเสียคือไม่สามารถที่จะแยกสารออกจากกัน ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดพร้อมกัน หากใช้อุณหภูมิของคอลัมน์แบบไอโซเทอร์มัล (isothermal) จะใช้เวลาในการวิเคราะห์นานรวมทั้งพิกถ่าย ๆ ของโครมาโตแกรมจะมีค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดต่ำ ดังนั้นจึงใช้การโปรแกรมอุณหภูมิของคอลัมน์ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส เนื่องจากจะลดเวลาในการวิเคราะห์และประสิทธิภาพในการแยกสารดีกว่าการใช้อุณหภูมิของคอลัมน์แบบไอโซเทอร์มัล (Kjoholt, 1985; Mallet and Mallet, 1989 : Vinuesa, et al., 1989 : Karamfilov, et al., 1996)

เนื่องจากการวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดในการวิเคราะห์ครั้งเดียว ดังนั้นเลือกเมทิล-พาราไรออนเป็นตัวแทนในการศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการทำโปรแกรมอุณหภูมิ เนื่องจากเมทิล-พาราไรออนเป็นสารที่ตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสให้ค่าการตอบสนองสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารปราบศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ

ดังนั้นในกลุ่มที่ศึกษาจึงใช้เมทิล-พาราไรออนเป็นตัวแทนในการศึกษาในช่วงอุณหภูมิและเวลา นอกจากนั้นยังศึกษาอุณหภูมิสุดท้าย เวลาและอัตราการเพิ่มของการโปรแกรมอุณหภูมิที่เหมาะสม ผลการทดลองแสดงดังตาราง 3-6 และภาพประกอบ

ตาราง 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเริ่มต้นของการโปรแกรมอุณหภูมิ
คอลัมน์กับค่ารีเทนชันใหม่และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์ (องศาเซลเซียส)	ค่ารีเทนชันใหม่ (นาที)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์) $\times 10^6$
100	22.19	5.57
120	18.96	6.56
150	13.93	7.34
170	10.83	6.13

*ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง RSD < 2%

ตาราง 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสุดท้ายของการโปรแกรมอุณหภูมิ
คอลัมน์กับค่ารีเทนชันใหม่และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

อุณหภูมิสุดท้ายของคอลัมน์ (องศาเซลเซียส)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์) $\times 10^6$
200	6.98
220	7.22
250	7.34
280	6.51

*ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง RSD < 2%

ตาราง 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นคงที่ของการโปรแกรม
อุณหภูมิคอลัมน์กับค่ารีเทนชันใหม่และสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

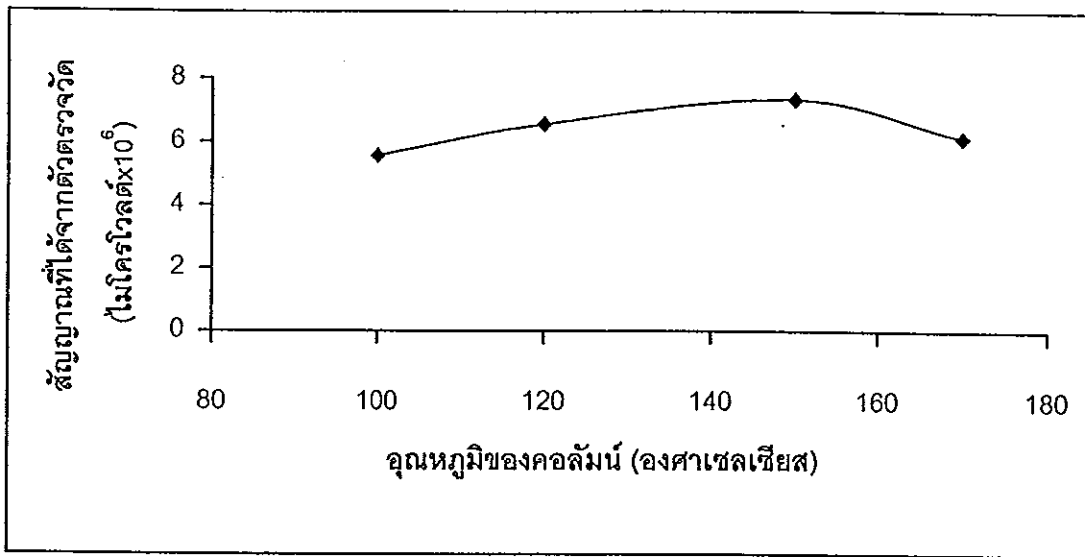
เวลาที่ให้อุณหภูมิเริ่มต้นของคอลัมน์คงที่ (องศาเซลเซียส)	ค่ารีเทนชันใหม่ (นาที)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์) $\times 10^6$
1	12.16	6.74
3	13.91	7.34
5	15.63	7.13

*ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง RSD < 2%

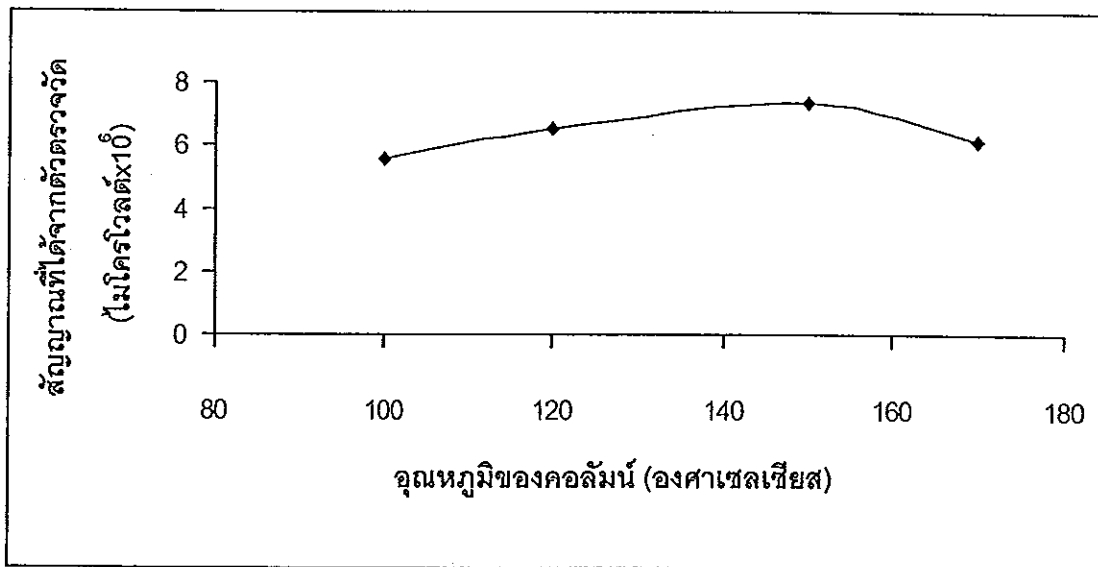
ตาราง 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มอุณหภูมิการโปรแกรมอุณหภูมิ
คอลัมน์กับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ (องศาเซลเซียสต่อนาที)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์) $\times 10^6$
4	6.29
6	6.85
8	7.34
10	6.92

*ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง RSD < 2%



ภาพประกอบ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอแลมน์กับค่ารีเทนชันใหม่



ภาพประกอบ 16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของคอแลมน์กับค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

จากตาราง 3 และภาพประกอบ 15 และ 16 พบว่าเมื่ออุณหภูมิของคอลัมน์สูงขึ้นค่ารีเทนชันใหม่ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดพบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียสจะให้ค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดสูงสุด จากหลักการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีกล่าวว่าอุณหภูมิของคอลัมน์ที่ตั้งจะต้องสูงกว่าจุดเดือดของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (เพริศพิชญ์, 2526) เนื่องจากจุดเดือดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ตัวไม่ปรากฏค่าที่แน่นอน จึงใช้โปรแกรมอุณหภูมิตั้งแต่ 150 ถึง 250 องศาเซลเซียสซึ่งนิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส (Mallet and Mallet, 1989; Vinuesa, et al., 1989; Ambrus, 1984)

โดยทั่วไปหลักการเลือกใช้อุณหภูมิของคอลัมน์ให้เหมาะสมคือ ได้การแยกที่ดี และลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังนั้นอุณหภูมิที่เลือกใช้จะเป็นอุณหภูมิของจุดเดือดโดยเฉลี่ยของสารตัวอย่าง หรือเลือกใช้อุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดที่สารนั้นจะกลายเป็นแก๊สเฟส และจะต้องไม่ใช้อุณหภูมิของคอลัมน์สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดของลิควิดเฟสที่กำหนดไว้ มิฉะนั้นลิควิดเฟสอาจจะสลายตัวแล้วระเหยออกไปทำให้เปอร์เซ็นต์ลิควิดเฟสเปลี่ยนไป และทำให้คอลัมน์อาจจะเสียได้ในที่สุด (เพริศพิชญ์, 2526)

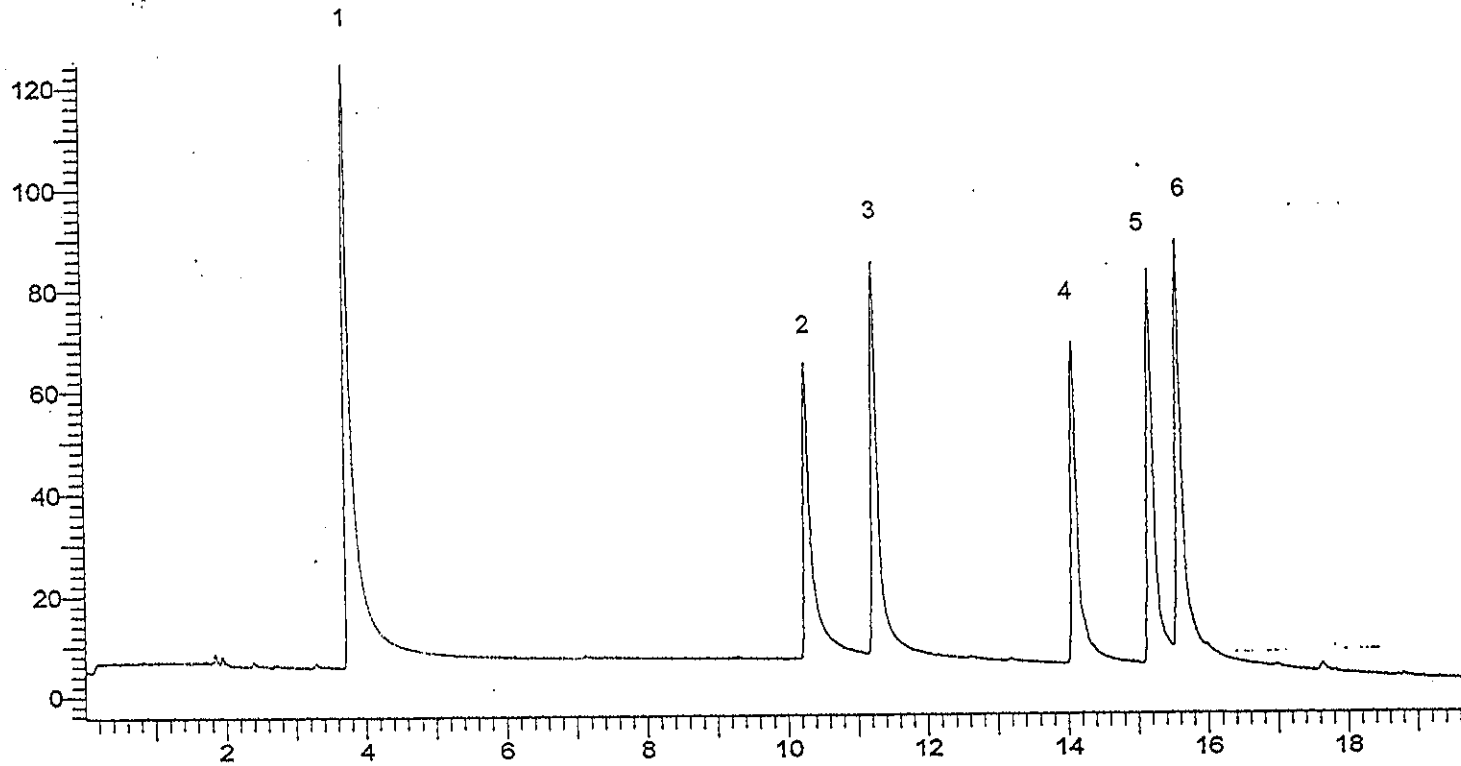
จากตารางที่ 4, 5 และ 6 พบว่าอุณหภูมิสุดท้าย เวลาและอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ให้ค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัดสูงสุดในการโปรแกรมอุณหภูมิเป็นดังนี้คือ อุณหภูมิสุดท้ายเป็น 280 องศาเซลเซียส โดยตั้งเวลาที่ให้อุณหภูมิกงที่ที่ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 นาที และอัตราการเพิ่มของอุณหภูมิเป็น 8 องศาเซลเซียสต่อนาที

สรุปผลการทดลองได้สภาวะการทดลองที่เหมาะสมดังนี้คือ การวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด ทำการวิเคราะห์แบบโปรแกรมอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยมีสภาวะดังนี้ อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 250 องศาเซลเซียส ด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที จากอัตราการไหลของฮีเลียมที่เหมาะสมและการโปรแกรมอุณหภูมิจะได้โครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด แสดงในภาพประกอบ 17 และค่ารีเทนชันไทม์แสดงในตารางที่ 7 ซึ่งให้ประสิทธิภาพการแยกดี และลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

ตาราง 7 แสดงค่ารีเทนชันไทม์ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด

สาร	ค่ารีเทนชันไทม์* (นาที)
เมทามิโดฟอส	4.04
โมโนโครโตฟอส	10.71
ไดเมทโรเอท	11.73
เมทิล-พาราไรออน	14.58
มาลาไรออน	15.67
เฟนไรออน	16.07

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 5 ครั้ง %RSD < 1.0 %



ภาพประกอบ 17 แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟอรัส 1 คือเมทามิโดฟอส
2 คือ ไมโนโครโตฟอส 3 คือ ไดเมทโรเอท 4. คือ เมทริล-พาราไรออน 5. คือมาลาไรออน 6 คือ เฟนไรออน

3.1.3. ศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัส

จากการศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจากข้อ 2.1.3 โดยวิเคราะห์หาปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่สภาวะการทดลองดังข้อ 2.1.2 ทำการตั้งสภาวะการทดลองให้ตัวตรวจวัดมีความไววิเคราะห์สูงสุดโดยให้ค่าการตอบสนองมีค่าเท่ากับ 1 และให้อัตราการขยายสัญญาณมีอัตราขยายสูงสุดเท่ากับ 1 ในการวิเคราะห์ทั่วไปต้องการตัวตรวจวัดที่มีความไววิเคราะห์สูง กล่าวคือสามารถตอบสนองต่อปริมาณสารได้ดี เพื่อที่จะสามารถตรวจหาสารปริมาณน้อย ๆ ได้ หรือมีขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดต่ำ ผลการศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของสารปราบศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสแสดงดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงค่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

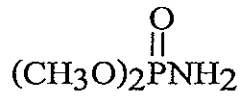
สาร	ขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)
เมทามิโดฟอส	1.000
โมโนโครโตฟอส	1.000
ไดเมทไฮเอท	0.100
เมทิล-พาราไรออน	0.010
มาลาไรออน	0.001
เฟนไรออน	0.001

ค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดคือ ความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่ต้องการวิเคราะห์ที่ควรจะตรวจวัดได้ โดยทั่วไปการวิเคราะห์ทางโครมาโตกราฟฟีนิยมใช้ปริมาณต่ำสุดที่สามารถตรวจสอบได้ (minimum detectable quantity, MDQ) ในทางปฏิบัติ หมายถึงปริมาณของสารที่สามารถทำให้เกิดความสูงของพีคเป็น 2.5 ถึง 5 เท่า จากสัญญาณรบกวน (signal / noise = 2.5 - 5) (PSS QAP, 2543)

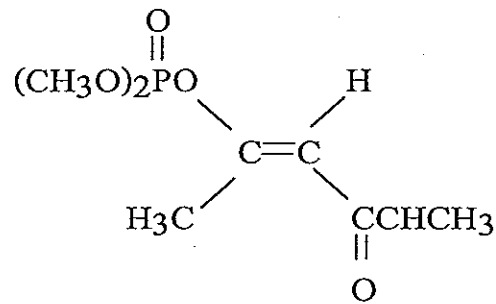
ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเมทามิโดฟอสที่ความเข้มข้น 1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร เมื่อหาค่าอัตราส่วนของพื้นที่พีคของเมทามิโดฟอสและพื้นที่พีคของสัญญาณรบกวนพบว่าจะได้ค่าเท่ากับ 3 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมทามิโดฟอสมีขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดที่ความเข้มข้น 1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ในกรณีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่นสามารถหาค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดได้ในทำนองเดียวกัน

จากการศึกษาขีดจำกัดต่ำสุดพบว่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมตามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และ เมทิล-พาราไรออนที่ความเข้มข้น 1.000, 1.000, 0.100, 0.010, 0.001 และ 0.001 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับมีค่าของสัญญาณประมาณ 3 เท่าของสัญญาณรบกวน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของMallet and Mallet (1989)

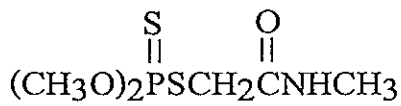
พิจารณาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทุกชนิดจะมีค่าไม่เท่ากัน พบว่าเมทามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสจะให้ขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดที่ความเข้มข้นสูง คือเท่ากับ 1.000 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ในขณะที่มาลาไรออนและเฟนไรออนจะให้ขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดต่ำกว่าที่ความเข้มข้นต่ำถึง 0.001 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ซึ่งเป็นผลมาจากค่าการตอบสนองของตัวตรวจวัดในโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่มีต่อสารปราบศัตรูพืชและสัตว์แต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากันและสภาพข้าวที่ต่างกันของเพลอยู่กับที่และสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างโมเลกุลของสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ชนิดนั้น ๆ



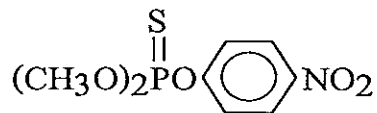
methamidophos



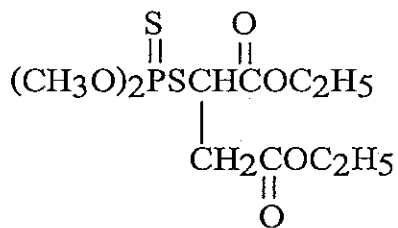
monocrotophos



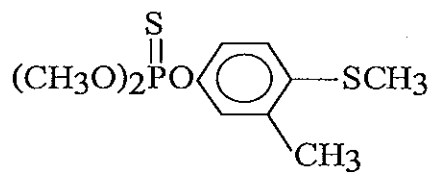
dimethoate



methyl parathion



malathion



fenthion

ภาพประกอบ 18 แสดงโครงสร้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ไมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมทามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทิล-พาราไรออน

พิจารณาสูตรโครงสร้างโมเลกุลของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดดังภาพประกอบ 18 โมเลกุลของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่แตกตัวให้แรดิคัล (radical) ของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสได้ยาก ตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสจะให้ค่าการตอบสนองได้ไม่ดี ดังนั้นขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจะมีค่าสูงได้แก่ เมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสที่มีพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสกับออกซิเจนซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ในกรณีของไดเมทโรเซท เมธิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน ซึ่งจะให้ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ต่ำกว่า เนื่องจากเกิดแตกตัวเป็นแรดิคัลของฟอสฟอรัสได้ดีกว่าเมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส (Ambrus, 1984)

3.1.4 ศึกษาคุณสมบัติของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

จากการศึกษาคุณสมบัติของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสโดยหาค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของเมทิล-พาราไรออนที่คุณสมบัติของตัวตรวจวัดที่เหมาะสมดังข้อ 2.1.4 แสดงดังตาราง 9 และภาพประกอบ 19

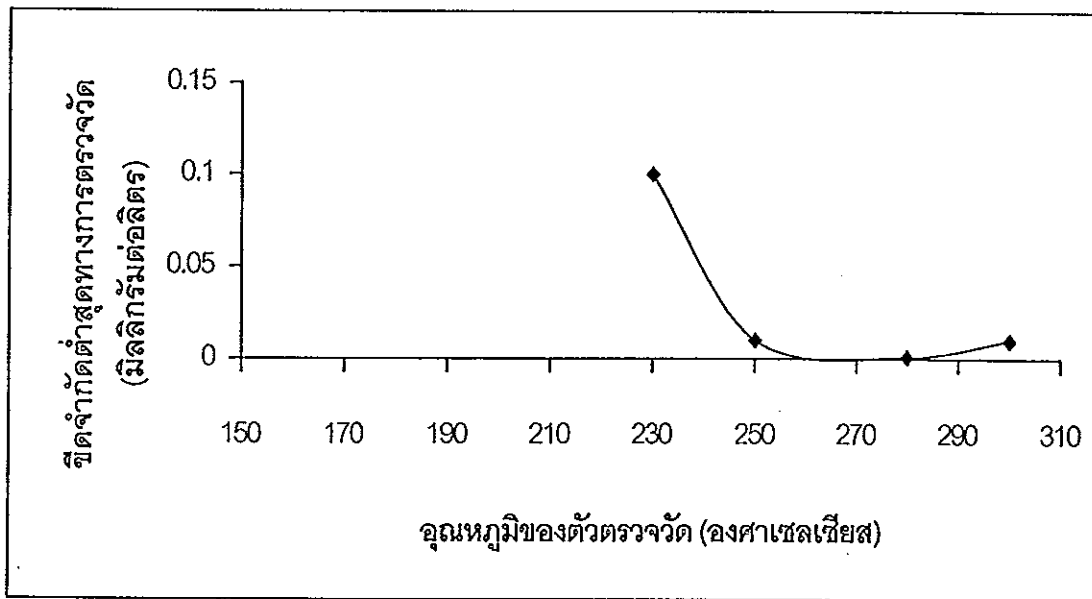
เลือกเมทิล-พาราไรออนเป็นตัวแทนในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำโปรแกรมคุณสมบัติ เนื่องจากตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสให้ค่าตอบสนองกับเมทิล-พาราไรออนได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับสารปราบศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ

ตัวตรวจวัดที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในแหล่งน้ำเป็นตัวตรวจวัดแบบไนโตรเจนฟอสฟอรัส ตัวตรวจวัดนี้อาจเรียกชื่อได้อีกอย่างหนึ่งว่าเทอร์มิโอไอออนิก (thermionic detector) หรืออัลคาไลเฟลมเทอร์มิโอไอออนิกดีเทคเตอร์ (alkali flame thermionic detector, AFTD) ตัวตรวจวัดชนิดนี้ใช้วิเคราะห์และมีสภาพความไวสูงต่อสารประกอบฟอสฟอรัสและไนโตรเจน หลักการทำงานของตัวตรวจวัดชนิดนี้คือ เมื่อสารตัวอย่างออกจากคอลัมน์จะเข้าสู่พลาสมา เปลือกของโลหะอัลคาไลจะเป็นแหล่งที่ทำให้สารประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเกิดแตกตัว (ionized) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กลไกของการเกิดไอออนไนเซชันนั้นยังไม่ทราบแน่ชัด (Grob, 1985)

ก่อนทำการวิเคราะห์จะต้องหาอัตราเร็วของแก๊สเชื้อเพลิงที่เหมาะสมคือไฮโดรเจนและอากาศ เพราะอัตราการไหลของแก๊สทั้งสองชนิดจะมีผลต่อความไววิเคราะห์ของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส โดยคุณสมบัติของพลาสมาที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนรวมกับสารที่วิเคราะห์จะเกิดได้สมบูรณ์หรือไม่ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของแก๊สเชื้อเพลิงซึ่งส่งผลกระทบต่อกระบวนการไอออนไนเซชันว่าจะเกิดได้ดีหรือไม่ (Lacorte, Molina and Barcelo, 1993)

ตาราง 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของตัวตรวจวัดกับขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด

อุณหภูมิของตัวตรวจวัด (องศาเซลเซียส)	ค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)
230	0.100
250	0.010
280	0.001
300	0.010



ภาพประกอบ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของตัวตรวจวัดกับค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัด

จากตารางที่ 9 และภาพประกอบ 19 แสดงขีดจำกัดต่ำสุดเมื่อตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดต่างกันคือ ที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียสขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจะมีค่าสูงเนื่องจากกระบวนการไอออไนซ์เซชันเกิดได้ไม่สมบูรณ์ (Lacorte, Molina and Barcelo, 1993) ในขณะที่อุณหภูมิของตัวตรวจวัดเป็น 250 และ 300 องศาเซลเซียสขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจะมีค่าต่ำลง การเลือกอุณหภูมิของตัวตรวจวัดสูง ๆ จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของเกล็ดของโลหะอัลคาไลให้สั้นลง (Karamfilov, et al., 1996) เพราะฉะนั้นไม่ควรจะตั้งอุณหภูมิของตัวตรวจวัดไว้สูง ๆ เกินความจำเป็น อุณหภูมิที่เหมาะสมของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่ใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสคือ 280 องศาเซลเซียสซึ่งสอดคล้องกับงานของ Vinuesa, et al. (1989) เนื่องจากจะให้ค่าขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดมีค่าต่ำที่สุดและความไววิเคราะห์สูงสุดในการตอบสนองต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

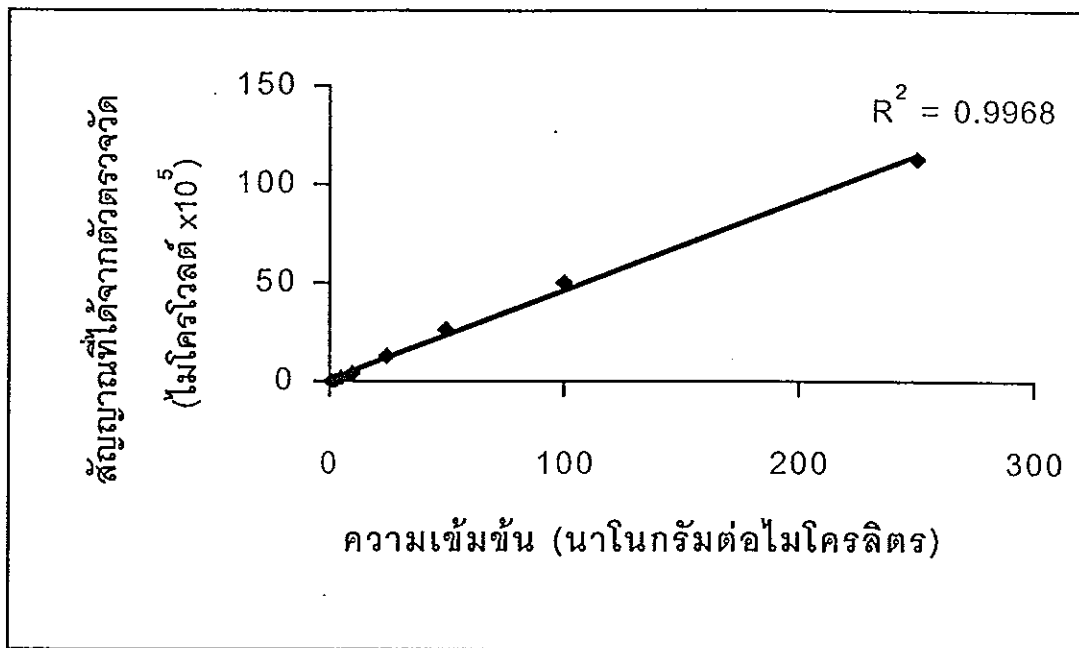
3.1.5 ศึกษาการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัส

ผลของการศึกษาช่วงของความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่สามารถวิเคราะห์ได้โดยเทคนิคโครมาโทกราฟี ดังข้อ 2.1.5 ที่สภาวะการทดลองที่เหมาะสมพบว่าตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสให้การตอบสนองเป็นเส้นตรงในช่วง 0.10-250.00 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร พบว่าช่วงความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่สามารถวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีจะอยู่ในช่วง 0.10 – 250.00 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ซึ่งให้ค่าสอดคล้องกับงานของ Mallet and Mallet, 1989 ดังแสดงในตารางที่ 10 และภาพประกอบที่ 20-25

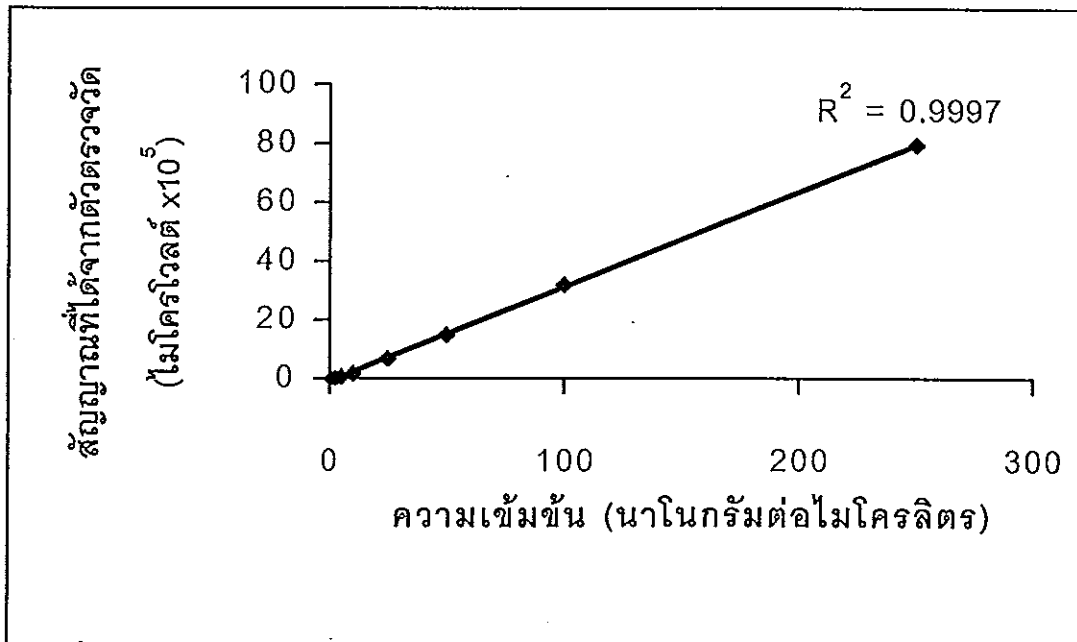
ตาราง 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดกับค่าสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

ความเข้มข้น (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์ x 10 ⁵)					
	เมทลามิโดฟอส	โมโนโครโตฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทริล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
0.01	ND	ND	ND	ND	0.27	0.07
0.1	ND	ND	0.12	0.15	0.54	0.18
1.0	0.19	0.05	0.24	0.33	1.56	0.82
2.5	0.70	0.19	0.63	0.83	1.81	1.42
5.0	1.79	0.61	1.45	1.67	2.32	2.81
10.0	4.19	1.74	3.22	3.59	3.58	5.25
25.0	12.93	6.83	9.30	9.95	7.94	13.49
50.0	26.50	14.91	17.91	18.81	14.30	25.71
100.0	50.43	32.06	36.13	36.67	27.14	48.80
250.0	112.83	79.44	88.08	86.22	61.24	111.77

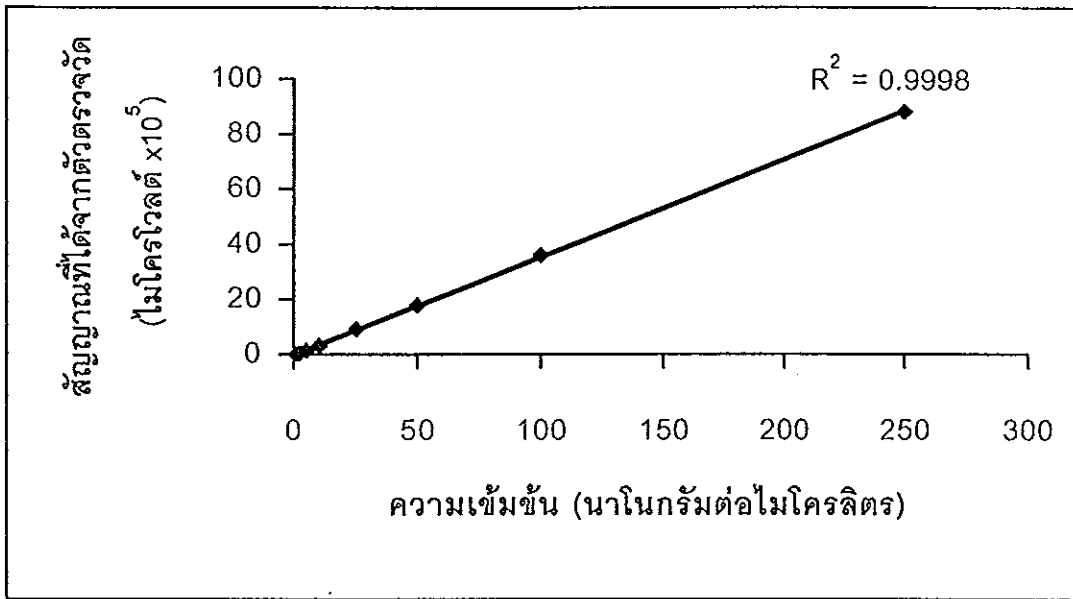
* เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการทดลอง 3 ครั้ง ND คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)



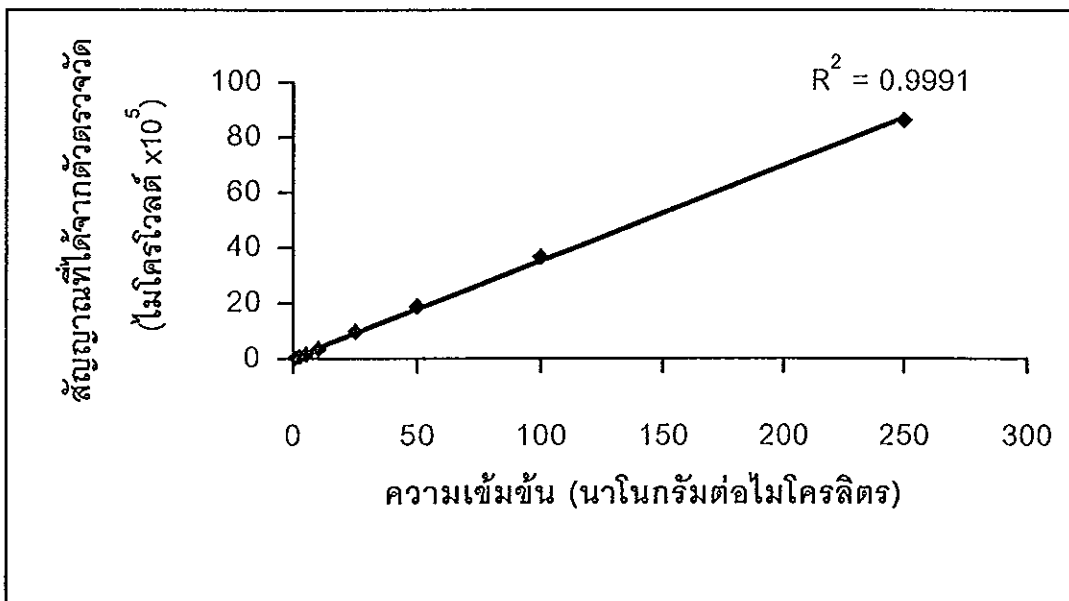
ภาพประกอบ 20 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อเมทามิโดฟอส



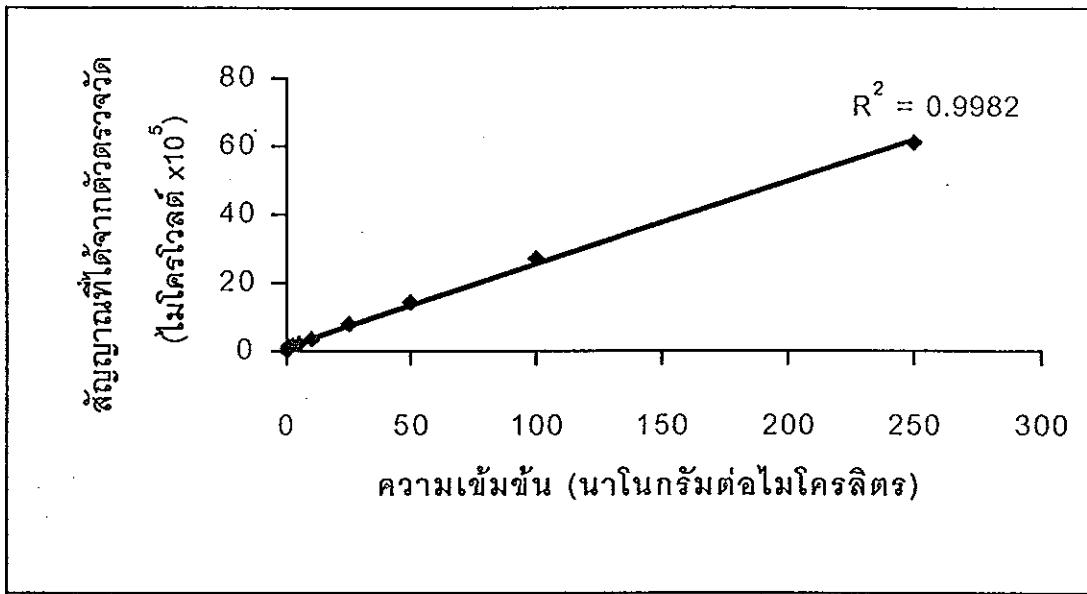
ภาพประกอบ 21 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อไมโนโครโตฟอส



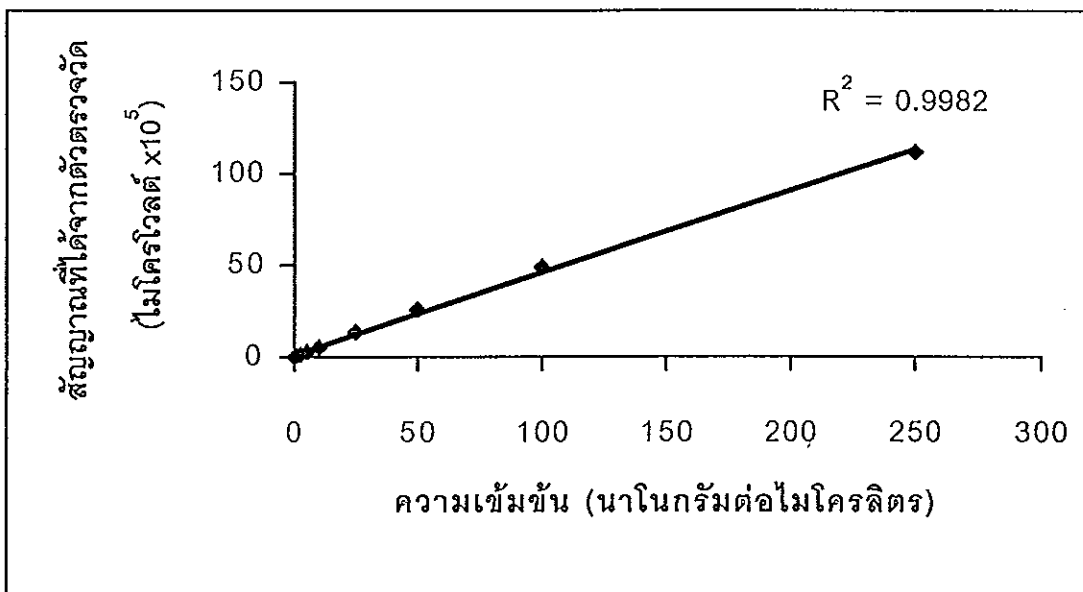
ภาพประกอบ 22 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อโคเมทโรเซท



ภาพประกอบ 23 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อ
เมทธิล-พาราโรฮอน



ภาพประกอบ 24 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อมาลาไรออน



ภาพประกอบ 25 แสดงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อเฟนโออน

ตาราง 11 ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

ชนิดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	r^2
เมทามิโดฟอส	0.9968
โมโนโครโตฟอส	0.9997
ไดเมทโรเอท	0.9998
เมทิล-พาราไรออน	0.9991
มาลาไรออน	0.9982
เฟนไรออน	0.9982

จากตาราง 11 แสดงช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด พบว่าให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วง 0.9968- 0.9991 ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Karamifilov, et al. (1996) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าความไววิเคราะห์สูง ค่าการตอบสนองของเมทามิโดฟอสซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.9968 ก็ให้ความไววิเคราะห์สูงเช่นเดียวกับงานของ Mallet and Mallet (1989) ดังนั้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในช่วงความเข้มข้น 0.10 – 250.00 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร จะให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง

3.1.6 ศึกษาค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-

ฟอสฟอรัส

จากการศึกษาค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด โดยวิเคราะห์สารมาตรฐานผสมกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนดังในข้อ 2.1.6 ค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดแสดงดังตารางที่ 12

วิธีหาค่าแฟคเตอร์ของพื้นที่ที่ได้พิก (area normalization) สามารถทำได้โดยการคำนวณพื้นที่ของแต่ละพิกแล้วนำมารวมกัน ค่าเปอร์เซ็นต์นอร์มัลไลเซชันของพื้นที่ที่ได้พิกคำนวณได้จากสมการ

$$\% \text{ พิก A} = \frac{\text{พื้นที่ของพิก A} \times 100}{\text{พื้นที่รวมทั้งหมด}}$$

นอร์มัลไลเซชันของพื้นที่ที่ได้พิกนี้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของสารเหล่านั้น ถ้าสารมีจุดเดือดใกล้เคียงกัน และมีค่าการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดเท่ากัน โดยต้องตั้งอยู่ในสมมติฐานว่าสารที่ผ่านเข้าไปในคอลัมน์ทุกตัวต้องออกจากคอลัมน์ทั้งหมด

ในกรณีที่สารแต่ละชนิดมีค่าการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดแตกต่างกัน ทำให้พื้นที่พิกของสารเหล่านั้นในตัวอย่างไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบ ค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองนี้จะต้องนำไปคำนวณหาปริมาณสารที่แท้จริง และค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ได้จะแตกต่างกันตามชนิดของสารตัวอย่างและชนิดของตัวตรวจวัด

$$\% \text{ พิก A} = \frac{\text{พื้นที่พิกของ A} \times \text{RF} \times 100}{\text{พื้นที่รวม}}$$

โดยที่ RF คือค่าแฟคเตอร์การตอบสนอง

ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของตัวตรวจวัดนี้จะไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ แก๊สพา และ อัตราการไหล (Grob, 1985)

ตาราง 12 แสดงค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

สาร	ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ความเข้มข้นต่าง ๆ*			
	5 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร	10 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร	100 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร	250 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร
เมทามิโดฟอส	20.31	18.27	2.82	1.17
โมโนโครโตฟอส	28.51	34.04	4.38	5.97
ไดเมทโฮเอท	3.07	2.89	1.89	1.16
เมทิล-พาราไรออน	2.08	2.17	1.66	1.10
มาลาไรออน	1.66	1.88	1.70	1.19
เฟนไรออน	1.00	1.00	1.00	1.00

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 3 %

จากการศึกษาค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ความเข้มข้นต่าง ๆ โดยฉีดสารผสมมาตรฐานของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 5.0, 10.0, 100.0 และ 250.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับ จากตาราง 11 พบว่าสารผสมมาตรฐานของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นต่างกัน จะให้ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองต่างกัน

หากสารทุกตัวมีการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดเท่ากัน ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ได้จะมีค่าเท่ากัน เมื่อพิจารณาที่ความเข้มข้น 5.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน มีค่าเท่ากับ 20.31, 28.51, 3.07, 2.08, 1.66 และ 1.00 ตามลำดับ จากค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่แตกต่างกันแสดงให้เห็นว่าสารทุกตัวมีค่าการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดต่างกัน ดังนั้นในการคำนวณหาปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจึงต้องนำค่าแฟคเตอร์การตอบสนองไปคำนวณด้วยเพื่อความถูกต้องของผลการวิเคราะห์

เมื่อพิจารณาค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแต่ละตัวพบว่าเมทามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสจะให้ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเมทามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสมีการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่ำที่สุด อธิบายได้จากโครงสร้างโมเลกุลของเมทามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสแตกตัวเป็นเรดดิคัลของฟอสฟอรัสได้ยากกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของพันธะคู่ระหว่างฟอสฟอรัสและออกซิเจน ($P=O$) จะมีความแข็งแรงกว่า ($P=S$) ซึ่งจะแตกตัวเป็นเรดดิคัลของฟอสฟอรัสได้ยากกว่า กลไกการไอออไนซ์เซชันจึงเกิดได้ไม่ดี ค่าการตอบสนองต่อตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสมีค่าต่ำ ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองจึงมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเฟนไธออนที่มีพันธะระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์ได้ถึง 2 พันธะ (Ambrus, 1984) นอกจากนั้นยังพิจารณาถึงจุดเดือดที่ใกล้เคียงกันและองค์ประกอบของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในสารป้องกันกำจัดศัตรู

พืชแต่ละชนิด โดยสารที่มีปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอยู่ในโครงสร้างโมเลกุลใกล้เคียงกัน จะให้ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองใกล้เคียงกัน (Karamfilov, et al., 1996)

เมื่อทำการศึกษาที่ความเข้มข้นสูงขึ้น คือที่ความเข้มข้นเท่ากับ 10.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร พบว่าค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีค่าใกล้เคียงกับค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ความเข้มข้น 5.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร โดยค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของเมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 18.27, 30.04, 2.89, 2.17, 1.88 และ 1.00 ตามลำดับ โดยเมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสจะให้ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองมีค่าต่างจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตัวอื่น ๆ เช่นเดียวกับค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองที่ความเข้มข้น 5 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร

พิจารณาค่าแฟคเตอร์การตอบสนองที่ความเข้มข้น 100.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรพบว่าค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของเมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 2.82, 4.38, 1.89, 1.66, 1.70 และ 1.00 ตามลำดับ พบว่าค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองของสารมีค่าอยู่ในช่วง 1.00-3.00 ถึง 5 ชนิด ยกเว้นแค่โมโนโครโตฟอสเท่านั้นที่ให้ค่าแฟคเตอร์การตอบสนองเท่ากับ 4.38 ซึ่งมีค่าต่างออกไป ค่าแฟคเตอร์ของการตอบสนองที่ความเข้มข้น 250.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ก็จะให้ผลในทำนองเดียวกัน กล่าวคือค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของเมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 1.17, 5.97, 1.16, 1.10, 1.19 และ 1.00 ตามลำดับ พบว่าค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของสารมีค่าอยู่ในช่วง 1.00-2.00 ถึง 5 ชนิด ยกเว้นแค่โมโนโครโตฟอสเท่านั้น เนื่องจากโมโนโครโตฟอสประกอบด้วยพันธะระหว่างฟอสฟอรัสกับออกซิเจนถึง 2 พันธะ จึงมีความแข็งแรงมากกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ จึงมีค่าแฟคเตอร์การตอบสนองของตัวตรวจวัดสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเฟนไรออน

3.1.7 วิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

โดยเทคนิค internal standard method

จากการทดลองในข้อ 2.1.7 พบว่าช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด แสดงดังตาราง 13 และภาพประกอบ 26 - 31

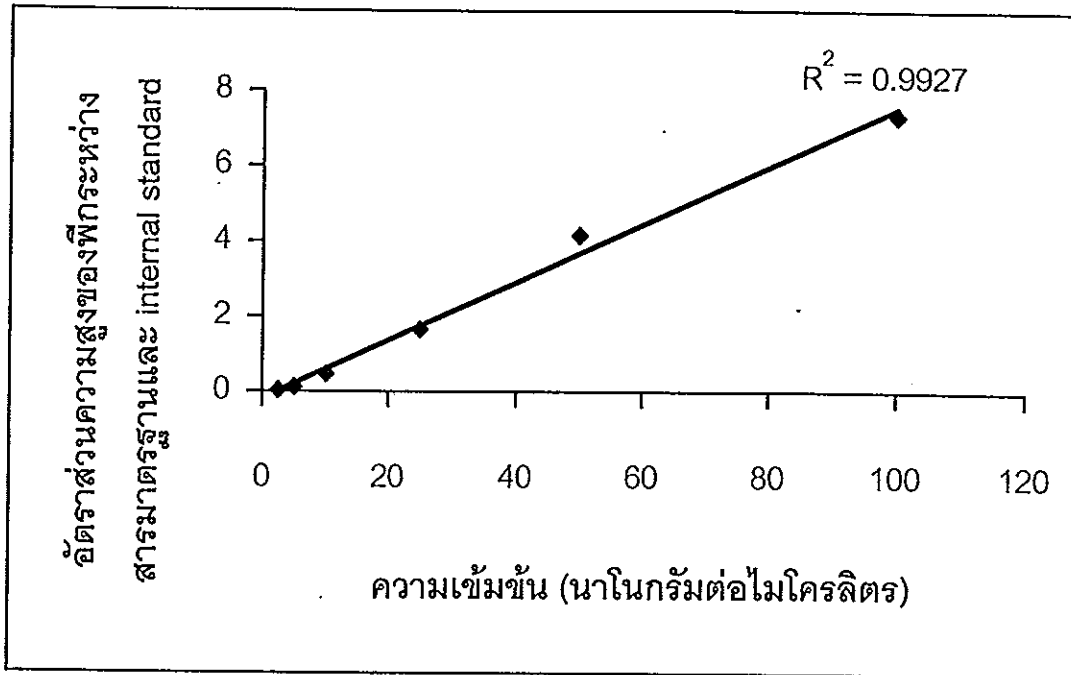
ตาราง 13 ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

ชนิดสารปราบศัตรูพืชและสัตว์	r^2
เมทามิโดฟอส	0.9927
โมโนโครโตฟอส	0.9905
ไดเมทโรเอท	0.9516
เมทิล-พาราไรออน	0.9338
มาลาไรออน	0.9363
เฟนไรออน	0.8526

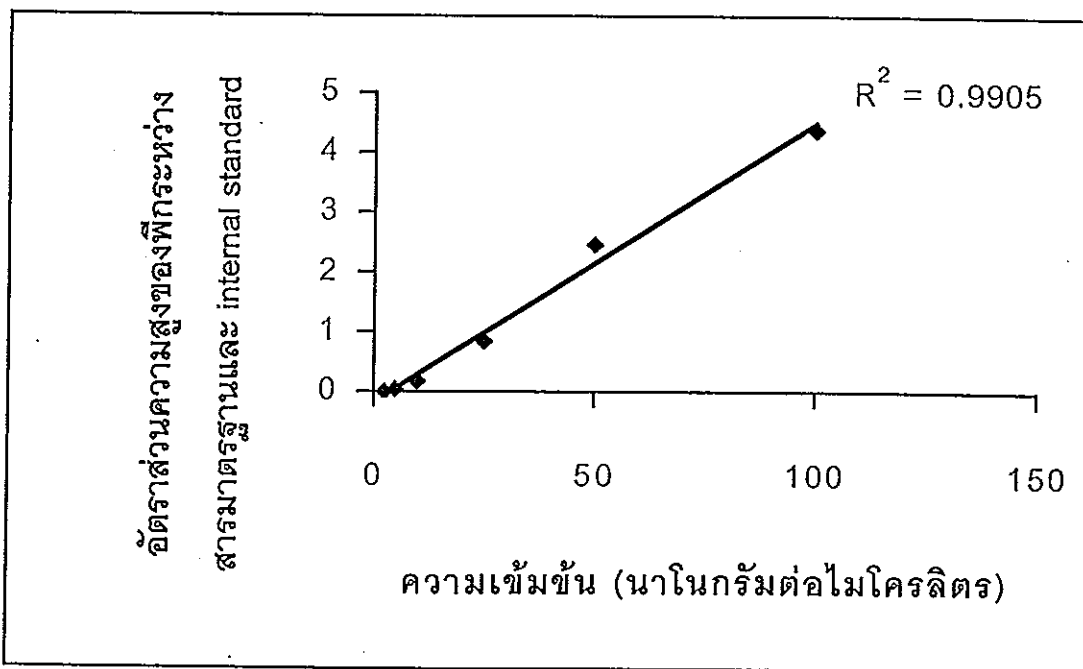
ตาราง 14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดกับค่าอัตราส่วนความสูงของพีกสารผสม
มาตรฐานกับ internal standard

ความเข้มข้น (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)	ค่าอัตราส่วนความสูงของพีกสารผสมมาตรฐานกับ internal standard					
	เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโตฟอส	ไดเมทไรเอท	เมทริล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
2.5	0.031	0.004	0.140	0.243	0.071	0.495
2.0	0.125	0.036	0.362	0.528	0.212	0.900
10.0	0.468	0.173	0.885	1.118	0.602	1.819
25.0	1.656	0.839	2.024	2.250	1.511	3.164
50.0	4.163	2.464	3.915	3.792	2.990	4.342
100.0	7.325	4.374	5.446	5.084	3.971	5.225

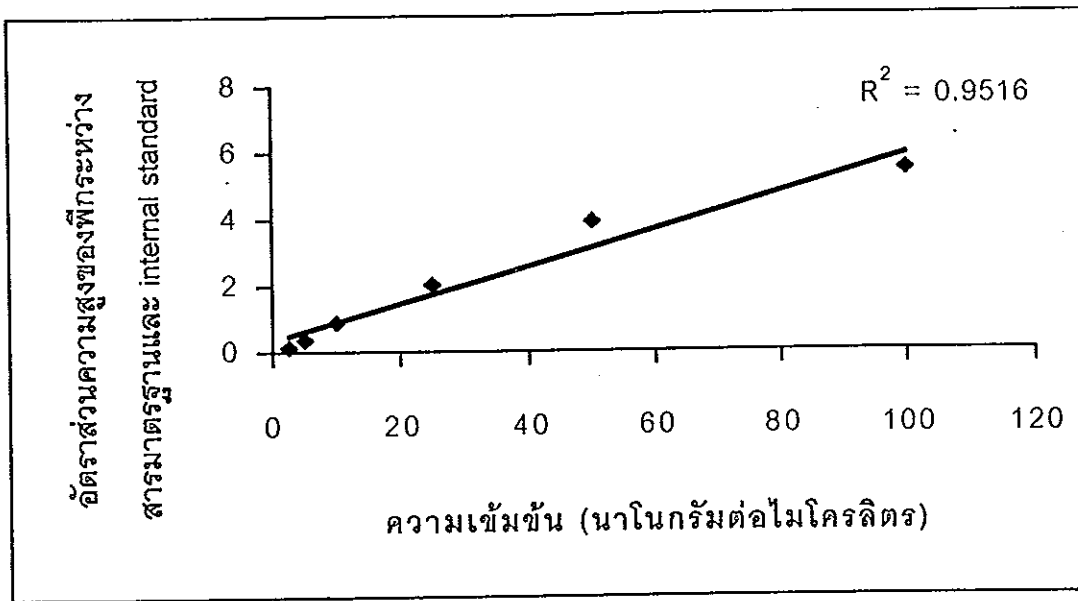
* เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการทดลอง 3 ครั้ง



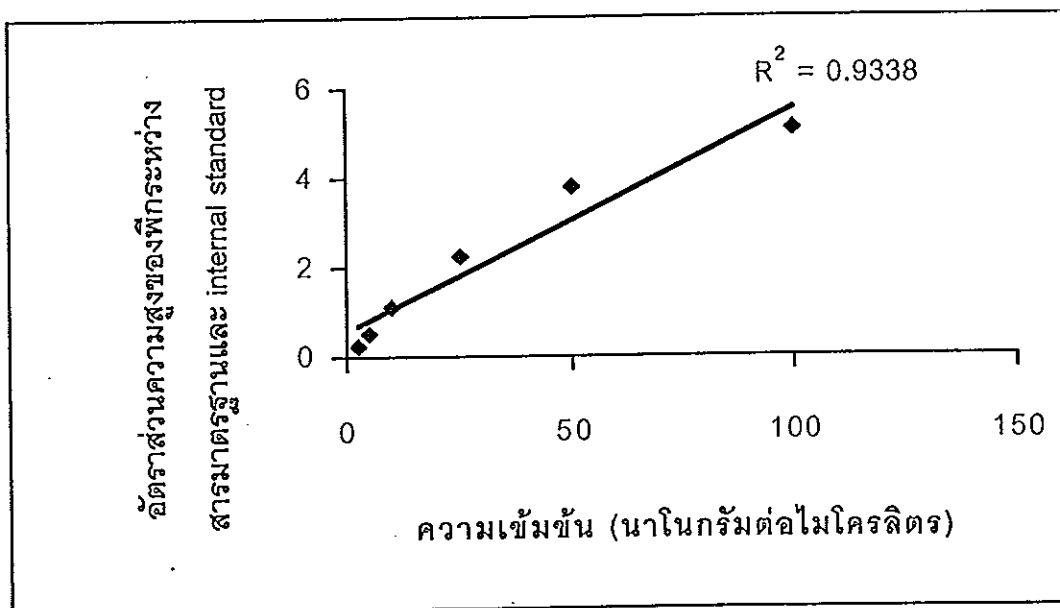
ภาพประกอบ 26 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของเมทามิโดฟอส



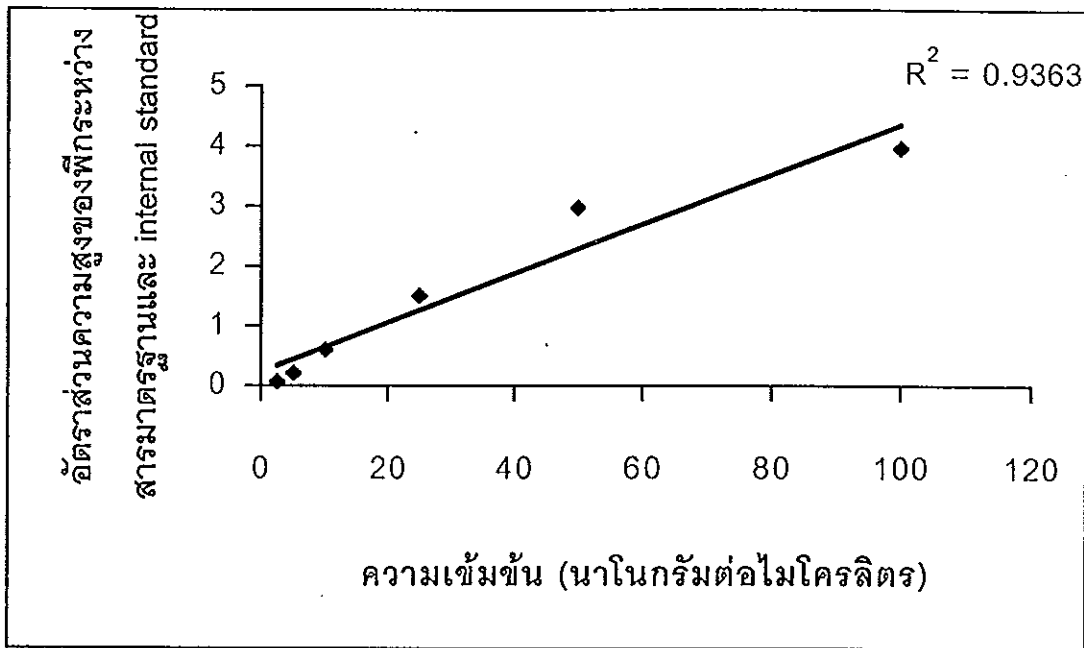
ภาพประกอบ 27 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของไมโนโครโตฟอส



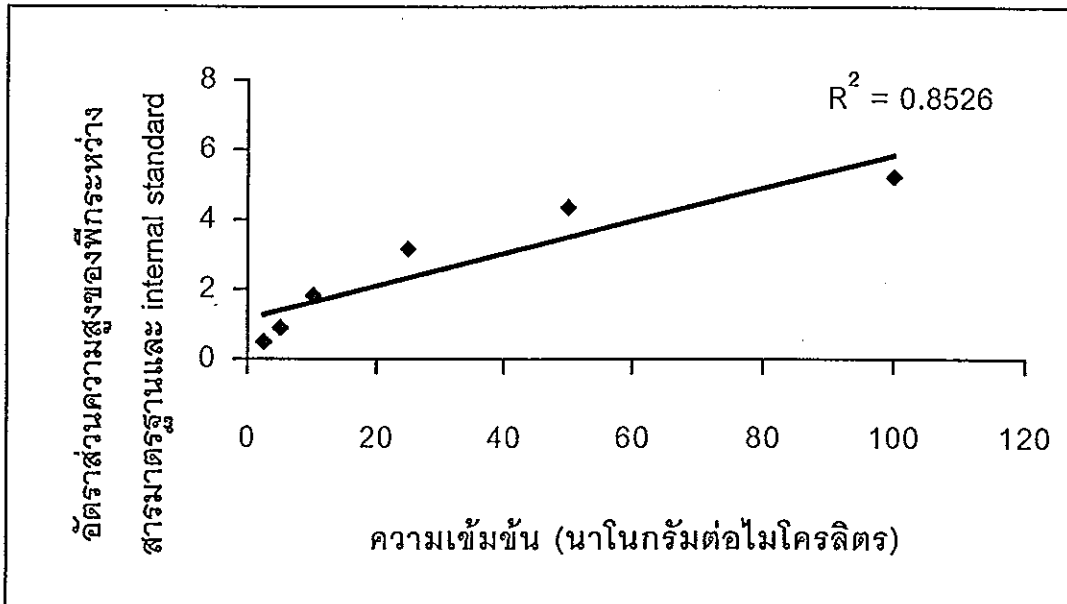
ภาพประกอบ 28 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารมาตรฐานและ internal standard ของไดเมทิลเอเทอร์



ภาพประกอบ 29 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีคระหว่างสารมาตรฐานและ internal standard ของเมทิล - พาราไฮดรอน



ภาพประกอบ 30 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีกระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของมาลาไรออน

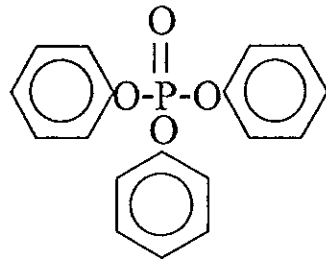


ภาพประกอบ 31 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความสูงของพีกระหว่างสารผสมมาตรฐานและ internal standard ของเฟินไรออน

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค internal standard method โดยเติมสารมาตรฐานที่เป็นสารต่างชนิดกับสารตัวอย่างซึ่งเรียกว่า internal standard ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนลงไปในการตัวอย่างเพื่อให้เปรียบเทียบ การเติม internal standard ต้องคำนึงถึงความเข้มข้นและปริมาตรที่เปลี่ยนไปด้วย เนื่องจากต้องให้สัญญาณการตอบสนองจากตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสได้แก่ความสูงของพีคหรือพื้นที่พีคสำหรับการเปรียบเทียบ เทคนิคนี้มีข้อดีคือ สารประกอบต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสารตัวอย่างไม่จำเป็นที่จะต้องถูกชะออกมาหมดทุกตัว แต่ต้องมีสารที่สนใจจะวิเคราะห์และ internal standard ที่เติมลงไปถูกชะออกมาหมด

ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดที่ศึกษาโดยเทคนิค internal standard method สาร internal standard ที่ใช้คือ ไตรฟีนิลฟอสเฟต เนื่องจากเมื่อพิจารณาสมบัติและโครงสร้างโมเลกุลดังภาพประกอบที่ 32 พบว่าเป็นสารบริสุทธิ์ที่ไม่เป็นองค์ประกอบของสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ที่สนใจหรือมีอยู่ในสารตัวอย่าง และสามารถแยกออกจากสารตัวอย่างได้อย่างสมบูรณ์ รวมทั้งจะต้องเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ศึกษา (Graves, ed. 1989 : Lacorte, Molina and Barcelo, 1993)

ปริมาณของ internal standard ที่เติมลงไปนั้นอาศัยหลักที่ว่าความเข้มข้นต้องใกล้เคียงกับสารที่ต้องการหาปริมาณ และตัวตรวจวัดจะต้องให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงในช่วงความเข้มข้นที่ต้องการวิเคราะห์ (Graves, ed. 1989) ดังนั้นจึงได้ทำการเติม internal standard ในช่วงการตอบสนองของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารปราบศัตรูพืชและสัตว์กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นเส้นตรงคืออยู่ในช่วงความเข้มข้น 100.0, 50.0, 25.0, 10.0, 5.0, 2.5, 1.0 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ดังแสดงในตารางที่ 14 โคโรมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและไตรฟีนิลฟอสเฟตแสดงในภาพประกอบ 33



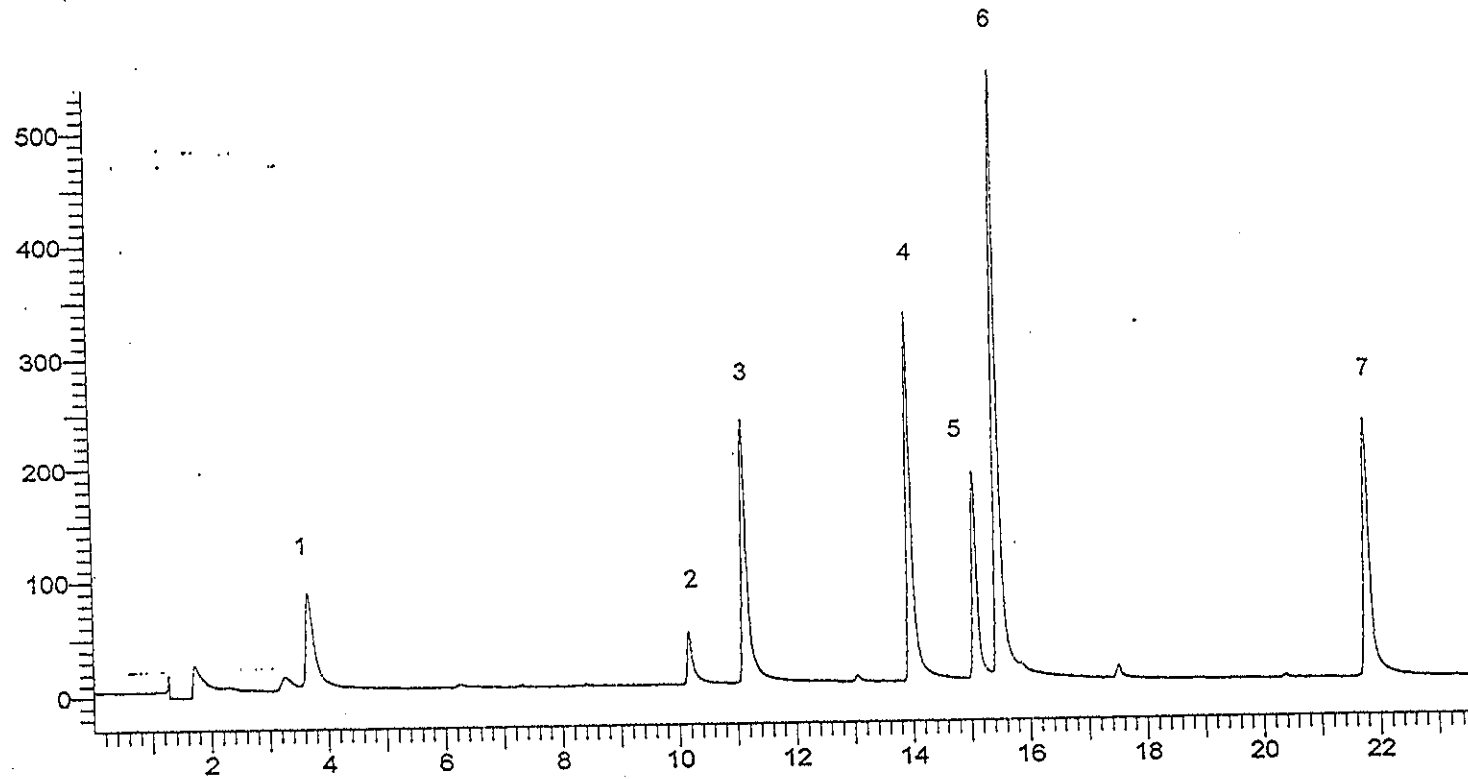
ภาพประกอบ 32 แสดงโครงสร้างของสารไตรฟีนิลฟอสเฟต

จากภาพประกอบ 26-31 แสดงกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของสารปราบศัตรูพืชและสัดส่วนกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสกับอัตราส่วนความสูงของพีระหว่างสารมาตรฐานและ internal standard และตารางที่ 13 พบว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดจะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงไม่เท่ากัน โดยเมททามิโดฟอสจะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงมีค่าดีที่สุดเท่ากับ 0.9905 ในขณะที่เฟนไธออนจะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงต่ำที่สุดเท่ากับ 0.8526

สาเหตุที่ทำให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ตัวมีค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงไม่เท่ากันเนื่องจากผลที่เกิดจาก internal standard โดยที่สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความเป็นขั้วใกล้เคียงกับไตรฟีนิลฟอสเฟตก็จะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรง โดยสารที่มีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยพันธะระหว่างฟอสฟอรัสกับออกซิเจนจะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงดี ได้แก่เมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส ในขณะที่สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีพันธะระหว่างฟอสฟอรัสและซัลเฟอร์จะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงได้ไม่ดี (Karamfilov, et al.,1996)

ดังนั้นจึงสามารถอธิบายผลที่ทำให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงมีค่าต่างกันได้จากโครงสร้างของโมเลกุลที่แตกต่างกัน เพราะฉะนั้นการเลือก internal standard ให้เหมาะสมกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดที่มีสภาพขั้วต่างกันมาก ๆ เป็นไปได้ยาก โดยไตรฟีนิลฟอสเฟตจะให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วสูง แต่ให้ค่าการตอบสนองเป็นเส้นตรงต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มี

สภาพแวดล้อม (Lacorte, Molina and Barcelo, 1993) ดังนั้นการหาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในงานวิทยานิพนธ์นี้ จึงใช้การวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยเทคนิค external standard แทน เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดให้ช่วงความเข้มข้นที่ตอบสนองเป็นเส้นตรงเท่ากับ 0.9968-0.9991 ซึ่งในการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าเทคนิค internal standard



ภาพประกอบ 33 แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสและไตรฟีนิลฟอสเฟต 1 คือเมทรามิโดฟอส 2 คือ โมโนโครโตฟอส 3 คือ ไดเมทโรเอท 4. คือ เมทริล-พาราไรออน 5. คือมาลาไรออน 6 คือ เฟนไรออน 7 คือไตรฟีนิลฟอสเฟต (internal standard)

3.2 ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม ออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE)

3.2.1 ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม

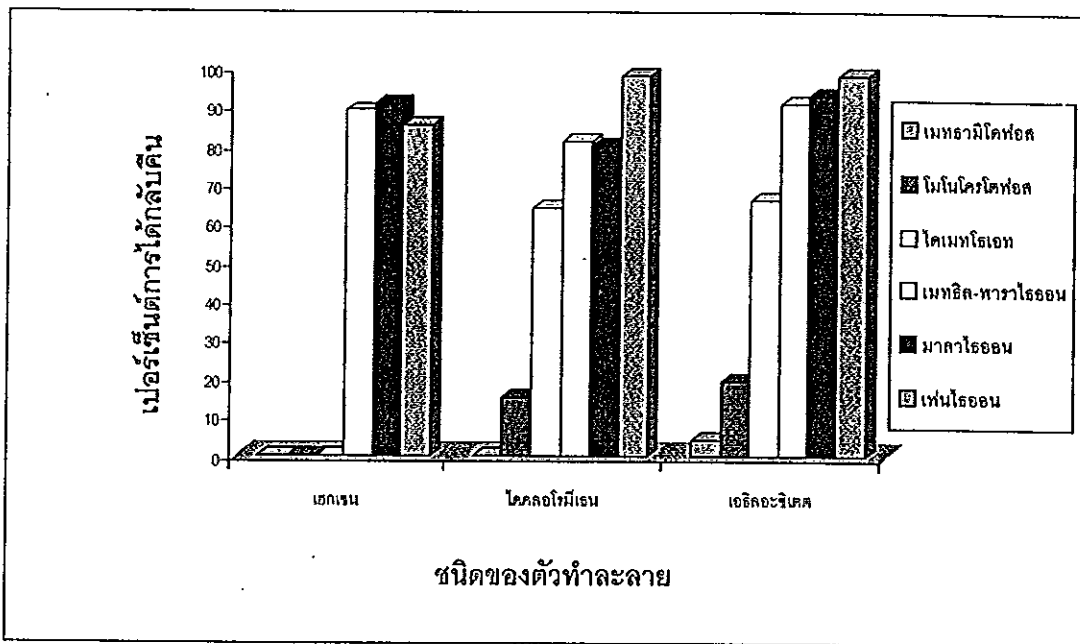
จากผลการศึกษาตัวทำละลาย 3 ชนิด ได้แก่ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตต ในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำดังในข้อ 2.2.1 แสดงดังตาราง 15 และภาพประกอบ 34

ตาราง 15 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร เมื่อใช้ตัวทำละลาย 3 ชนิด

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*		
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
เมทามิโดฟอส	N.D.	N.D.	4
โมโนโครโทฟอส	N.D.	15	19
ไดเมทโรเอท	N.D.	64	66
เมทิล-พาราไรออน	89	81	91
มาลาไรออน	91	80	93
เฟนไรออน	85	98	98

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 15



ภาพประกอบ 34 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดจากตัวทำละลาย 3 ชนิด
คือ เฮกเซน ไคคลอโรมีเทนและเอธิลอะซิเตต

จากตารางที่ 15 และภาพประกอบที่ 34 พิจารณาเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ได้จากตัวทำละลายแต่ละชนิด เมื่อใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย สามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ 3 ชนิดคือ เมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 89, 91 และ 85 ตามลำดับ ในขณะที่ใช้ไคคลอโรมีเทนเป็นตัวทำละลายสามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เพิ่มขึ้นถึง 5 ชนิด โดยเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของโมโนโครโทฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เท่ากับ 15, 66, 81, 80 และ 98 ตามลำดับ

เมื่อใช้เอธิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายให้ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีที่สุด กล่าวคือสามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ครบทั้ง 6 ชนิด เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทามิโดฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เท่ากับ 4, 19, 66, 91, 93 และ 98 ตามลำดับ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสเป็นการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดภายในการวิเคราะห์ครั้งเดียว แต่สภาพตัวของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดมีความแรงของสภาพขั้วแตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงต้องหาตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วเหมาะสมในการสกัด (Tolosa, Readman and Mee, 1996) เมื่อพิจารณาสภาพขั้วของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด พบว่าสามารถแยกสภาพขั้วของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสารที่มีสภาพขั้วปานกลาง (slightly polar) ได้แก่ มาลาไรออน เมทิลพาวราไรออนและเฟนไรออน และกลุ่มสารที่มีสภาพขั้วสูง (highly polar) ได้แก่ เมทามิโดฟอส (Fernandez, et al., 1998) โมโนโครโตฟอสและไดเมทโรเซท (Tolosa, Readman and Mee, 1996)

หลักการสกัดด้วยตัวทำละลายเกิดจากการพาร์ทิชันของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชระหว่างตัวทำละลาย 2 ชนิดที่ไม่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายอยู่ในตัวทำละลายแต่ละชนิดจะมีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของตัวถูกละลายและตัวทำละลาย อัตราส่วนความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเอทิลอะซิเตตต่อความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำที่สมดุล คือค่าคงที่ของสมดุลที่เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการกระจาย ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะตัว (Morison and Fresier, 1965) ดังนั้นสามารถอธิบายประสิทธิภาพการสกัดด้วยตัวทำละลายได้กล่าวคือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะสามารถละลายไปอยู่ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกันได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วต่างกันมาก ๆ

เมื่อพิจารณาสภาพขั้วของตัวทำละลายสามารถเปรียบเทียบได้โดยใช้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (dielectric constant) ปกติแล้วตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วสูงจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกสูง แต่ตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วต่ำจะมีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกต่ำ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของเฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตตมีค่าเท่ากับ 1.89, 8.90 และ 6.02 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบในเทอมของไดโพลโมเมนต์ หากโมเลกุลมีไดโพลโมเมนต์มาก โมเลกุลจะมีสภาพขั้วแรง ค่าไดโพลโมเมนต์ของเฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอทิลอะซิเตตมีค่าเท่ากับ 0.08, 1.60 และ 1.78 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาไดโพล

โมเมนต์และค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด พบว่าตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วเหมาะสมกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดคือ เอธิลอะซิเตต

เมื่อพิจารณากลุ่มสารที่มีสภาพขั้วสูงได้แก่ เมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอสและ ไดเมทโรเอท พบว่าจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มสารที่มีสภาพขั้วปานกลางได้แก่ มาลาไรออน เมทิล-พาราไรออนและเฟนไรออน เนื่องจากสภาพขั้วของเอธิลอะซิเตตจะเหมาะสมกับสารปราบศัตรูพืชกลุ่มหลังมากกว่ากลุ่มแรก นอกจากนั้นสารกลุ่มแรกยังมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีซึ่งสอดคล้องกับงานของAlbanis, et al. (1998) จึงละลายไปกับเฟสของน้ำไม่ย้ายมาอยู่ในเฟสของเอธิลอะซิเตต

ตาราง 16 แสดงสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิด

สาร	การละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ครึ่งชีวิตในดิน (วัน)	การดูดซับในดิน (K _{oc})
เมททามิโดฟอส	90000	6	-
โมโนโครโตฟอส	1 (กิโลกรัมต่อลิตร)	-	-
ไดเมทโรเอท	20000	14	-
เมทิล-พาราไรออน	50	15	5100
มาลาไรออน	145	4	1800
เฟนไรออน	55	15	8900

(Albanis, et al., 1998)

ในกรณีของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วสูงปัญหาที่เกิดขึ้นคือ สารนั้น ๆ สามารถที่จะละลายน้ำได้ โดยเฉพาะเมื่อทำการสกัดสารที่ตกค้างในน้ำ โดยน้ำจะมีสภาพขั้วสูงใกล้เคียงกับตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดดังนั้นจึงไม่สามารถจะเคลื่อนย้ายเฟสของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากเฟสของตัวทำละลายมาอยู่ในเฟสของน้ำได้

(Colina, et al., 1993 : Tolosa, Readman and Mee, 1996 : Okumura and Nishikawa, 1995) เพราะว่าเฟสทั้งสองเฟสมีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงไม่เกิดการแยกชั้นเนื่องจากเฟสทั้ง 2 เฟสและจะเกิดการละลายซึ่งกันและกัน

สรุปผลการศึกษาดำทำละลาย 3 ชนิดคือ ไดคลอโรมีเทน เฮกเซนและเอธิลอะซิเตต พบว่าเฮกเซนมีสภาพขั้วต่ำดังนั้นประสิทธิภาพในการสกัดสารที่มีสภาพขั้วต่ำมีค่าดี แต่ในกรณีที่สารมีสภาพขั้วสูง ๆ ไม่สามารถสกัดได้ ไดคลอโรมีเทนมีสภาพขั้วสูงกว่าเฮกเซนจึงสามารถสกัดสารตัวอย่างที่มีสภาพขั้วสูงได้ดีกว่าเฮกเซน แต่ในกรณีที่สารตัวอย่างมีสภาพขั้วต่ำประสิทธิภาพการสกัดด้วยตัวทำละลายไดคลอโรมีเทนจะให้ค่าต่ำกว่าเฮกเซน เมื่อเปรียบเทียบสภาพขั้วของตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิด พบว่าเอธิลอะซิเตตจะมีสภาพขั้วสูงที่สุดและสามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชครอบคลุมสภาพขั้วกว้างกว่าตัวทำละลายที่กล่าวไปแล้วซึ่งสอดคล้องกับงานของ Mallet and Mallet (1989) สามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสได้ครบทั้ง 6 ชนิด ดังนั้นจึงเลือกเอธิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

3.2.2 ศึกษาอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด

จากการศึกษาอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดในข้อ 2.2.2 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดและประสิทธิภาพการสกัด แสดงดังตาราง 17-19 และภาพประกอบ 35

เลือกเมทิล-พาราไรออน, มาลาไรออนและเฟนไรออนเป็นตัวแทนในการศึกษาอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากสารทั้ง 3 ชนิดเป็นสารที่ตัวตรวจวัดให้ค่าตอบสนองได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ในกลุ่มที่ศึกษานี้

ตาราง 17 แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิล- พาราไรออน

อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัว ทำละลายที่ใช้ในการสกัด	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน
3 : 1	91
1 : 1	53
1 : 3	31

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 10

ตาราง 18 แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของมาลาโธอน

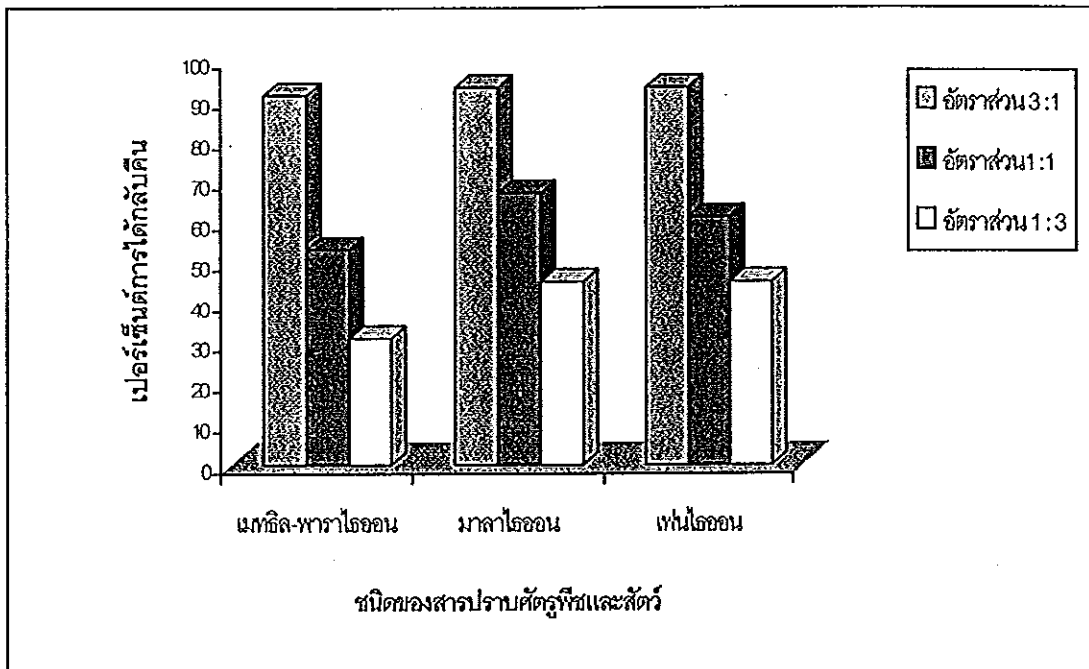
อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัว ทำละลายที่ใช้ในการสกัด	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน
3 : 1	93
1 : 1	67
1 : 3	45

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 10

ตาราง 19 แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเฟนโทธอน

อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัว ทำละลายที่ใช้ในการสกัด	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน
3 : 1	93
1 : 1	61
1 : 3	45

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 10



ภาพประกอบ 35 แสดงผลของอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในฟอสฟอรัส

จากการศึกษาใช้อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเป็น 3 : 1 เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 3 ชนิด คือ เมทิลิน-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนิไธออน เท่ากับ 91, 93 และ 98 ตามลำดับ เมื่อเปลี่ยนอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเป็น 1 : 1 ได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิลิน-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนิไธออน เท่ากับ 53 67 และ 45 ตามลำดับ ในขณะที่อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเป็น 1 : 3 ได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิลิน-พาราไธออน มาลาไธออน และเฟนิไธออน เท่ากับ 31, 45 และ 45 ตามลำดับ ทั้งนี้เพราะประสิทธิภาพของการสกัด (เปอร์เซ็นต์การสกัด) จะขึ้นอยู่กับปริมาณของตัวทำละลายและค่าคงที่ของการกระจายตัวของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวทำละลายทั้ง 2 ชนิดคือ น้ำและเอทิลอะซิเตต ที่สภาวะการทดลองนั้น ๆ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\% E = \frac{100 D}{\frac{V_{(aq)}}{V_{(org)}} + D}$$

- โดย %E คือเปอร์เซ็นต์การสกัด
 D คืออัตราส่วนการกระจาย
 $V_{(aq)}$ คือปริมาตรของน้ำ
 $V_{(org)}$ คือปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์

เนื่องจาก D เป็นค่าคงที่ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การสกัดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนปริมาตรของน้ำต่อปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์ ($V_{(aq)} / V_{(org)}$) หากอัตราส่วนปริมาตรของน้ำต่อปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์มีค่ามาก เปอร์เซ็นต์การสกัดจะมีค่าน้อย ในขณะที่อัตราส่วนปริมาตรของน้ำต่อปริมาตรของตัวทำละลายอินทรีย์มีค่าน้อย จะให้เปอร์เซ็นต์การสกัดที่ดี (ธวัชชัย, 2539)

ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสมคือ 3 : 1 เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากสมการ พบว่าเปอร์เซ็นต์การสกัดจะมีค่าต่ำเมื่ออัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดมีค่าต่ำ แต่จากผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดที่เหมาะสมคือ 3 : 1 เนื่องจากอัตราส่วนการกระจายตัว (D) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีค่ามาก อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดจึงไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นสามารถอธิบายผลการศึกษานี้ได้โดยในกรณีที่น้ำตัวอย่างมีปริมาณมากจะส่งผลให้มีสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสจำนวนมากตามไปด้วย ดังนั้นการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสปริมาณมาก ๆ จึงให้ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีกว่า Sabik and Jeannot, 1998 ศึกษาพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของตัวอย่างน้ำ 1 – 2 ลิตร สามารถเพิ่มความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสได้ถึง 1000 - 5000 เท่า ซึ่งสามารถตรวจวัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิลิตรได้

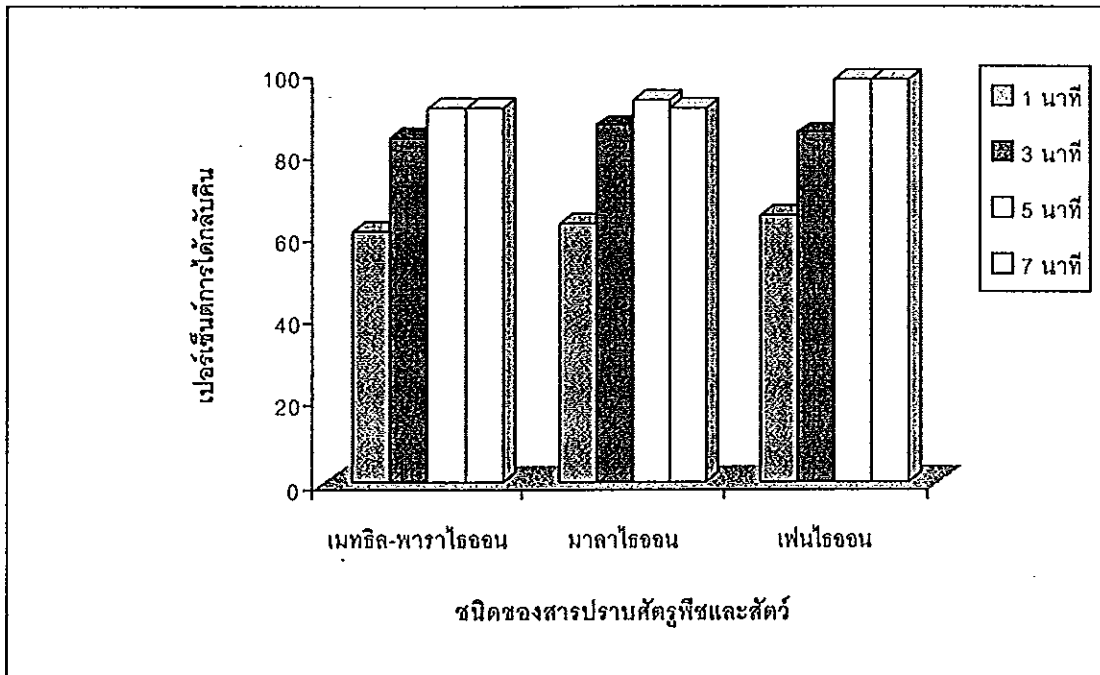
3.2.3 ศึกษาเวลาที่ใช้ในการทำการสกัด

จากการศึกษาเวลาที่ใช้ในการสกัด พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการสกัดกับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน แสดงดังตาราง 20 และภาพประกอบ 36 เลือกเมทธิล-พาราไรออน, มาลาไรออนและเฟนไรออนเป็นตัวแทนในการศึกษาอัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด เนื่องจากตัวตรวจวัดให้ค่าตอบสนองสารทั้ง 3 ชนิดได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับสารปราบศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ ในกลุ่มที่ศึกษา

ตาราง 20 ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*		
	เมทธิล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
1	61	63	65
3	84	87	85
5	91	93	98
7	91	91	98

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 10



ภาพประกอบ 36 ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ผลการวิเคราะห์พบว่า เมื่อใช้เวลาในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 3 ชนิด คือ เมทธิล-พาราไดซอน มาลาไดซอนและเฟนไดซอน เท่ากับ 1 นาที พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 61, 63 และ 65 ตามลำดับ สาเหตุที่ได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนต่ำเนื่องจาก การพาร์ทิชันของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากชั้นของน้ำมาสู่ชั้นของเฮลิคอะซิเตตเกิดได้ไม่สมบูรณ์ อัตราส่วนความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในเฮลิคอะซิเตตต่อความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในน้ำยังไม่เกิดสมดุล (equilibrium) (Morison and Fresier, 1965) ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจึงมีค่าต่ำ

เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเท่ากับ 3 นาที จะได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ เมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เท่ากับ 84, 87 และ 85 ตามลำดับ ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากการพาร์ทิชันของสารป้องกันกำจัด ศัตรูพืชจากชั้นของน้ำมาสู่ชั้นของเอธิลอะซิเตตเข้าใกล้จุดสมดุล คงเหลือสารป้องกัน กำจัดศัตรูพืชอยู่ในชั้นน้ำเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจึงมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

เมื่อใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 5 นาที จะได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิล- พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เท่ากับ 91, 93 และ 98 ตามลำดับ ค่า เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการสกัดเป็น 7 นาที พบว่าจะให้ เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทิล-พาราไธออน มาลาไธออนและเฟนไธออน เท่ากับ 91, 91 และ 98 ตามลำดับ เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนพบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องมาจากเนื่องจากการพาร์ทิชันของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากชั้นของน้ำมาสู่ชั้นของ เอธิลอะซิเตตเกิดได้สมบูรณ์กล่าวคือถึงจุดสมดุลแล้ว แต่สาเหตุที่เปอร์เซ็นต์การได้กลับ คืนมีค่าไม่เท่ากับ 100 เนื่องจาก เกิดจากสมบัติเฉพาะตัว (nature) ของสารป้องกัน กำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วต่างกับเอธิลอะซิเตตจึงไม่สามารถสกัดสารปราบศัตรูพืชและ สัตว์ออกมาได้หมด

จากผลการทดลอง จะเลือกใช้เวลาในการสกัดเท่ากับ 5 นาทีซึ่งสอดคล้องกับ งานของ Okumura and Nishikawa (1995) ถึงแม้ว่าที่เวลาในการสกัด 7 นาที จะให้ เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนใกล้เคียงกัน แต่เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงเลือกใช้ เวลาในการสกัดที่เหมาะสมเท่ากับ 5 นาที

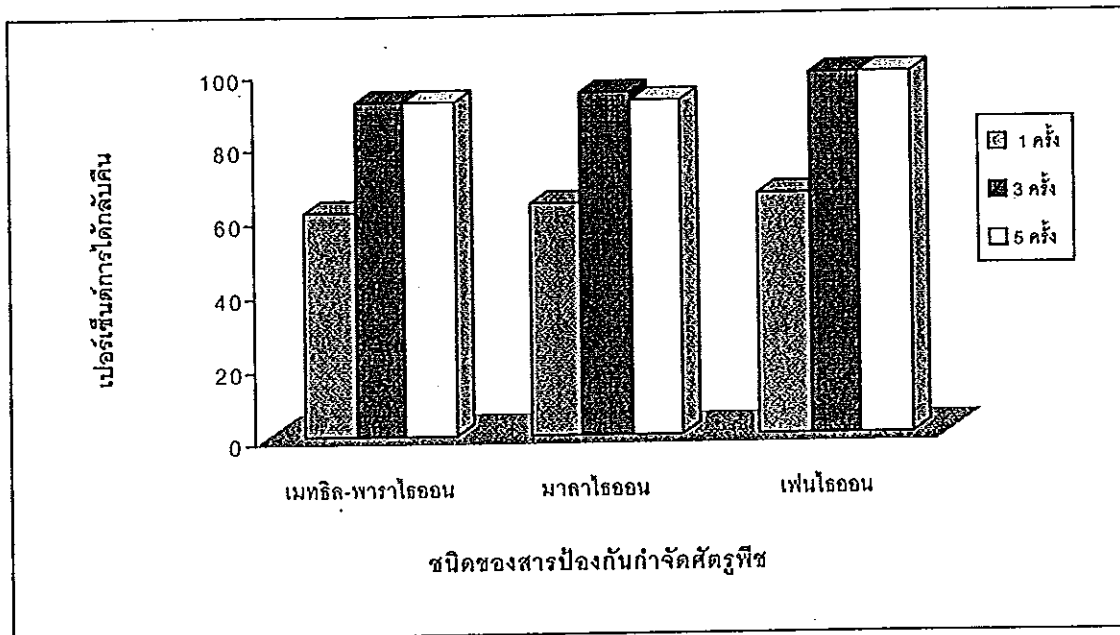
3.2.4 ศึกษาจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัด

จากการศึกษาจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัด (ปริมาณของตัวทำละลาย) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดกับประสิทธิภาพการสกัด แสดงดังตาราง 21 และภาพประกอบ 37

ตาราง 21 ผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

จำนวนครั้ง	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*		
	เมทิล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
1	61	63	65
3	91	93	98
5	91	91	98

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 10

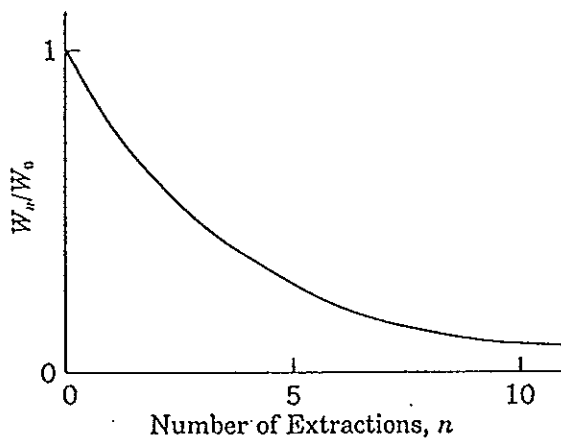


ภาพประกอบ 37 แสดงผลของจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัดที่มีต่อค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ผลการวิเคราะห์พบว่าเมื่อสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส คือ เมทธิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน 1 ครั้ง (1×100 มิลลิลิตรเอธิลอะซิเตต) พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 61, 63 และ 65 ตามลำดับ เมื่อเพิ่มจำนวนครั้งในการสกัดเป็น 3 ครั้ง (3×100 มิลลิลิตรเอธิลอะซิเตต) จะได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทธิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 91, 93 และ 98 ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อสกัด 5 ครั้งจะได้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทธิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 91, 91 และ 98 ตามลำดับ

การสกัดสามารถทำได้ครั้งเดียวถ้าค่าอัตราส่วนของการกระจายของตัวถูกละลายมีค่ามาก ๆ (>1000) แต่ถ้าอัตราการกระจายมีค่าไม่สูงมาก การสกัดด้วยตัวทำละลายเพียงครั้งเดียวอาจทำให้การแยกไม่สมบูรณ์

การเพิ่มจำนวนครั้งในการสกัด (n) จะมีผลต่อประสิทธิภาพการสกัด (E) ดังนี้



ภาพประกอบ 38 เศษส่วนของตัวถูกละลายในน้ำเมื่อทำการสกัด n ครั้ง

พิจารณาสมการ

$$E = 1 - \frac{W_n}{W_0}$$

โดยที่ E คือประสิทธิภาพการสกัด

W_0 คือปริมาณตัวถูกละลายที่มีอยู่ในสารตัวอย่างก่อนสกัด (กรัม)

W_n คือปริมาณตัวถูกละลายที่เหลือในชั้นน้ำเมื่อสกัดครั้งที่ n (กรัม)

จากภาพประกอบ 38 เมื่อจำนวนครั้งในการสกัดเพิ่มขึ้น ค่า W_0/W_n มีค่าลดลง และจากสมการเมื่อค่า W_0/W_n มีค่าลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงขึ้น แต่กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง W_0/W_n และประสิทธิภาพการสกัดไม่เป็นเส้นตรง จึงสามารถอธิบายได้ว่าจำนวนการสกัดมาก ๆ เส้นกราฟจะเริ่มโค้ง ดังนั้นประสิทธิภาพการสกัดจึงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (นินนาท์, 2539)

จากผลการศึกษาจำนวนครั้งที่ใช้ในการสกัด (ปริมาณของตัวทำละลาย) พบว่าจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสคือ 3 ครั้ง (3×100 มิลลิลิตร) ถึงแม้ว่าการสกัด 5 ครั้ง (5×100 มิลลิลิตร) จะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนใกล้เคียงกัน แต่เพื่อลดเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงทำการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสเพียงแค่ 3 ครั้ง นอกจากนั้นยังลดการใช้ตัวทำละลายอีกด้วย

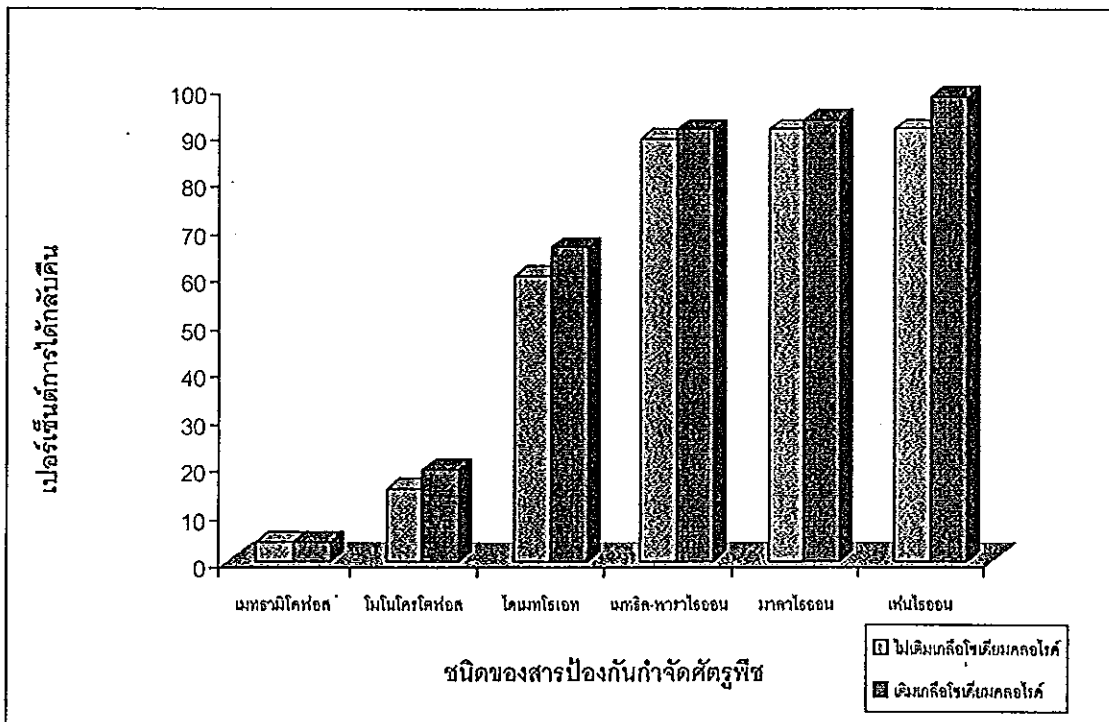
3.2.5 ศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์

จากการศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในข้อ 2.2.5 แสดงดังตาราง 22 และภาพประกอบ 38

ตาราง 22 ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*	
	ไม่เติมโซเดียมคลอไรด์	เติมโซเดียมคลอไรด์
เมทรามิโดฟอส	4	4
โมโนโครโตฟอส	15	19
ไดเมทโรเอท	60	66
เมทริล-พาราไรออน	89	91
มาลาไรออน	91	93
เฟนไรออน	91	98

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 15



ภาพประกอบ 39 ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการเตรียมตัวอย่างน้ำที่ทำการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เพื่อทำ salting out และทำการสกัดโดยไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนต่างกัน โดยที่การเตรียมตัวอย่างน้ำโดยไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์จะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมททามิโดฟอส, โมโนโครโตฟอส, ไดเมทโรเอท, เมทิล-พาราไรออน, มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 15, 60, 89, 91 และ 91 ตามลำดับ เมื่อเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เพื่อทำ salting out พบว่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจะมีค่าสูงขึ้น โดยเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมททามิโดฟอส, โมโนโครโตฟอส, ไดเมทโรเอท, เมทิล-พาราไรออน, มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 19, 66, 91, 93 และ 98 ตามลำดับ

ปัญหาที่เกิดในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ ก็คือการพาร์ทิชันระหว่างเฟสของตัวทำละลายอินทรีย์และน้ำเกิดได้ไม่ดี ดังนั้นจึงเติมเกลือเพื่อทำหน้าที่เป็น salting out เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดซึ่งสอดคล้องกับงานของ Beltran, Lopez and Hernandez, (1993) และ Okumura and Nishikawa (1995) สามารถอธิบายผลของ salting out ได้จากสมการ

$$\log S = \log S_0 - kM$$

โดยที่ S เป็นการละลายของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำ

S_0 เป็นการละลายของสารประกอบอินทรีย์ในสารละลายที่เติมเกลือ

M ความเข้มข้นของเกลือ (โมลาร์)

k เป็นค่าคงที่ของ salting out

โดยที่ค่า k จะขึ้นอยู่กับสารประกอบอินทรีย์และเกลือที่ใช้เป็น salting out ซึ่งอธิบายได้โดยใช้สมการ

$$\log f = -kM$$

f เป็นค่า activity coefficient ของสารประกอบอินทรีย์

เมื่อพิจารณาระบบที่ประกอบด้วยสารประกอบอินทรีย์จำนวนเล็กน้อย โดยศึกษาความเข้มข้นของเกลือ ถ้าความเข้มข้นของเกลือที่คงที่ activity coefficient ของสารประกอบอินทรีย์จะคงที่ ภายใต้งื่อนไขนี้สามารถอธิบายสมการ

$$D = f D_0$$

โดยที่ D คือค่า distribution ratio ในสารละลายที่มีเกลือ salting out

D_0 คือค่า distribution ratio ในสารละลายที่ไม่มีเกลือ salting out

เปลี่ยนรูปของสมการเป็น

$$\begin{aligned} \log D &= \log f + \log D_0 \\ \text{ดังนั้น} \\ \log D &= kM + \log D_0 \end{aligned}$$

อธิบายผลของการเติมเกลือที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดได้กล่าวคือ เมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปในตัวอย่างน้ำก่อนทำการสกัด โซเดียมคลอไรด์จะละลายในตัวอย่างน้ำอย่างรวดเร็วซึ่งเป็นการเพิ่มสัมประสิทธิ์แอกติวิตี (activity coefficient) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชส่งผลให้ค่าความแรงของไอออน (ionic strength) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในชั้นน้ำเพิ่มขึ้น ทำให้สารปราบศัตรูพืชและสัตว์เกิดการพาร์ทิชันจากชั้นน้ำไปสู่ชั้นของเฮกซะอีเตตได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ได้เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไปก่อนทำการสกัด (นินนาท์, 2539)

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์จะช่วยเพิ่มค่าอัตราส่วนการกระจายตัวให้มีค่าสูงขึ้น และเพิ่มค่าความแรงของไอออนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในชั้นน้ำ โดยเกลือจะละลายอย่างรวดเร็วและย้าย (shift) สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชไปยังตัวทำละลายเฮกซะอีเตต ทำให้สามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออกมาจากชั้นน้ำมาสู่ชั้นของเฮกซะอีเตตได้ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีขึ้น

3.2.6 วิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส
โดยเทคนิค clarify standard method

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสโดยเทคนิค clarify standard method ในข้อ 2.2.6 ได้กราฟมาตรฐานสำหรับใช้ในหาปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส แสดงในภาพประกอบ 40-45

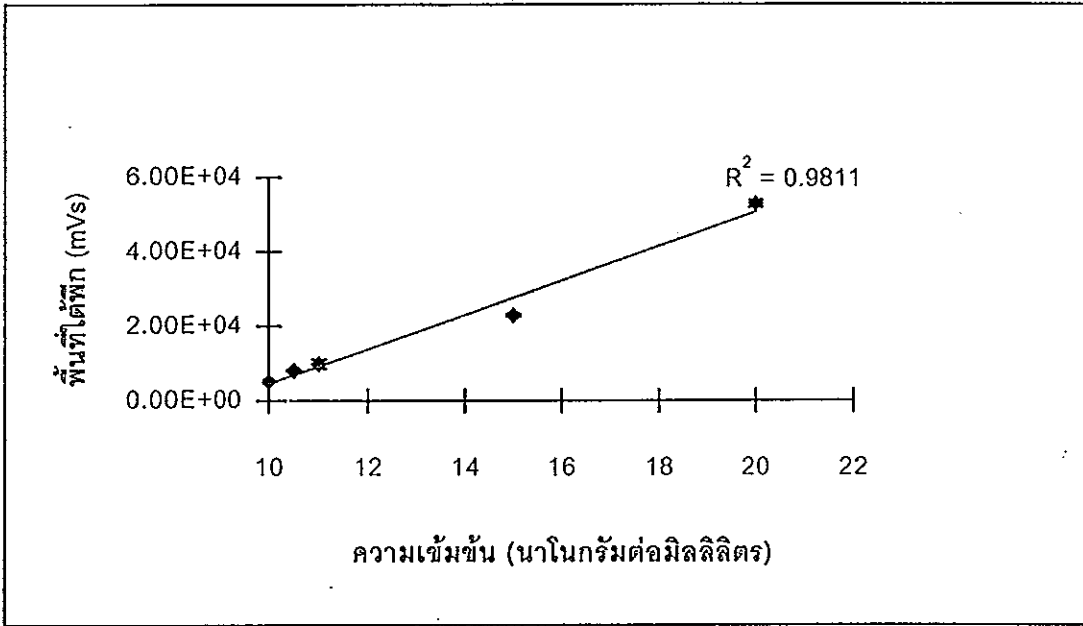
ตาราง 23 ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

ชนิดสารปราบศัตรูพืชและสัตว์	r^2
เมทามิโดฟอส	0.9811
โมโนโครโตฟอส	0.9844
ไดเมทโรเอท	0.9917
เมทิล-พาราไรออน	0.9919
มาลาไรออน	0.9947
เฟนไรออน	0.9901

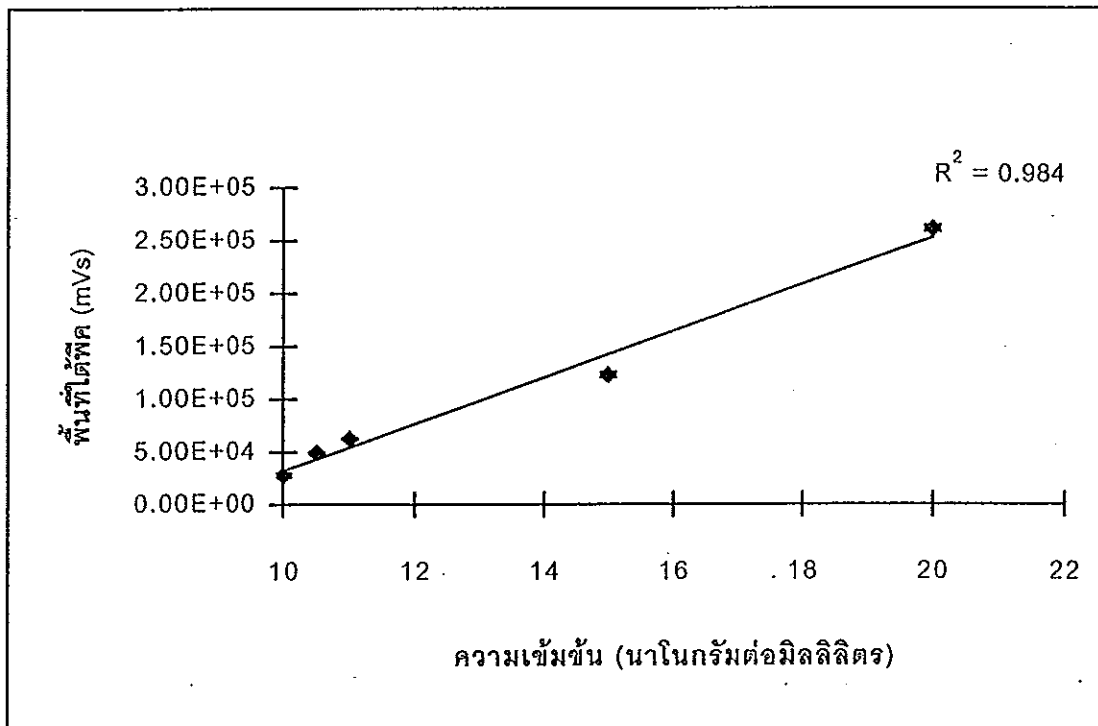
ตาราง 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดกับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

ความเข้มข้น (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์-วินาที x 10 ⁵)					
	เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโทฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทริล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
10.0	0.52	2.79	11.09	18.65	1.98	17.66
10.5	0.81	4.93	17.74	24.25	2.17	19.80
11.0	0.98	6.25	19.96	27.12	2.54	26.19
15.0	2.29	12.30	40.35	53.06	2.73	39.42
20.0	5.29	26.08	62.51	76.88	4.17	61.06

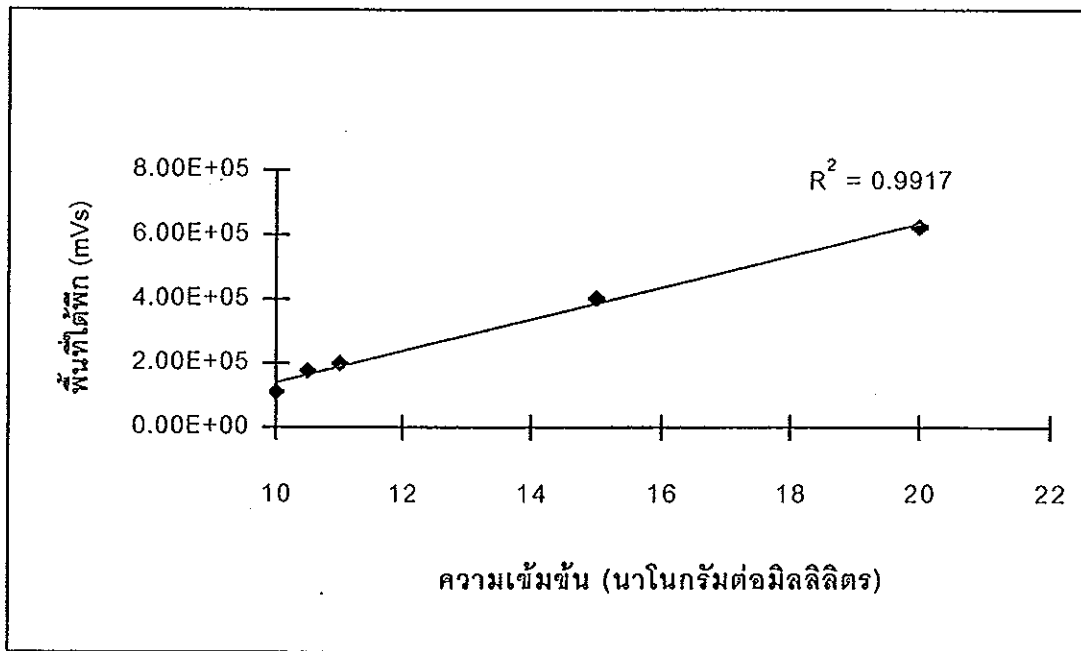
* เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 3 %



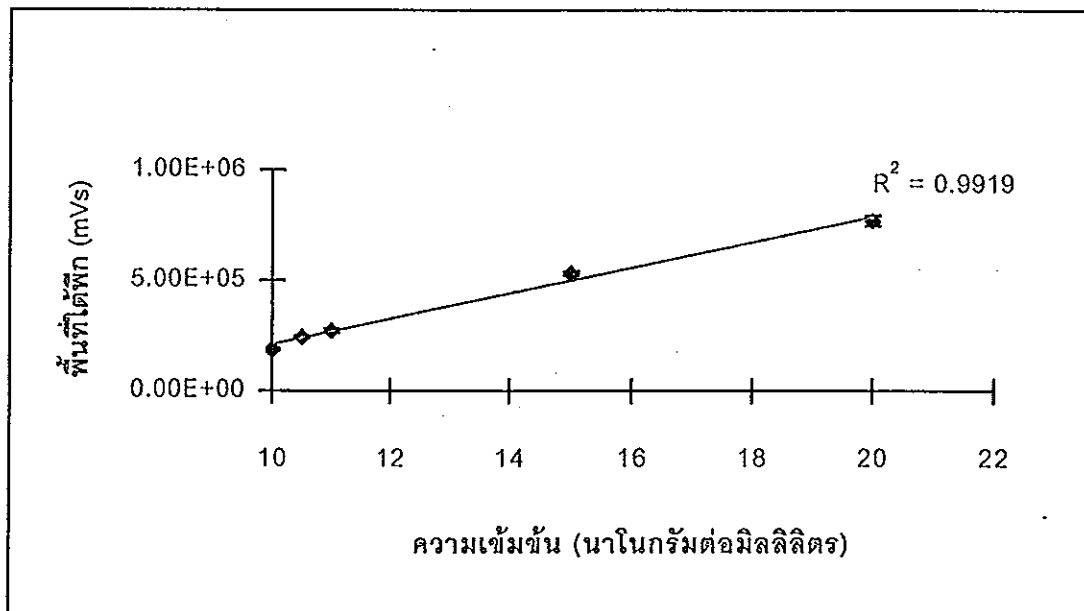
ภาพประกอบ 40 กราฟมาตรฐานของเมทอามิโดฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE



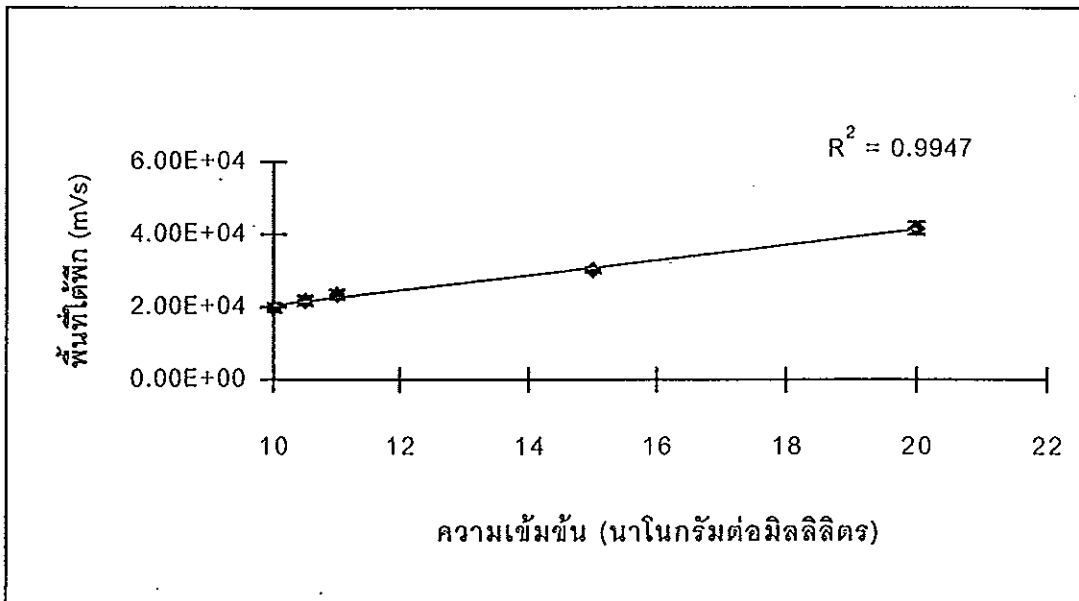
ภาพประกอบ 41 กราฟมาตรฐานของโมนโครโตฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE



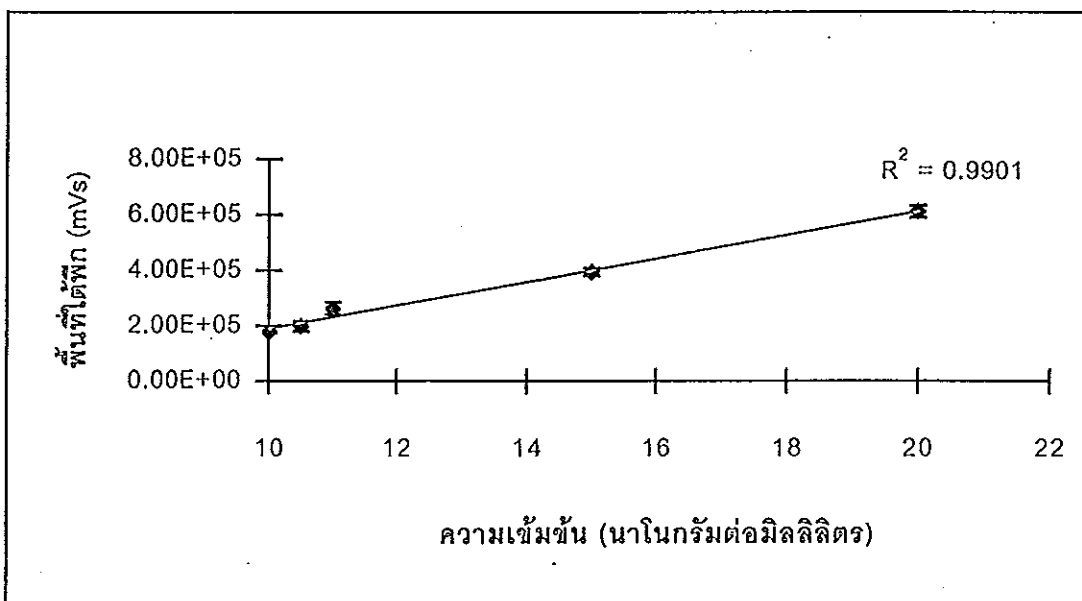
ภาพประกอบ 42 กราฟมาตรฐานของไดเมทิลเอเธอร์ที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE



ภาพประกอบ 43 กราฟมาตรฐานของเมทิล-พาราไทออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE



ภาพประกอบ 44 กราฟมาตรฐานของมาลาไธออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วย
เทคนิค LLE



ภาพประกอบ 45 กราฟมาตรฐานของเฟนไธออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วย
เทคนิค LLE

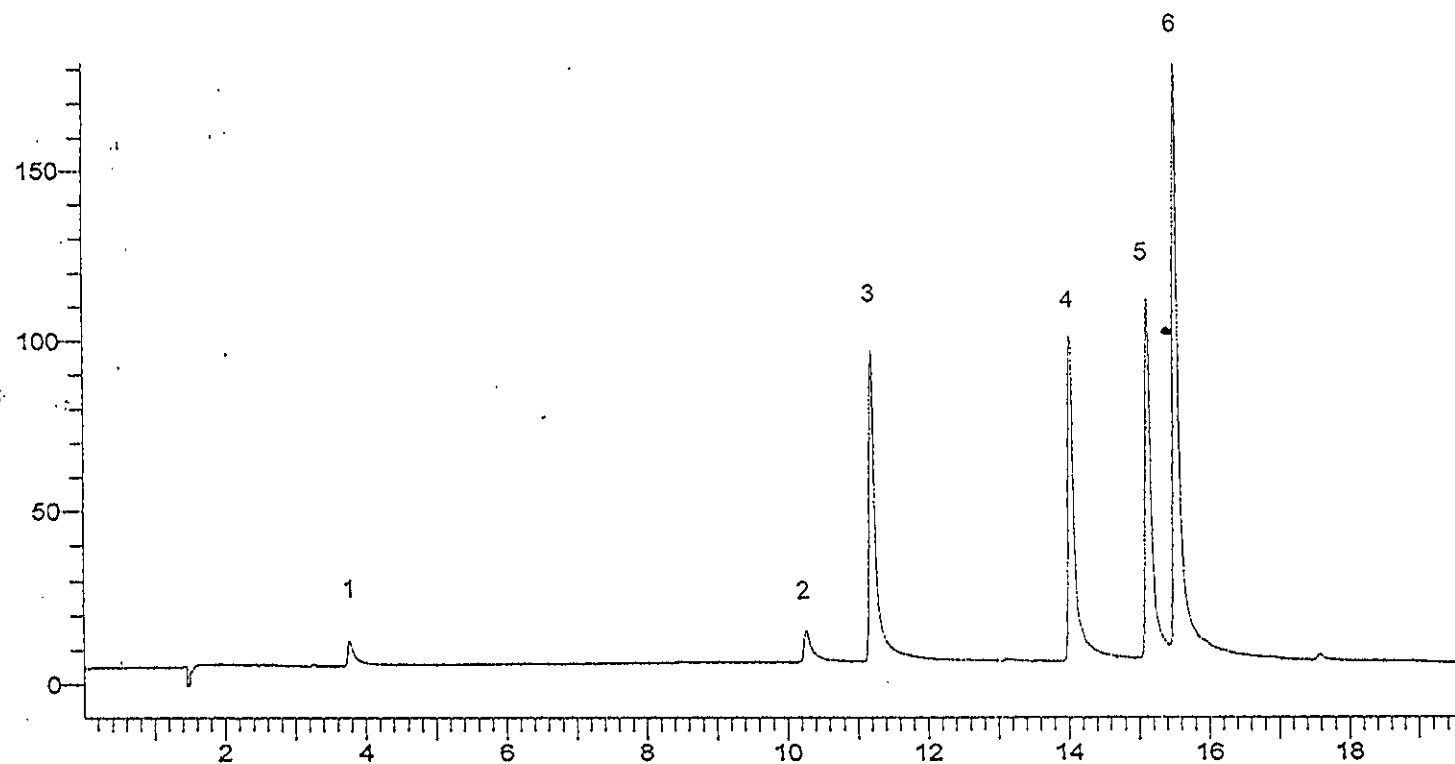
เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในน้ำมีปริมาณน้อยมาก โดยความเข้มข้นที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของตัวตรวจวัดของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี เนื่องจากขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ทำการทดลองไปแล้วในข้อ 3.1.2 พบว่าขีดจำกัดต่ำสุดพบว่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท มาลาไซออน เมทิล-พาราไซออน และเฟนไซออน ที่ความเข้มข้น 1.000, 1.000, 0.100, 0.010, 0.001 และ 0.001 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับซึ่งสอดคล้องกับงานของ Mallet and Mallet (1989) ซึ่งจากขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดในระดับนาโนกรัมต่อไมโครลิตรไม่สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์สารปราบศัตรูพืชและสัตว์ปริมาณน้อยตกค้างในน้ำได้ โดยปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีความเข้มข้นอยู่ในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (Fernandez-Alba, et al., 1998)

ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น วิธีการเตรียมตัวอย่างจึงออกมาในรูปที่ต้องทำให้ตัวอย่างมีปริมาณน้อยๆ ก่อนเพื่อให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีความเข้มข้นมากขึ้นและง่ายต่อการวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ใช้สภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมจากข้อ 3.2.1-3.2.5 ดังนี้ ทำการสกัดโดยใช้ตัวอย่างน้ำ 1.0 ลิตร เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 50.0 กรัม จากนั้นทำการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม ได้แก่ เฮกซะอีเทนใช้ปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร เขย่ากรวยแยกเป็นเวลา 3 นาที เก็บเอาชั้นของเฮกซะอีเทนไว้ ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งด้วยปริมาตรของเฮกซะอีเทนครั้งละ 100.0 มิลลิลิตร นำชั้นของเฮกซะอีเทนจากการสกัดทั้ง 3 ครั้งมารวมกันและระเหยด้วยเครื่องกลั่นสุญญากาศจนเหลือปริมาตรสุดท้าย 10.0 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการสกัดและปรับปริมาตรแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่สภาวะเหมาะสมในข้อ 2.1.2 โครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายแสดงในภาพประกอบ 46

จากตัวอย่างน้ำก่อนผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างมีปริมาตร 1.0 ลิตร เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย จะเหลือปริมาตรสุดท้าย 10.0 มิลลิลิตรเช่นเดียวกับงานของ Mallet and Mallet (1989) อัตราส่วนระหว่างตัวถูกละลายคือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะมีปริมาณเท่าเดิม แต่ตัวทำละลายจะมีปริมาตรเปลี่ยนไป ซึ่งในตอนเริ่มต้นสารปราบศัตรูพืชและสัตว์จะอยู่ในน้ำเป็นตัวทำละลาย จากนั้นผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเปลี่ยนมาอยู่ในเอทิลอะซิเตต ปริมาตรของตัวทำละลายเปลี่ยนจาก 1000.0 มิลลิลิตรเป็น 10.0 มิลลิลิตร ดังนั้นคำนวณหาแฟคเตอร์ของการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น (preconcentration ratio) มีค่าเท่ากับ 100 ดังนั้นสามารถที่จะลดขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจากหัวข้อ 3.1.3 ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับ 0.1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร เมื่อคูณแฟคเตอร์ของการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 จะได้ขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดอยู่ในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Okumura and Nishikawa (1995) : Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1997)

จากตาราง 23 พบว่าช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดอยู่ในช่วง 0.9811-0.9947 ซึ่งขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันศัตรูพืชและสัตว์แต่ละชนิด โดยเมทธามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสจะให้ค่า r^2 เท่ากับ 0.9811 และ 0.9844 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอีก 4 ชนิด เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำดังแสดงในข้อ 3.2.1 และมีความเบี่ยงเบนสูง อย่างไรก็ตามเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายจะมีขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดต่ำกว่า 0.10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1997) และให้ช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.10-10.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสปริมาณน้อยตกค้างในน้ำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ



ภาพประกอบ 45 แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE

- 1 คือเมทามิโดฟอส 2 คือ โมโนโครโตฟอส 3 คือ ไดเมทโรเอท 4. คือ เมทริล-พาราไรออน 5. คือมาลาไรออน
6 คือ เฟนไรออน

3.3 ศึกษาขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE)

3.3.1 ศึกษาตัวชะที่เหมาะสมสำหรับเอ็นไอ-18 คาร์ทริดจ์

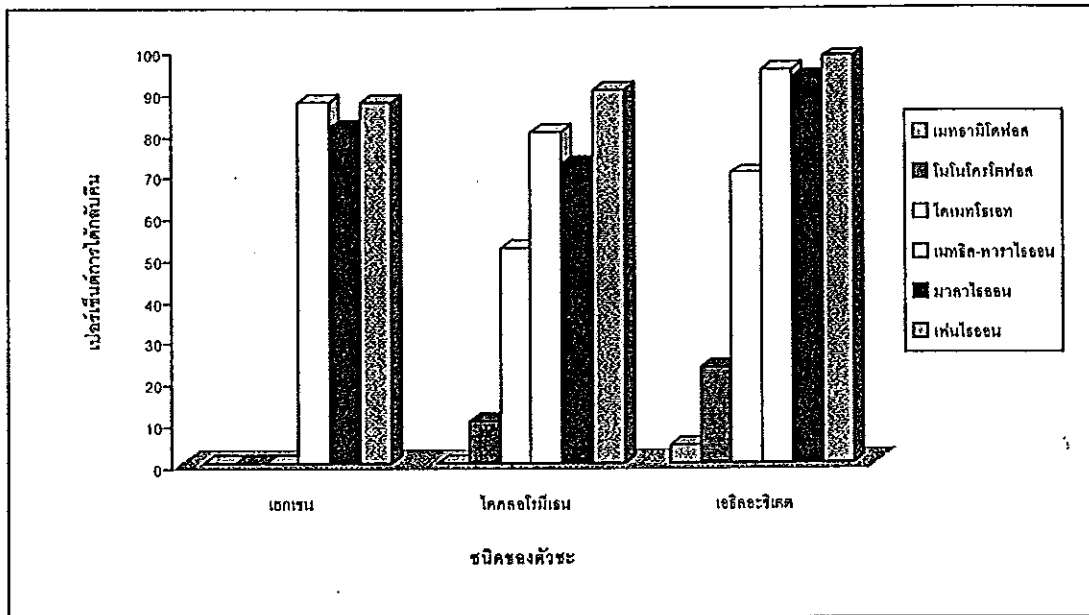
จากการศึกษาตัวชะที่เหมาะสมในข้อ 2.3.1 ในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด แสดงดังตาราง 25 และภาพประกอบ 47 โดยประ
สิทธิภาพในการสกัดด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งจะให้ผลการทดลองที่ดี
หรือไม่นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ที่เลือกใช้เป็นตัวชะ

ตาราง 25 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของการเตรียมตัวอย่างสารป้องกันกำจัด
ศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*		
	เฮกเซน	ไดคลอโรมีเทน	เอทิลอะซิเตต
เมทามิโดฟอส	ND	ND	4
โมโนโครโตฟอส	ND	10	23
ไดเมทโรเอท	ND	52	70
เมทิล-พาราไรออน	87	60	95
มาลาไรออน	81	72	93
เฟนไรออน	87	90	98

ND คือ ไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 15



ภาพประกอบ 47 ผลของตัวชะที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

จากตาราง 25 พิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเมื่อใช้ตัวชะต่างชนิดกัน พบว่าเมื่อใช้เฮกเซนเป็นตัวชะ สกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เพียง 3 ชนิดเท่านั้น คือ เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 87, 81 และ 87 ตามลำดับ เมื่อใช้ไดคลอโรมีเทนเป็นตัวชะ สกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออกจากเอ็นไอ-18 คาร์ทีริดจ์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 5 ชนิด โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ โมโนโครโทฟอส ไดเมทโรเซท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 10, 52, 60, 72 และ 90 ตามลำดับ

เมื่อใช้เอธิลอะซิเตตเป็นตัวชะจะได้ประสิทธิภาพการสกัดที่ดีที่สุด กล่าวคือสามารถสกัดสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ได้ครบทั้ง 6 ชนิด ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของ เมททามิโดฟอส ไดเมทโรเอท เมททิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 23, 70, 95, 93 และ 98 ตามลำดับ

ตัวดูดซับที่ใช้วิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในงานวิทยานิพนธ์นี้คือเอ็นไอ-18 ซึ่งชนิดของตัวดูดซับคือออกตะดีซิล (octadecyl, C₁₈) โดยหมู่ออกตะดีซิลจะเชื่อมต่อกับอนุภาคของซิลิกา (bonded silica sorbent) กลไกการดูดซับที่เกิดขึ้นในเอ็นไอ-18 คาร์ทริดจ์เกิดแรงอันตรกิริยาของโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (non-polar interaction) ระหว่างพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจน (C-H) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่วิเคราะห์และพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจนของหมู่ออกตะดีซิล (Tolosa, Readman and Mee, 1996) แต่ตัวดูดซับออกตะดีซิลให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วสูง ๆ ได้ไม่ดี เช่นในกรณีของเมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1998)

ประสิทธิภาพการสกัดขึ้นอยู่กับสภาพขั้วของตัวชะ โดยในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ ต้องหาตัวชะที่มีสภาพขั้วเหมาะสมในการชะสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชออกจากตัวดูดซับออกตะดีซิล โดยการทำลายอันตรกิริยาระหว่างพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจน (Van der Waals force) ระหว่างพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวอย่างน้ำกับหมู่ออกตะดีซิล เพื่อให้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่สนใจชะออกมาได้ทั้งหมด (Fernandez-Alba, et al., 1998)

เปรียบเทียบสภาพขั้วของตัวชะทั้ง 3 ชนิดคือ เฮกเซน ไดคลอโรมีเทนและเอธิลอะซิเตตพบว่าตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วเหมาะสมสำหรับสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดได้แก่เอธิลอะซิเตต ในขณะที่เฮกเซนและไดคลอโรมีเทนซึ่งมีสภาพขั้วต่ำไม่สามารถจะสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วสูงได้ เช่นเมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส นอกจากนี้เมททามิโดฟอส โมโนโครโตฟอสและไดเมทโรเอทจัดเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำได้ดี (Albanis, et al., 1998) ดังนั้นสารป้องกัน

กำจัดศัตรูพืชส่วนมากจะละลายน้ำไม่ยึดติดอยู่ในคาร์ทริดจ์ เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 3 ชนิดจึงมีค่าต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออนซึ่งมีสภาพขั้วเหมาะกับเอธิลอะซิเตตและการละลายน้ำเกิดได้น้อย

ตัวชะที่มีสภาพขั้วที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด คือ เอธิลอะซิเตตเนื่องจากเป็นตัวทำละลายที่มีความแรงในการทำลายแรงวัลเดอร์วาลส์ที่เกิดในคาร์ทริดจ์ได้ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Vinuesa, et al. (1989) เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดพบว่าเอธิลอะซิเตตจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้ดีที่สุดทั้งจำนวนที่สกัดได้และเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนก็มีค่าสูงกว่าเฮกเซนและไดคลอโรมีเทน

3.3.2 ศึกษาอัตราการไหลของตัวอย่าง

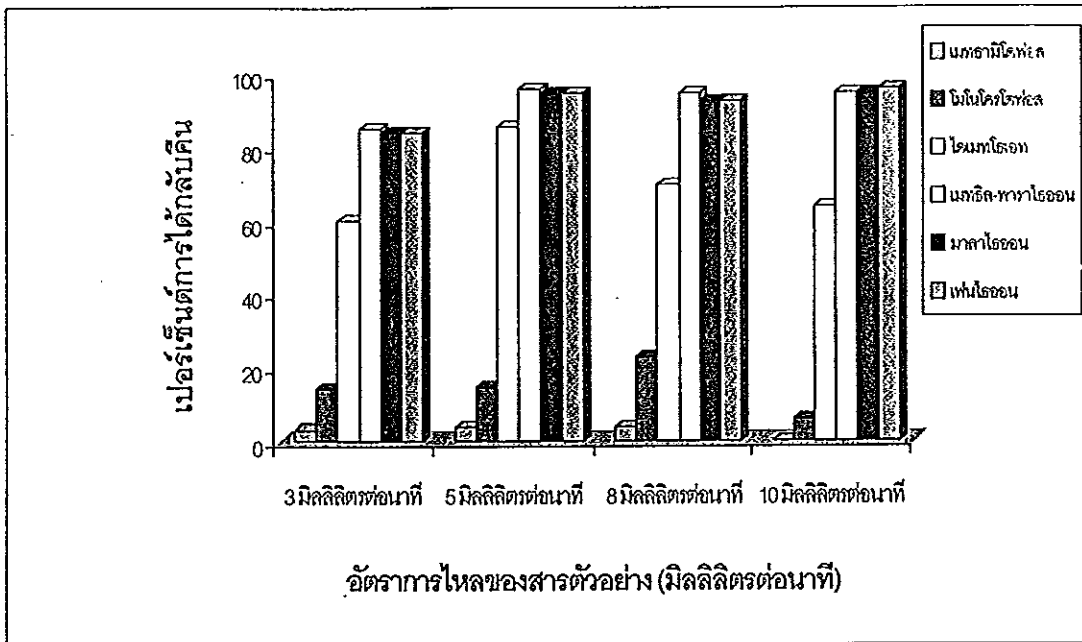
จากการศึกษาอัตราการไหลของตัวอย่างในข้อ 2.3.2 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารตัวอย่างกับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนแสดงดังตาราง 26 และภาพประกอบ 48

ตาราง 26 แสดงผลของอัตราการไหลของสารตัวอย่างที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อลิตร

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*ที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างต่าง ๆ			
	3 มิลลิลิตร ต่อนาที	5 มิลลิลิตร ต่อนาที	8 มิลลิลิตร ต่อนาที	10 มิลลิลิตร ต่อนาที
เมทนามิโดฟอส	3	4	4	ND
โมโนโครโตฟอส	14	15	23	6
ไดเมทโรเซท	60	86	70	64
เมทริล-พาราไรออน	85	96	95	95
มาลาไรออน	84	95	93	95
เฟนไรออน	84	95	98	96

ND คือ ไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 15



ภาพประกอบ 48 ผลของอัตราการไหลของสารตัวอย่างที่มีต่อประสิทธิภาพการสกัด

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 3 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทนามิโดฟอส ไมโนโครโทรฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 3, 14, 60, 85, 84 และ 84 ตามลำดับ ถึงแม้ว่าจะสามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสออกมาได้ทั้ง 6 ชนิด แต่ในกรณีที่ใช้ตัวอย่างปริมาณมาก ๆ จะเพิ่มเวลาในการวิเคราะห์ เนื่องจากต้องเสียเวลาในการผ่านน้ำตัวอย่างเข้าสู่ cartridge

เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 5 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทนามิโดฟอส ไมโนโครโทรฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 15, 86, 96, 95 และ 95 ตามลำดับ ที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทนามิโดฟอส ไมโนโครโทรฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 23, 70, 93 และ 98 ตามลำดับ เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างทั้ง 2 ค่า พบว่าสารป้องกัน

กำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพข้าวปานกลาง คือ เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน จะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ใกล้เคียงกัน แต่ในกลุ่มสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพข้าวสูง คือ เมทรามิโดฟอส โมโนโครโตฟอสและไดเมทโรเอท ที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาที จะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสูงกว่า

เมื่อใช้เวลาอัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 10 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของโมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 6, 64, 95, 95 และ 96 ตามลำดับ

การเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของหมู่ออกอะดีซิลกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่มีข้าวจะเกิดได้ดีกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีข้าว ดังนั้นโครงสร้างโมเลกุลของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ต้องการสกัดจะมีอิทธิพลต่อเวลาของสารแต่ละตัวที่อยู่ในคอลัมน์ จากหลักการที่สาร 2 ชนิดที่มีสภาพข้าวเหมือนกันจะละลายซึ่งกันและกันได้ดี ดังนั้นจึงสามารถนำเอาหลักที่ว่านี้มาอธิบายประสิทธิภาพในการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งได้ กล่าวคือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพข้าวใกล้เคียงกับตัวดูดซับของแข็งก็จะสามารถเกิดอันตรกิริยาได้ดีและติด (retain) อยู่ในคาร์ทริดจ์ได้นานกว่าสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ที่มีสภาพข้าวต่างไปจากตัวดูดซับของแข็ง (ศิริพันธ์, 2540)

พิจารณาที่อัตราการไหลของสารตัวอย่างเท่ากับ 10 มิลลิลิตรต่อนาที พบว่าจะให้ค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนที่ต่ำของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพข้าวสูงได้แก่ เมทรามิโดฟอส โมโนโครโตฟอสและไดเมทโรเอท เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะดูดซับบนตัวดูดซับได้น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลของสารตัวอย่างน้อยกว่า การเกิดอันตรกิริยาด้วยแรงวัลเดอร์วาลส์ระหว่างพันธะคาร์บอน-ไฮโดรเจนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกับหมู่ดีซิลเกิดได้ไม่สมบูรณ์จึงหลุดออกจากคาร์ทริดจ์ ก่อนที่จะผ่านกระบวนการชะเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจึงมีค่าต่ำ (Tolosa, Readman and Mee, 1996) นอกจากนั้นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้มีความสามารถในการละลายน้ำสูง (Albanis, et al., 1998) ดังนั้นจึงละลายน้ำออกจากคาร์ทริดจ์เหลือดูดซับกับหมู่ออกอะดีซิลในปริมาณน้อย

ดังนั้นจึงเลือกอัตราการไหลของสารตัวอย่างที่เหมาะสมที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที เนื่องจากสามารถสกัดสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ได้ครบทั้ง 6 ชนิด และให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสูงกว่าที่อัตราการไหลอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Psaki, Manoussaridou and Stephanou (1994) ซึ่งใช้อัตราการไหลของสารตัวอย่างระหว่าง 8-10 มิลลิลิตรต่อนาที

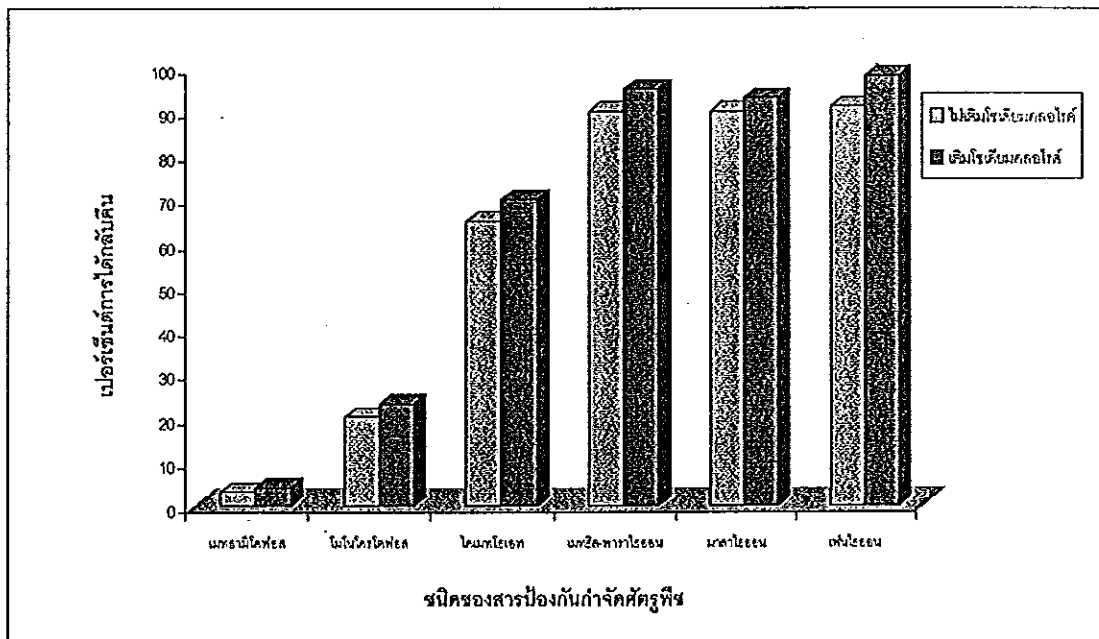
3.3.3 ศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์

จากการศึกษาผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในข้อ 2.3.3 พบว่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเพียงเล็กน้อย แสดงดังตาราง 27 และภาพประกอบ 49

ตาราง 27 ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*	
	ไม่เติมโซเดียมคลอไรด์	เติมโซเดียมคลอไรด์
เมทามิโดฟอส	3	4
โมโนโครโตฟอส	20	23
ไดเมทโรเอท	65	70
เมทริล-พาราไรออน	90	95
มาลาไรออน	90	93
เฟนไรออน	91	98

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง %RSD < 15



ภาพประกอบ 49 ผลของการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อลิตร

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการเตรียมตัวอย่างน้ำที่ทำการเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เพื่อทำ salting out และทำการสกัดโดยไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์พบว่าจะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนต่างกัน โดยที่การเตรียมตัวอย่างน้ำโดยไม่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์จะให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 3, 20, 65, 90, 90 และ 91 ตาม แต่เมื่อเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์เพื่อทำ salting out พบว่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยโดยเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 4, 23, 70, 96, 93 และ 98 ตามลำดับ

การเติมเกลือจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการสกัด (Beltran, Lopez and Hernandez, 1998) กล่าวคือเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ลงไปในตัวอย่างไม่าก่อนทำการสกัด โซเดียมคลอไรด์จะละลายในตัวอย่างไม่อย่างรวดเร็ว รวมทั้งเพิ่มค่าความแรงของไอออนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับข้อ 3.2.5

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่าเกลือโซเดียมคลอไรด์จะช่วยเพิ่มค่าอัตราส่วนการกระจายของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชในตัวดูดซับออกตะตีสซิลและในตัวอย่างไม่ให้สูงขึ้น โดยเกลือที่ละลายจะจับกับโมเลกุลของน้ำเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) ช่วยลดการละลายของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ละลายน้ำออกจากคาร์ทริดจ์ (Karamfilov, et al., 1996) ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสมีค่าสูงขึ้น

3.3.4 วิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

โดยเทคนิค clarify standard method

จากผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสโดยเทคนิค clarify standard method ในข้อ 2.3.4 ได้กราฟมาตรฐานสำหรับใช้หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในตัวอย่างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแสดงในภาพประกอบ 50-55

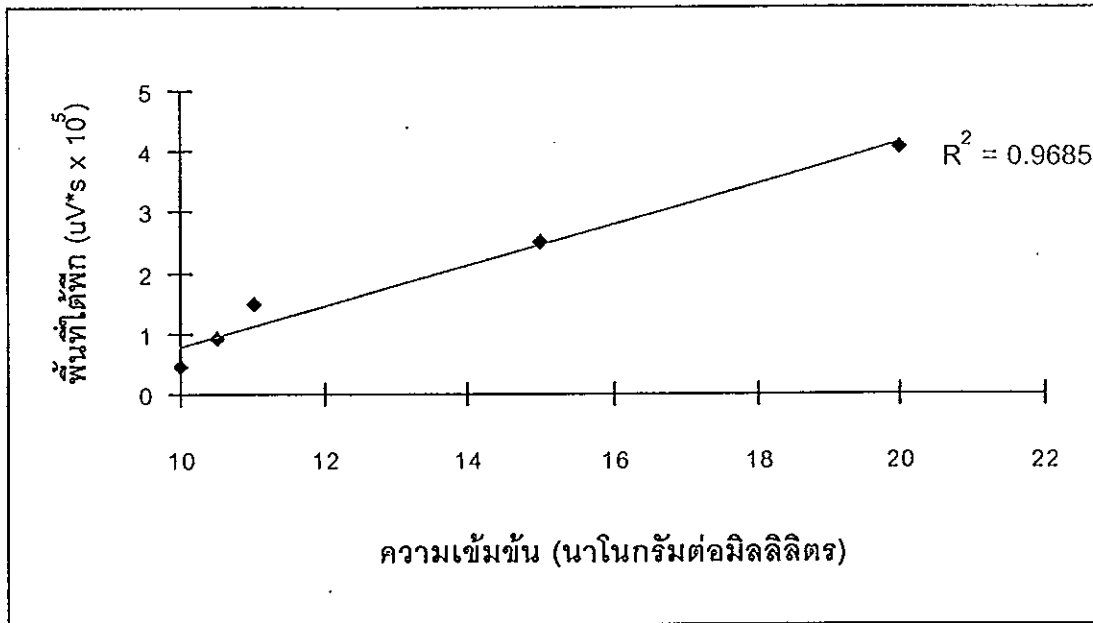
ตาราง 28 ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด

ชนิดสารปราบศัตรูพืชและสัตว์	r^2
เมทามิโดฟอส	0.9685
โมโนโครโตฟอส	0.9788
ไดเมทโฮเอท	0.9926
เมทิล-พาราไรออน	0.9923
มาลาไรออน	0.9929
เฟนไรออน	0.9877

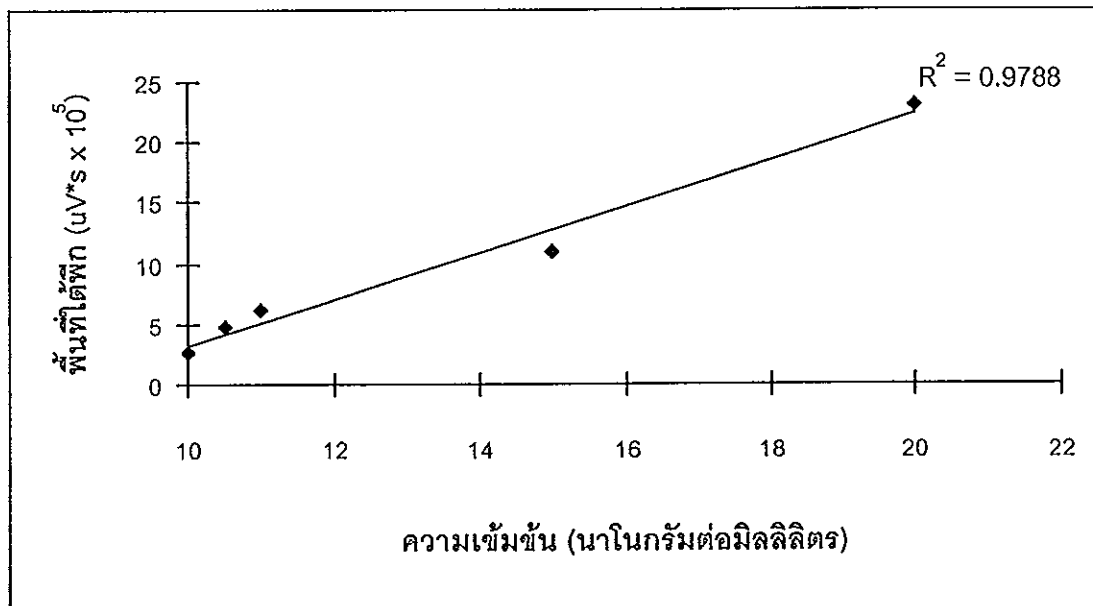
ตาราง 29 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดกับสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด

ความเข้มข้น (นาโนกรัมต่อไมโครลิตร)	สัญญาณที่ได้จากตัวตรวจวัด* (ไมโครโวลต์-วินาที x 10 ⁵)					
	เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโตฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทริล-พาราไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
10.0	0.45	2.59	14.45	18.26	1.91	17.66
10.5	0.91	4.80	19.45	24.59	2.15	24.20
11.0	1.50	6.12	22.84	27.32	2.39	26.19
15.0	2.51	10.95	42.10	53.81	3.19	42.42
20.0	4.08	23.09	62.71	78.94	4.52	61.06

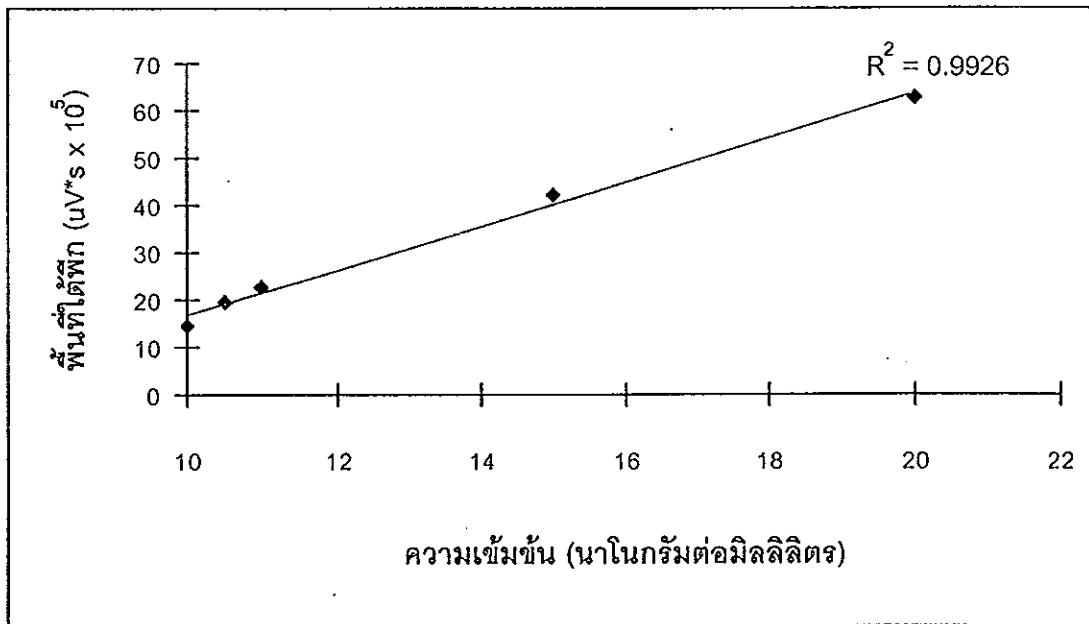
* เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 3



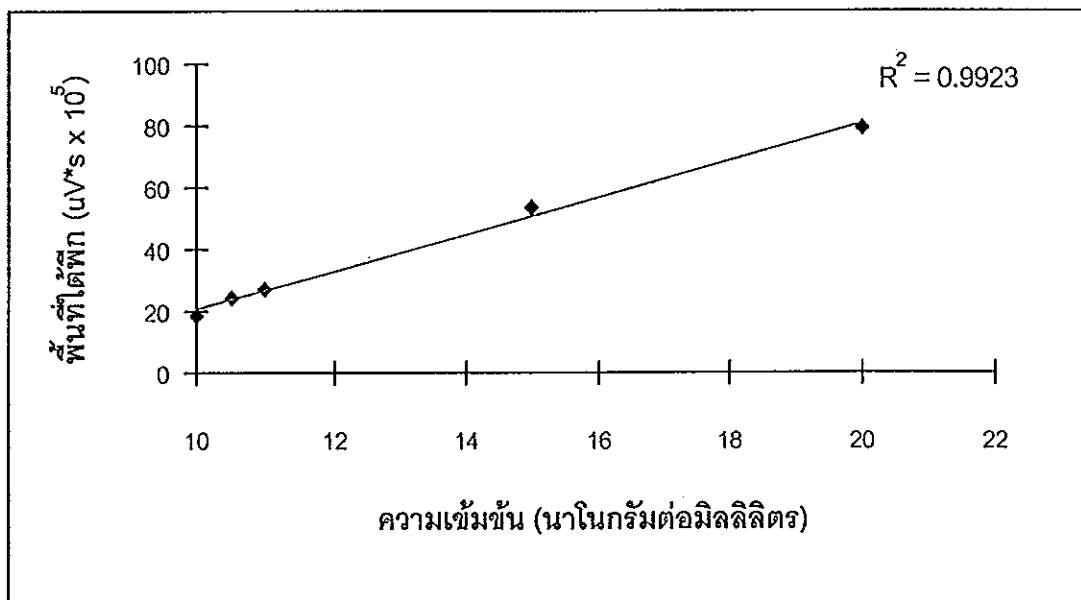
ภาพประกอบ 50 กราฟมาตรฐานของเมทามิโดฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE



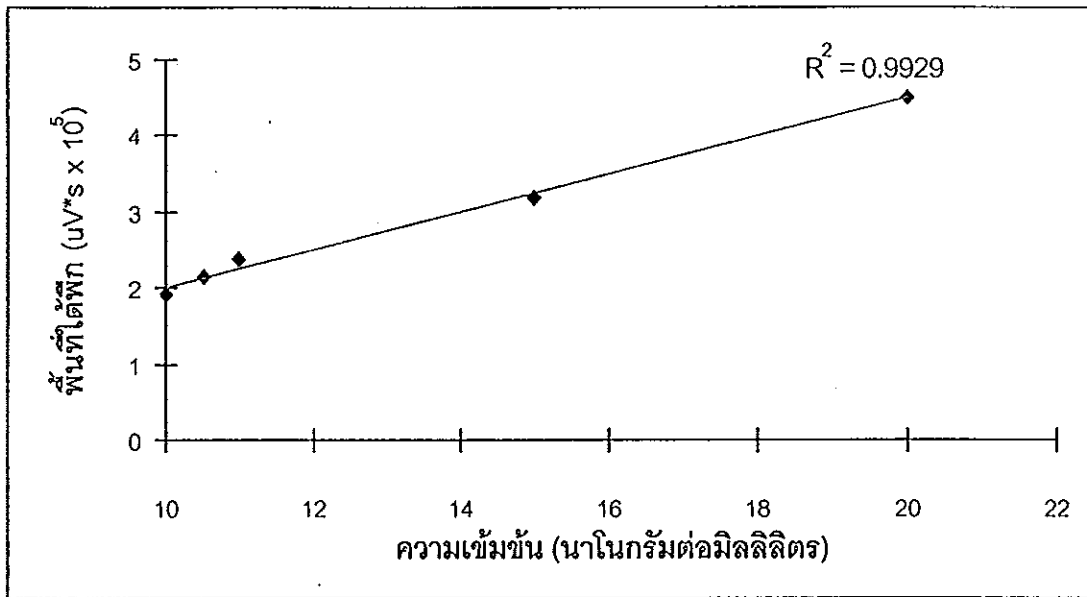
ภาพประกอบ 51 กราฟมาตรฐานของโมนโครโตฟอสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE



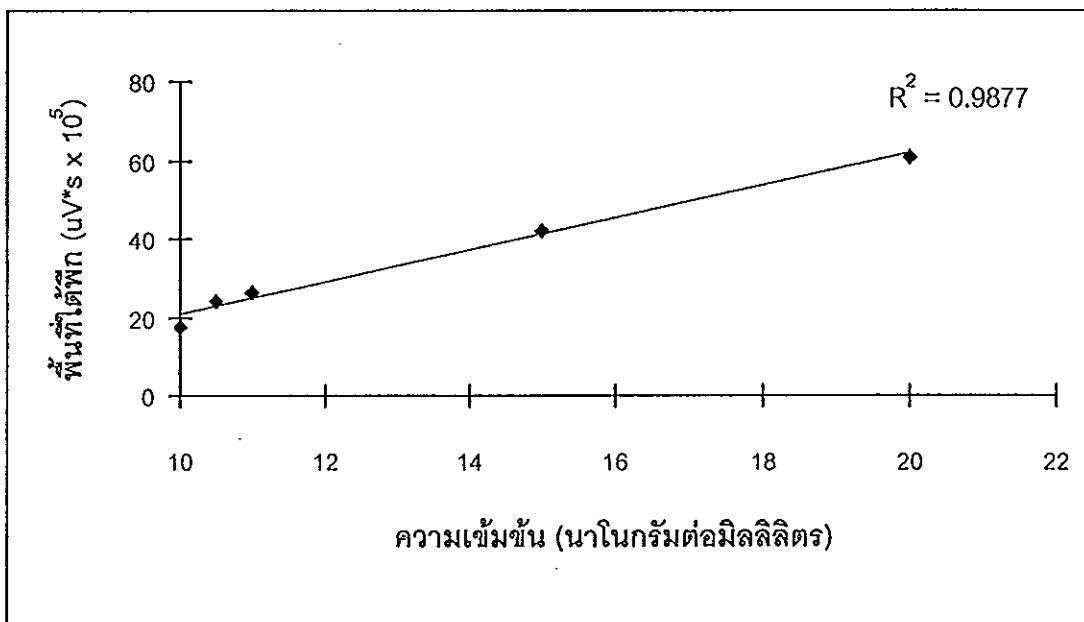
ภาพประกอบ 52 กราฟมาตรฐานของไดเมทโรเอทที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE



ภาพประกอบ 53 กราฟมาตรฐานของเมทิล-พาราไรออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE



ภาพประกอบ 54 กราฟมาตรฐานของมาลาไคออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE



ภาพประกอบ 55 กราฟมาตรฐานของเฟินไคออนที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE

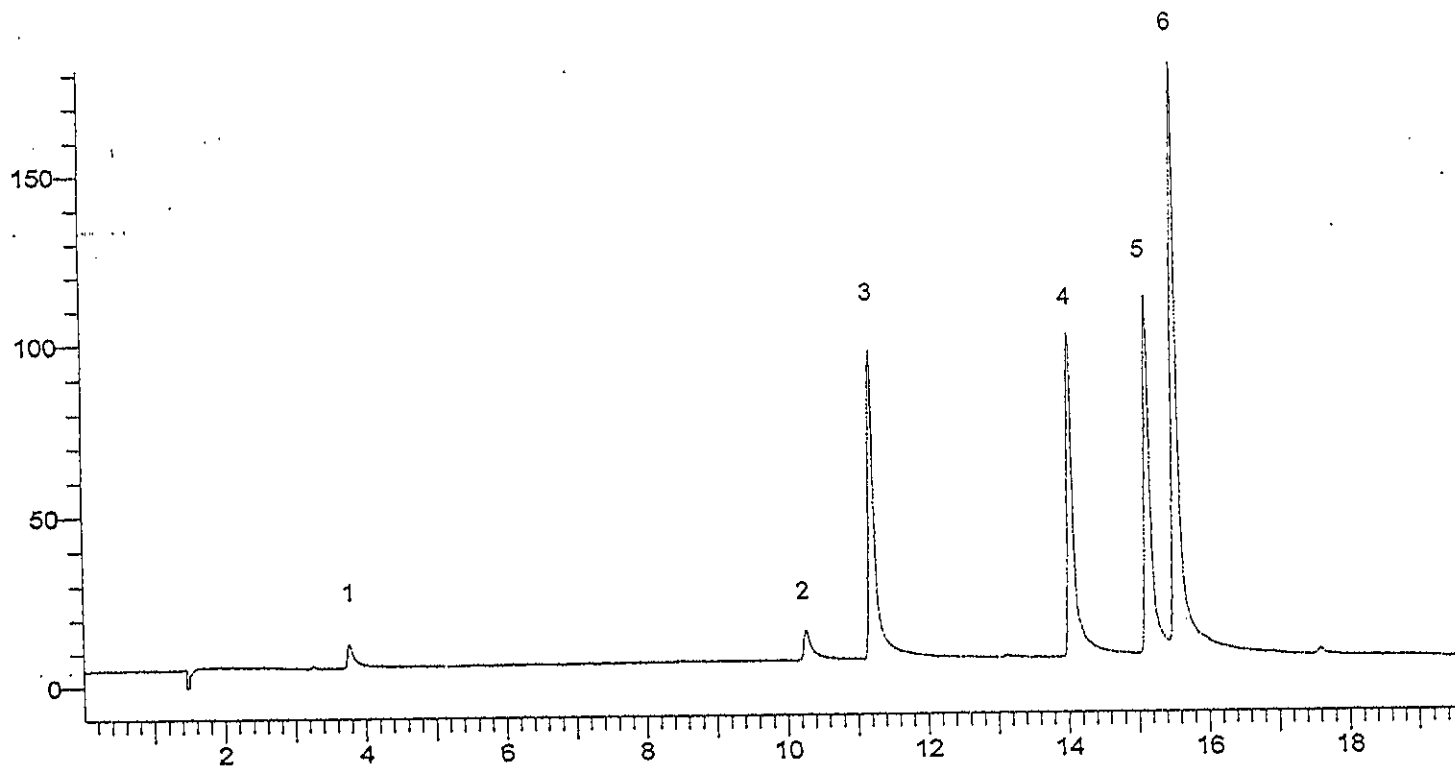
เนื่องจากสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ตกค้างในน้ำมีปริมาณน้อยมาก โดยความเข้มข้นที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของตัวตรวจวัดของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีที่ได้อภิปรายไปแล้วในข้อ 3.2.6 ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น วิธีการเตรียมตัวอย่างจึงออกมาในรูปที่ต้องทำให้ตัวอย่างมีปริมาณน้อยๆ ก่อนเพื่อให้สารที่ต้องการวิเคราะห์มีความเข้มข้นมากขึ้นและง่ายต่อการวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง ใช้สภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมดังหัวข้อ 3.3.1-3.3.3 โดยผ่านตัวอย่างน้ำ 100.0 มิลลิลิตรซึ่งเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 20.0 กรัม เข้าสู่เอ็นไอ-18 คาร์ทริดจ์ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ทำให้แห้งโดยการผ่านแก๊สไนโตรเจนนาน 15 นาที ชะตัวอย่างด้วยเอธิลอะซิเตต 5.00 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยแก๊สไนโตรเจนจนปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1.00 มิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Beltran, Lopez and Hernandez (1993) นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการสกัดแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 โครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งแสดงในภาพประกอบ 56

จากตัวอย่างน้ำก่อนผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างมีปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร เมื่อผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง จะเหลือปริมาตรสุดท้าย 1.00 มิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Lacorte, Molina and Barcelo (1993) อัตราส่วนระหว่างตัวถูกละลายคือสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีปริมาณเท่าเดิม แต่ตัวทำละลายมีปริมาตรเปลี่ยนไป ซึ่งในตอนเริ่มต้นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอยู่ในน้ำเป็นตัวทำละลาย จากนั้นผ่านขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเปลี่ยนมาอยู่ในเอธิลอะซิเตต ปริมาตรของตัวทำละลายเปลี่ยนจาก 100.0 มิลลิลิตรเป็น 1.00 มิลลิลิตร คำนวณหาแฟคเตอร์ของการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 100 ดังนั้นสามารถที่จะลดขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจากหัวข้อ 3.1.3 ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับ 0.1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร เมื่อทำการคูณแฟคเตอร์ของการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 จะได้ขีดจำกัด

ต่ำสุดทางการตรวจวัดอยู่ในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Vinuesa, et al. (1989)

จากตาราง 28 พบว่าช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงของตัวตรวจวัดที่มีต่อสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟอรัสทั้ง 6 ชนิดอยู่ในช่วง 0.9685-0.9929 ซึ่งขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันศัตรูพืชและสัตว์แต่ละชนิด โดยเมททามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอสจะให้ค่า r^2 เท่ากับ 0.9685 และ 0.9788 ตามลำดับซึ่งมีค่าเบี่ยงเบนมากเมื่อเปรียบเทียบกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชอีก 4 ชนิด เนื่องจากเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 2 ชนิดมีค่าต่ำดังแสดงในข้อ 3.3.1 และมีความเบี่ยงเบนสูง อย่างไรก็ตามเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายจะมีขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัดต่ำกว่า 0.10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1997) และให้ช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.10-10.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟอรัสปริมาณน้อยตกค้างในน้ำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ



ภาพประกอบ 56 แสดงโครมาโตแกรมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค SPE
1 คือเมทรามิโดฟอส 2 คือ โมโนโครโตฟอส 3 คือ ไดเมทโรเอท 4. คือ เมทริล-พาราไรออน 5. คือมาลาไรออน
6 คือ เฟนไรออน

3.4.เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างการเตรียมตัวอย่างโดยเทคนิค

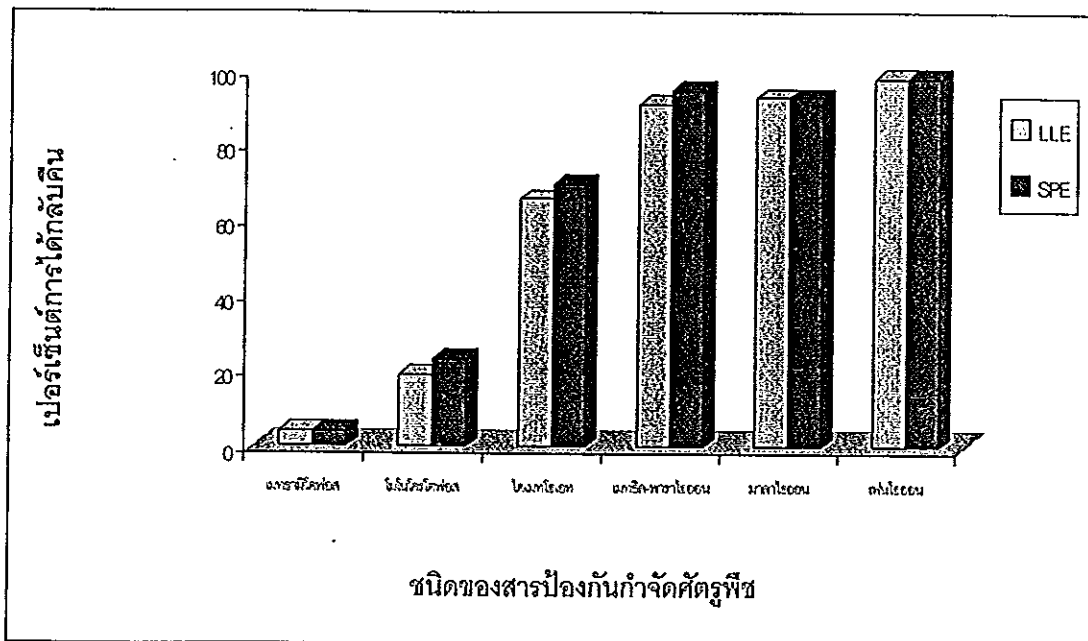
การสกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง

ผลจากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำโดยใช้ตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งโดยใช้ตัวดูดซับเอ็นไอ-18 การสกัดสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดในข้อ 2.4 ได้ผลแสดงดังตาราง 30 และภาพประกอบ 57

ตาราง 30 แสดงผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนระหว่างเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE) กับเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE)

สาร	เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน*	
	LLE	SPE
เมทามิโดฟอส	4	4
โมโนโครโตฟอส	19	23
ไดเมทโรเอท	66	70
เมทิล-พาราไรออน	91	95
มาลาไรออน	93	93
เฟนไรออน	98	98

* เป็นค่าเฉลี่ยของการทดลอง 3 ครั้ง % RSD < 15



ภาพประกอบ 57 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดระหว่างเทคนิคการสกัดด้วย
ตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง

จากตาราง 30 และภาพประกอบ 57 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดจากเทคนิคการเตรียมตัวอย่าง 2 เทคนิค ระหว่างเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายและเทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็ง พบว่าทั้ง 2 เทคนิค สามารถสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ ได้ครบทั้ง 6 ชนิด

เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE) ด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตต ใช้สภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมดังหัวข้อ 3.2.1-3.2.5 ดังนี้ ทำการสกัดโดยใช้ตัวอย่างน้ำ 1.0 ลิตร เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 50.0 กรัม จากนั้นทำการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมได้แก่ เอทิลอะซิเตตโดยใช้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่ากรวยแยกเป็นเวลา 3 นาที เก็บเอาชั้นของเอทิลอะซิเตตไว้ ทำการสกัดซ้ำอีก 2 ครั้งด้วยปริมาตรของเอทิลอะซิเตตครั้งละ 100.0 มิลลิลิตร นำชั้นของเอทิลอะซิเตตจากการสกัดทั้ง 3 ครั้งมารวมกันและระเหยด้วยเครื่องกลั่นสูญญากาศจนเหลือปริมาตรสุดท้าย 10.0 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการสกัดแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและ

ปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 นำผลที่ได้มาค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน พบว่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 4, 19, 66, 91, 93 และ 98 ตามลำดับ

เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งใช้สภาวะการเตรียมตัวอย่างที่เหมาะสมดังหัวข้อ 3.3.1-3.3.3 โดยผ่านตัวอย่างน้ำ 100.0 มิลลิลิตรซึ่งเติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ลงไป 20.0 กรัม เข้าสู่เอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ทำให้แห้งโดยผ่านแก๊สไนโตรเจนเป็นเวลา 15 นาที สะตัวอย่างด้วยเฮกซะอะซิเตด 5.00 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยแก๊สไนโตรเจนจนปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1.00 มิลลิลิตร นำตัวอย่างน้ำที่ผ่านการสกัดแล้วปริมาตร 1 ไมโครลิตรวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี ที่สภาวะการทดลองจากข้อ 2.1.2 นำผลที่ได้มาค่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืน พบว่าเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 4, 23, 70, 95, 93 และ 98 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาสภาพขั้วของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิด พบว่าสามารถแยกสภาพขั้วของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสารที่มีสภาพขั้วปานกลางได้แก่ มาลาไรออน เมทริล-พาราไรออนและเฟนไรออน และกลุ่มสารที่มีสภาพขั้วสูงได้แก่ เมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอสและไดเมทโรเอท

เมื่อพิจารณาสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มที่มีความแรงของสภาพขั้วสูง พบว่าเทคนิคการสกัดทั้ง 2 เทคนิคไม่สามารถที่จะให้ผลการสกัดที่ดี โดยเฉพาะเมทามิโดฟอสและโมโนโครโตฟอส ซึ่งจัดเป็นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีความแรงของสภาพขั้วสูงรวมทั้งความสามารถในการละลายน้ำได้ดี ดังนั้นจึงสกัดออกจากตัวอย่างน้ำได้ยาก จากเทคนิคการสกัดทั้ง 2 เทคนิคสามารถสกัดเมทามิโดฟอสออกมาได้เพียงแค่ 4 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในกรณีของโมโนโครโตฟอสให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 19 และ 23 ตามลำดับ ในขณะที่ไดเมทโรเอทให้เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนเท่ากับ 66 และ 70 ตามลำดับ ดังนั้นสรุปได้ว่าเทคนิคการสกัดทั้ง 2 เทคนิคให้ประสิทธิภาพในการสกัด

สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มที่มีสภาพขั้วสูงค่อนข้างต่ำซึ่งสอดคล้องกับงานของ Colina, et al. (1993) หากต้องการสกัดสารป้องกันศัตรูพืชกลุ่มนี้ให้ได้ประสิทธิภาพดี ต้องหาตัวทำละลายหรือตัวดูดซับที่มีสภาพขั้วสูงใกล้เคียงกันมาใช้ในการสกัด

ในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีสภาพขั้วปานกลางได้แก่ มาลาไรออน เมทิล-พาราไรออนและเฟนไรออน เปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 3 ชนิดมีประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกันซึ่งสอดคล้องกับงานของ Colina, et al. (1993) และ Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1997) จากหลักการที่ว่าสาร 2 ชนิดที่มีสภาพขั้วเหมือนกันจะละลายซึ่งกันและกันได้ดี (Morison and Fresier, 1965) สามารถอธิบายประสิทธิภาพในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชโดยเทคนิค LLE และ SPE ซึ่งให้ผลการทดลองใกล้เคียงกันได้ ในเทคนิค LLE สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะสามารถละลายไปอยู่ในตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วใกล้เคียงกัน (เอธิลอะซิเตต) ได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีสภาพขั้วต่างกันมาก ๆ (เฮกเซนและไดคลอโรมีเทน) ในขณะที่เทคนิค SPE ตัวดูดซับออกตะตีสิลจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ไม่มีขั้วได้ดีกว่าสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มีขั้ว และตัวชะที่ใช้คือ เอธิลอะซิเตตก็มีสภาพขั้วใกล้เคียงกับสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ จึงสามารถชะสารปราบศัตรูพืชออกจากคอลัมน์ได้เกือบสมบูรณ์ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การได้กลับคืนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจากทั้ง 2 เทคนิคจึงมีค่าใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาขีดจำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดจากการเตรียมตัวอย่าง ทั้ง 2 เทคนิค จะให้ค่าต่ำกว่า 0.10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และช่วงการตอบสนองเป็นเส้นตรงอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.10-10.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรซึ่งสอดคล้องกับงานของ Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson (1997) ประสิทธิภาพการสกัดของเทคนิคทั้ง 2 เทคนิคให้ผลใกล้เคียงกัน แต่เทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งจะใช้ปริมาตรของตัวอย่างต่ำกว่าคือ ใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำเพียงแค่ 100.0 มิลลิลิตร ในขณะที่เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้ตัวอย่างน้ำมากถึง 1000.0 มิลลิลิตร ซึ่งส่งผลต่อปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในปริมาณมาก สิ้นเปลืองเวลาและจำนวนผู้วิเคราะห์ ความเป็นพิษของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมากต้องหาวิธีกำจัดเพื่อป้อง

กันการตกค้างในสิ่งแวดล้อม(Colina, et al., 1993) รวมทั้งไม่มีขั้นตอนการระเหยเพื่อปรับปริมาตร (evaporation step) ของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชดังนั้นจึงสามารถเตรียมตัวอย่างสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่กลายเป็นไอได้ง่าย (high volatile pesticides) ได้ (Pihlstrom, Hellstrom and Axelsson, 1997)

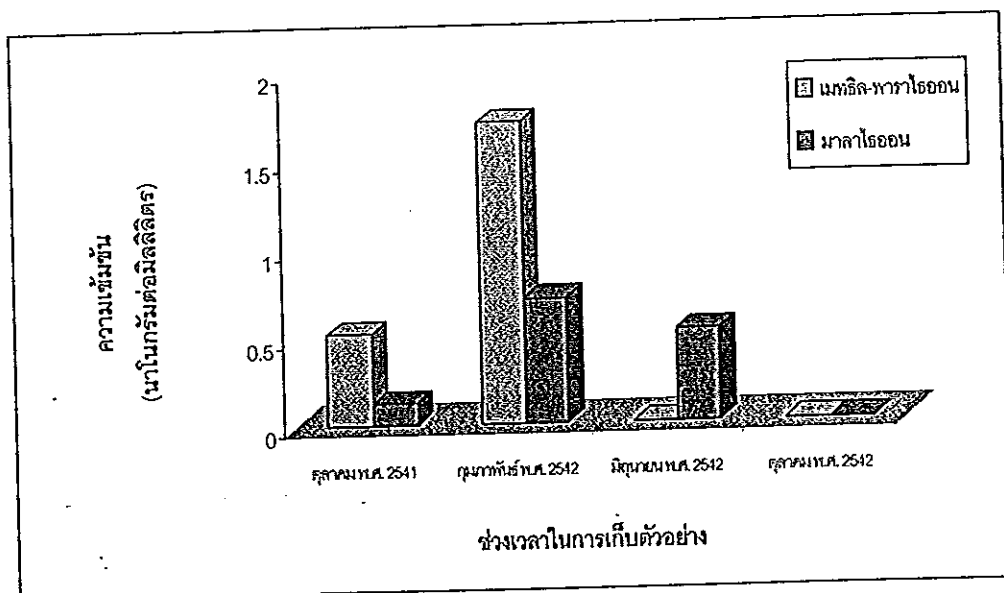
นอกจากนั้น เทคนิคการสกัดด้วยสารดูดซับของแข็งจะใช้เครื่องมือง่ายๆ สามารถเตรียมตัวอย่างได้หลายตัวในเวลาเดียวกันจึงลดเวลาในการเตรียมตัวอย่าง และสามารถกำจัดสารปนเปื้อนได้ดีกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลาย (ศิริพันธ์, 2540)

3.5 คุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอกวนเนียง จังหวัดสงขลาโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

จากผลการศึกษาคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในตัวอย่างน้ำโดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีและเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอกวนเนียง ทั้ง 62 จุด

โดยจากการเก็บตัวอย่างน้ำจากพื้นที่ครอบคลุมการเกษตรกรรม 3 ลักษณะ ลักษณะที่ 1 เป็นพื้นที่เพาะปลูกทำสวนยางพาราในนิคมสร้างตัวเองรัตนภูมิ ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 12 จุด

จากการศึกษาพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตกค้างในน้ำตัวอย่าง 2 ชนิด คือ เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน ปริมาณสะสมเฉลี่ยในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 – มิถุนายน พ.ศ. 2542 แสดงดังภาพประกอบ 58 และตาราง 31-32



ภาพประกอบ 58 แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง TW 6 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542

ตาราง 31 ปริมาณสะสมของเมทธิล-พาราไธออนที่ตกค้างในน้ำตัวอย่าง บริเวณสวน
 ยางพารานิคมสร้างตัวเองวัดภูมีในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง
 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของเมทธิล-พาราไธออน (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร)		
	ตุลาคมพ.ศ.2541	กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	มิถุนายน พ.ศ. 2542
TP1	N.D.	N.D.	N.D.
TP2	N.D.	N.D.	N.D.
TP3	N.D.	N.D.	N.D.
TP4	N.D.	N.D.	N.D.
TP6	N.D.	N.D.	N.D.
TW1	0.12	N.D.	N.D.
TW2	0.27	N.D.	N.D.
TW5	N.D.	0.65	N.D.
TW6	0.12	0.71	0.52
TW8	0.13	N.D.	N.D.
TW10	0.22	0.73	N.D.
TW11	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 32 ปริมาณสะสมของมาลาโรซอนที่ตกค้างในน้ำตัวอย่าง บริเวณสวน
 ยางพาราในคัมสร้างตัวเองรั้วภูมิในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง
 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของมาลาโรซอน (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร)		
	ตุลาคมพ.ศ.2541	กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	มิถุนายน พ.ศ. 2542
TP1	N.D.	N.D.	N.D.
TP2	N.D.	N.D.	N.D.
TP3	N.D.	N.D.	N.D.
TP4	N.D.	N.D.	N.D.
TP6	N.D.	N.D.	N.D.
TW1	0.14	N.D.	N.D.
TW2	0.18	N.D.	N.D.
TW5	N.D.	1.58	N.D.
TW6	0.52	1.71	0.52
TW8	N.D.	N.D.	N.D.
TW10	0.33	1.41	N.D.
TW11	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ จุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ใน บริเวณสวนยางพาราและบ่อน้ำที่ชาวบ้านใช้อุปโภคและบริโภค สารป้องกันกำจัดศัตรู พืชที่ตกค้างในน้ำที่พบเป็น เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน โดยจะพบเฉพาะใน บริเวณสวนยางพาราที่มีอายุ 1-3 ปี ซึ่งมีการใช้ประโยชน์บริเวณท้องร่องของยางพารา โดยทำการปลูกแตงโมและพืชตระกูลถั่ว ดังนั้นจึงมีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเพื่อกำจัดแมลงที่มากัดกินผลผลิต สำหรับในสวน ยางพาราที่มีอายุมากกว่า 4 ปีขึ้นไป จะไม่มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช ดังนั้นจึงไม่ พบการปนเปื้อนของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในน้ำ หรืออาจจะมีในปริมาณน้อย กว่าขีดจำกัดต่ำสุดของตัวตรวจวัดของเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ

ปริมาณสูงสุดของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนที่พบตกค้างในน้ำตัว อย่างบริเวณดังกล่าวมีความเข้มข้น 0.73 และ 1.58 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

ลักษณะที่ 2 เป็นพื้นที่เพาะปลูกสวนผลไม้ซึ่งเป็นสวนเงาะ ทุเรียน ลองกอง มะนาวและส้มโชกุน ตำบลเขาพระ ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 18 จุด รวมทั้งตัวอย่างน้ำ จากแม่น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม 4 จุด จากการวิเคราะห์พบสารป้องกันกำจัดศัตรู พืชในน้ำ 5 ชนิด คือ เมทิล-ไดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน และมาลาไรออน เท่ากับ 0.34, 1.11, 0.08, 1.91 และ 1.65 ตามลำดับ

ตาราง 33 ปริมาณสะสมของเมทามิโดฟอส บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของเมทามิโดฟอส (นาโนกรัมต่อมิลลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
KW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP4	n.d.	0.17	0.08	n.d.	n.d.
KP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.11

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 34 ปริมาณสะสมของโดเมทโรเอท บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของโดเมทโรเอท (นาโนกรัมต่อมิลลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
KW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW8	n.d.	0.03	0.08	n.d.	n.d.
KW10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 35 ปริมาณสะสมของไมโนคริโตฟอส ปริมาณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของไมโนคริโตฟอส (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
KW1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW2	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW4	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW5	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW8	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW10	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW11	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW13	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KW14	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KP1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KP2	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KP3	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KP4	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KP5	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KS1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KS2	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KS3	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
KS5	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.

น.ด. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดค่าสุทธการตรวจวัด)

ตาราง 36 ปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไรออกอน บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระใน ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

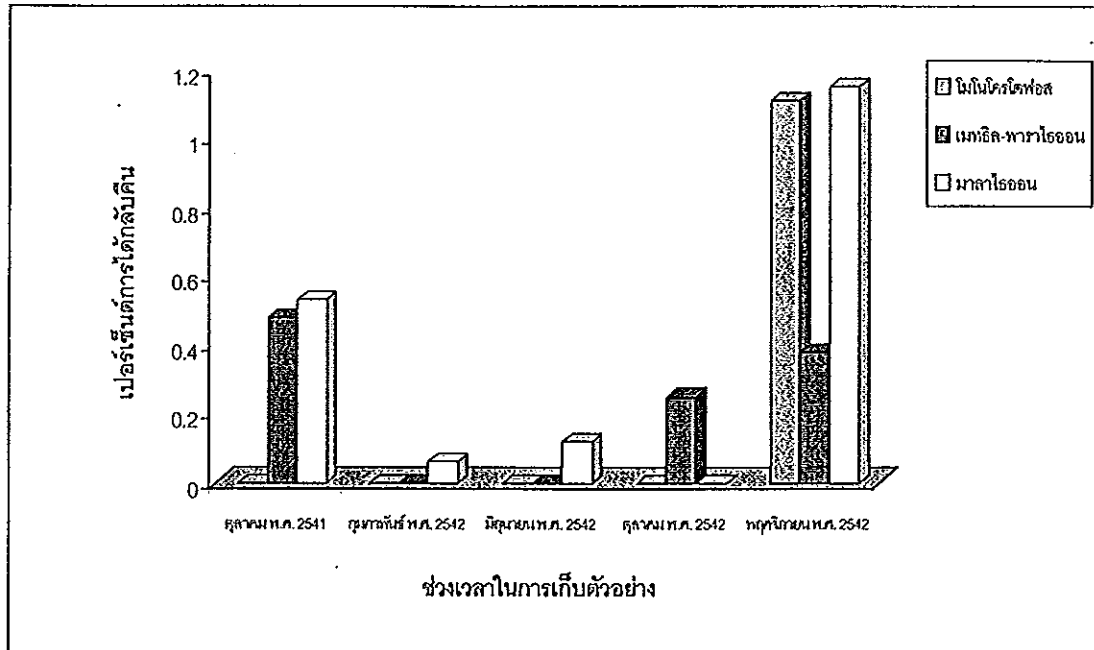
จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไรออกอน (นาโนกรัมต่อมิลลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
KW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW4	0.43	n.d.	n.d.	n.d.	0.22
KW5	0.45	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW10	1.52	0.14	n.d.	0.12	0.15
KW11	0.22	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW14	0.33	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP1	n.d.	n.d.	0.06	n.d.	n.d.
KP2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP3	n.d.	1.91	n.d.	n.d.	n.d.
KP4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS1	0.41	0.02	n.d.	0.18	n.d.
KS2	0.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS3	0.24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS5	0.48	n.d.	n.d.	0.25	0.38

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

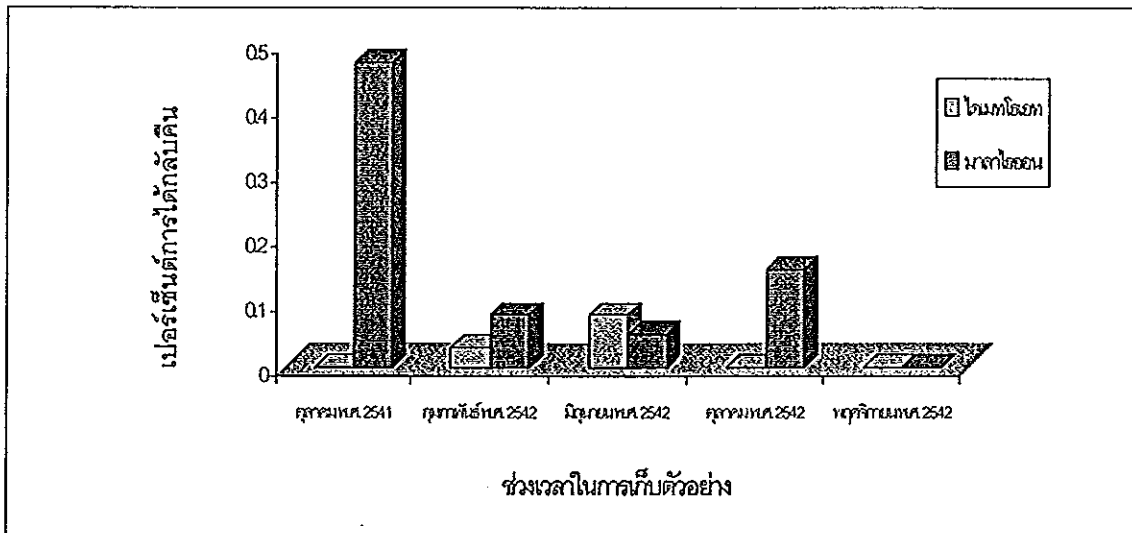
ตาราง 37 ปริมาณสะสมของมาลาไรออน บริเวณสวนผลไม้ อำเภอเขาพระในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของมาลาไรออน (นาโนกรัมต่อมิลลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
KW1	0.13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW4	0.35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW5	0.81	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW8	0.47	0.08	0.05	0.15	n.d.
KW10	1.78	0.03	n.d.	n.d.	n.d.
KW11	0.24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KW14	0.63	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS1	0.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS2	0.38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS3	0.54	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
KS5	0.53	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)



ภาพประกอบ 59 แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของโมโนไครโตฟอส เมทิล-พาราโรออน และมาลาโรออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง KS5 ในช่วงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542



ภาพประกอบ 60 แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของโดมโตเอทและมาลาโรออน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง KW8 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542

จากผลการตรวจวัดปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแสดงใน ตาราง 33-37 พบว่าที่จุดเก็บตัวอย่าง KS5 ซึ่งเป็นลำคลองที่ไหลผ่านสวนผลไม้ในพื้นที่ เกษตรกรรมตำบลเขาพระ โดยบริเวณ 2 ข้างของลำคลองขนานไปด้วยสวนทุเรียนอีกทั้ง ความลาดเทของพื้นที่เป็นแอ่งกระทะ ซึ่งเป็นลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมสำหรับการ เคลื่อนย้าย (leach) ลงสู่ลำคลอง จึงตรวจพบปริมาณสะสมของโมโนโครโตฟอส เมทิล- พาราไรออนและมาลาไรออน ทุกช่วงที่ทำกรเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

นอกจากนั้น จุดเก็บตัวอย่าง KW8 ซึ่งเป็นบ่อน้ำตื้นที่เกษตรกรขุดเพื่อใช้ในการ รดน้ำผลไม้ ลักษณะภูมิประเทศมีความลาดเทเป็นแอ่งกระทะ เช่นเดียวกับในกรณีของ จุดเก็บตัวอย่าง KS5 ตรวจพบปริมาณสะสมของไดเมทโรเอทและมาลาไรออน

ลักษณะที่ 3 เป็นพื้นที่เพาะปลูกผัก ส่วนมากจะเป็นผักสวนครัว ตำบลบาง เหยียง ซึ่งมีจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 33 จุด รวมทั้งตัวอย่างน้ำลำคลองที่ไหลผ่านพื้นที่ เกษตรกรรม 1 จุด ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้าง 5 ชนิดคือ เมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออนและ มาลาไรออน ปริมาณสะสมสูงสุดของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออนและ มาลาไรออน เท่ากับ 0.55, 1.01, 0.85, 1.11 และ 1.24 ตาม ลำดับ

ผลการตรวจวัดปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชแสดงดังตาราง

ตาราง 38 ปริมาณสะสมของเมทิลดีฟอส บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียงในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของเมทิลดีฟอส (นาโนกรัมต่อลิตร)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
BW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW4	n.d.	0.55	n.d.	0.28	n.d.
BW7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD5	n.d.	n.d.	n.d.	0.17	n.d.
BD7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BS1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP2	0.23	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP4	0.15	0.25	n.d.	n.d.	n.d.
BP5	0.24	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP6	n.d.	1.21	n.d.	0.14	n.d.
BP7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP8	n.d.	0.36	n.d.	n.d.	n.d.
BP9	0.30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP10	0.59	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP11	1.65	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP12	0.31	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 39 ปริมาณสะสมของโมโนโครโทฟอส บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียงในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของโมโนโครโทฟอส (นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
BW1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW3	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW4	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW7	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW8	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW10	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW11	น.ด.	0.68	น.ด.	0.17	น.ด.
BW14	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BW15	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD2	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD3	น.ด.	1.01	0.72	น.ด.	น.ด.
BD5	น.ด.	น.ด.	น.ด.	0.17	น.ด.
BD7	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD8	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD9	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD11	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BD13	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BS1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	0.23
BP1	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP2	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP3	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP4	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP5	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP6	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP7	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP8	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP9	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP10	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP11	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.
BP12	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.	น.ด.

น.ด. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 40 ปริมาณสะสมของไดเมทิลเอท บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียงในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของไดเมทิลเอท (นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
BW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD5	n.d.	n.d.	n.d.	0.17	n.d.
BD7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BS1	n.d.	0.03	0.03	n.d.	n.d.
BP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP2	0.47	0.19	0.08	n.d.	n.d.
BP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP4	0.18	0.27	n.d.	n.d.	n.d.
BP5	0.32	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP8	0.48	0.07	n.d.	n.d.	n.d.
BP9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP10	0.72	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP11	0.47	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP12	0.34	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 41 ปริมาณสะสมของเมทธิล-พาราไรออน บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียงในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542

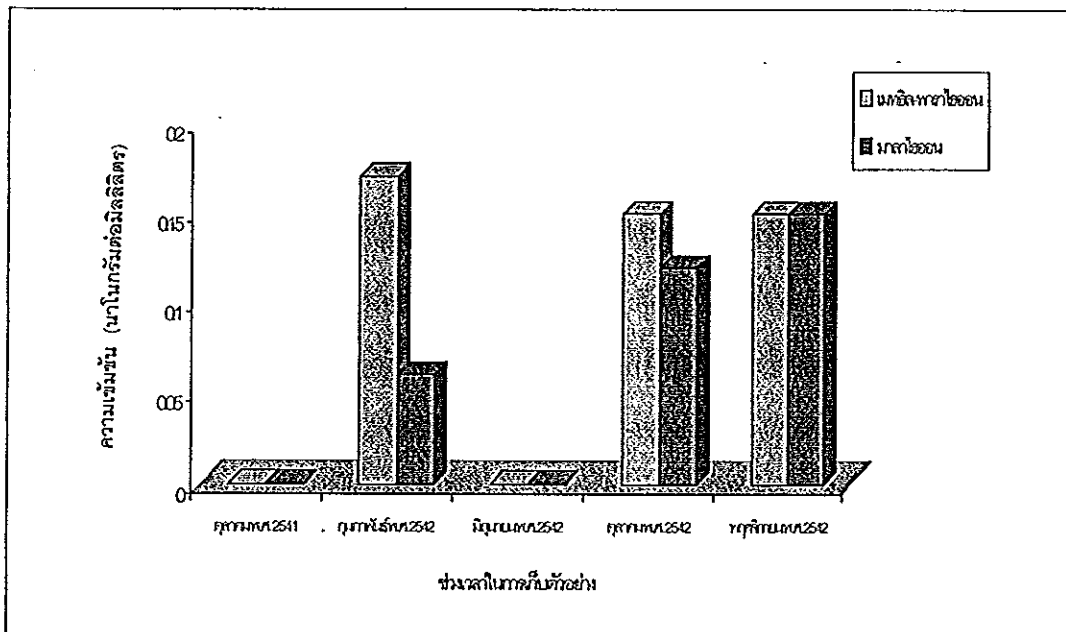
จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของเมทธิล-พาราไรออน (นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
BW1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW4	0.23	n.d.	n.d.	n.d.	0.19
BW7	0.29	0.21	n.d.	0.18	0.23
BW8	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW10	0.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.15
BW15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD2	0.12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD3	0.23	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD5	0.16	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD7	n.d.	n.d.	n.d.	0.17	n.d.
BD8	0.28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD13	0.28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BS1	n.d.	0.17	n.d.	0.15	0.15
BP1	0.11	n.d.	n.d.	n.d.	0.16
BP2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.15
BP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP4	n.d.	0.25	n.d.	n.d.	n.d.
BP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP6	n.d.	1.21	0.14	n.d.	n.d.
BP7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP8	n.d.	0.36	n.d.	n.d.	n.d.
BP9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

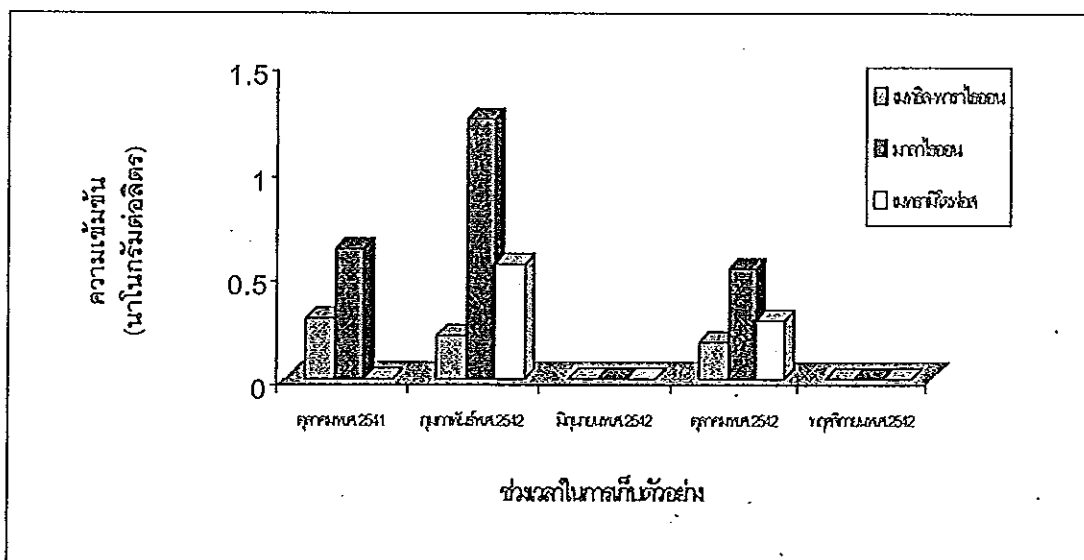
ตาราง 42 ปริมาณสะสมของมาลาไรออน บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียงในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึง เดือนพฤศจิกายนพ.ศ. 2542

จุดเก็บ	ปริมาณสะสมของมาลาไรออน (นาโนกรัมต่อมิลลิกรัม)				
	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541	เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542	เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542	เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542
BW1	0.36	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW3	0.30	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW4	0.16	n.d.	0.55	n.d.	n.d.
BW7	0.82	1.24	n.d.	0.53	n.d.
BW8	0.28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW10	0.17	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.16
BW14	0.20	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BW15	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD2	0.18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD3	0.38	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD5	0.20	n.d.	n.d.	0.17	n.d.
BD7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD8	0.53	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD9	0.14	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD11	0.13	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BD13	0.43	n.d.	1.02	n.d.	n.d.
BS1	n.d.	0.06	n.d.	0.12	0.15
BP1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP2	n.d.	0.18	0.08	n.d.	0.16
BP3	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0.19
BP5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP7	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP8	n.d.	n.d.	0.07	n.d.	n.d.
BP9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP10	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP11	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BP12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)



ภาพประกอบ 61 แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทิล-พาราไอออนและมาลาไอออน บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง BS1 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542



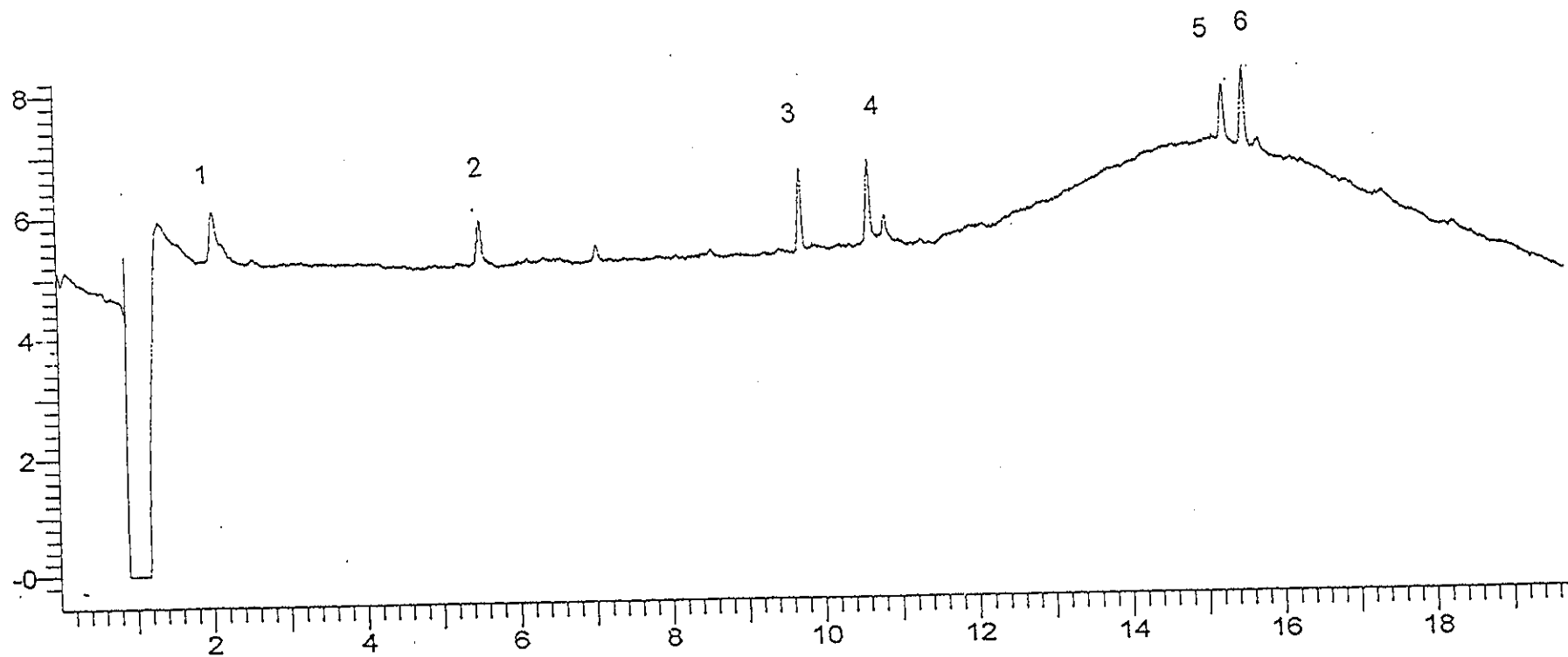
ภาพประกอบ 62 แสดงปริมาณสะสมเฉลี่ยของเมทามิโดฟอส เมทิล-พาราไอออน และมาลาไอออนบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง Bw7 ในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542

จากการตรวจวัดปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ พบว่าที่จุด BS1 ซึ่งเป็นลำคลองที่ไหลผ่านสวนผัก โดยเกษตรกรให้นำน้ำจากลำคลองนี้ในการรดน้ำผัก ตรวจพบปริมาณสะสมของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนทุกช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 จุดเก็บตัวอย่าง BW7 ซึ่งเป็นบ่อน้ำผิวดินที่เกษตรกรขุดเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคห่างจากสวนผัก 10 เมตร บริเวณข้างบ่อน้ำเป็นจุดที่ทำการทิ้งขวดสารปราบศัตรูพืชและสัตว์ที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมาก ตรวจพบปริมาณสะสมของไดเมทโรเซทและมาลาไรออน

ภาพประกอบ 63 แสดงโครมาโตแกรมของตัวอย่างน้ำที่เติมสารละลายผสมมาตรฐานกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรแล้วผ่านขั้นตอนการสกัดด้วยตัวทำละลาย ตาราง 43-47 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำผิวดิน (เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542) และตาราง 48 ได้สรุปปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 - เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 พบว่าในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2541 จากตัวอย่างน้ำ 49 ตัวอย่าง เปรอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบของเมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเท่ากับ 46.9 และ 61.2 ตามลำดับ เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 จากตัวอย่างน้ำ 61 ตัวอย่าง เปรอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเซท เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเท่ากับ 3.27, 4.91, 6.55, 19.67 และ 19.67 ตามลำดับ เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2542 จากตัวอย่างน้ำ 62 ตัวอย่าง เปรอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบของโมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเซท เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเท่ากับ 3.22, 3.22, 9.67 และ 8.06 ตามลำดับ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2542 จากตัวอย่างน้ำ 61 ตัวอย่าง เปรอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเท่ากับ 1.61, 1.61, 8.06 และ 4.83 ตามลำดับ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542 จากตัวอย่างน้ำ 62 ตัวอย่าง เปรอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบของโมโนโครโตฟอส เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออนเท่ากับ 3.22, 11.29 และ 8.06 ตามลำดับ

จากตาราง 49 แสดงผลของฤดูกาลที่มีผลต่อปริมาณตักค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั้ง 6 ชนิดโดยพบว่าในฤดูแล้งจะพบปริมาณตักค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากกว่าในฤดูฝน พบปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตักค้างในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 3 ลักษณะดังแสดงในตาราง โดยพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัตภูมิ ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตักค้าง 2 ชนิด ได้แก่ เมทริล-พาราไฮออนและมาลาไฮออน พื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด ได้แก่ เมทริล-พาราไฮออน ไมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไฮออนและมาลาไฮออน พื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหริ่งตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิด ได้แก่ เมทริล-พาราไฮออน ไมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทริล-พาราไฮออนและมาลาไฮออน สรุปปริมาณสารตักค้างในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 3 ลักษณะจะตรวจพบปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตักค้างปริมาณน้อยในพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัตภูมิ ปริมาณปานกลางในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ และตรวจพบปริมาณมากในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหริ่ง เนื่องจากชนิดของผลิตภัณฑ์ในการเกษตรที่ปลูกในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยในพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพาราจะตรวจพบสารตักค้างน้อยโดยจะพบเฉพาะในแปลงยางพาราที่มีการปลูกพืชแซมระหว่างร่องร่อง ในขณะที่ในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชจะขึ้นอยู่กับฤดูเก็บเกี่ยวของผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหริ่งซึ่งมีการปลูกผักสวนครัวตลอดทั้งปี มีการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทุก ๆ ช่วงที่มีการปลูก ดังนั้นจึงตรวจพบปริมาณตักค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากที่สุด

จากผลการศึกษาทั้งหมดสรุปผลได้ว่า ตรวจพบเมทริล-พาราไฮออนและมาลาไฮออนในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 3 ลักษณะ และทุกช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างสวนเมทริล-พาราไฮออน ไมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอทจะตรวจพบเพียงเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ปลูกในพื้นที่นั้น ๆ ไม่พบพ่นไฮออนตักค้างในทุกตัวอย่าง เนื่องจากไม่มีการใช้พ่นไฮออนในพื้นที่ที่ทำการศึกษา



ภาพประกอบ 63 แสดงโครมาโตแกรมของตัวอย่างน้ำที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค LLE เติมสารละลายผสมมาตรฐาน
 ออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้น 10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร 1 คือเมททามิโดฟอส 2 คือ โมโนโครโตฟอส
 3 คือ ไดเมทโรเอท 4. คือ เมทริล-พาราไรออน 5. คือมาลาไรออน 6 คือ เฟนไรออน

ตาราง 43 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ (เดือนตุลาคม พ.ศ.2541)

ตัวอย่างและสถานที่เก็บ	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตรวจพบ (ไมโครกรัมต่อลิตร)					
		เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโต ฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทิล-พารา ไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ	10	N.D.	N.D.	N.D.	0.12-0.27	0.11-0.59	N.D.
บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	14	N.D.	N.D.	N.D.	0.12-1.52	0.10-1.65	N.D.
บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง	25	N.D.	N.D.	N.D.	0.11-0.29	0.13-0.53	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 44 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2542)

ตัวอย่างและสถานที่เก็บ	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตรวจพบ (ไม่โครกรัมต่อลิตร)					
		เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโต ฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทิล-พารา ไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ	12	N.D.	N.D.	N.D.	0.10-0.73	0.05-1.58	N.D.
บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	18	0.34	0.17	0.03	0.02-1.91	0.03-0.08	N.D.
บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหียง	32	0.55	0.68-1.01	0.03-0.85	0.17-1.11	0.06-1.24	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 45 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ (เดือนมิถุนายน พ.ศ.2542)

ตัวอย่างและสถานที่เก็บ	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตรวจพบ (ไมโครกรัมต่อลิตร)					
		เมทนามิโดฟอส	โมโนโครโต ฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทิล-พารา ไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ	12	N.D.	N.D.	N.D.	0.09-0.52	N.D.	N.D.
บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	18	N.D.	0.08	0.08	0.06	0.05-0.12	N.D.
บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง	33	N.D.	0.72	0.03	0.14	0.08-1.02	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 46 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ (เดือนตุลาคม พ.ศ.2542)

ตัวอย่างและสถานที่เก็บ	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตรวจพบ (ไมโครกรัมต่อลิตร)					
		เมทรามิโดฟอส	โมโนโครโต ฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทิล-พารา ไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ	12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	18	N.D.	N.D.	N.D.	0.12-0.25	0.15	N.D.
บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง	33	0.28	0.17	N.D.	0.15-0.18	0.12-0.53	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 47 แสดงปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ (เดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2542)

ตัวอย่างและสถานที่เก็บ	จำนวน ตัวอย่าง	ชนิดและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสที่ตรวจพบ (ไมโครกรัมต่อลิตร)					
		เมทนามิโดฟอส	โมโนโครโต ฟอส	ไดเมทโรเอท	เมทิล-พารา ไรออน	มาลาไรออน	เฟนไรออน
บริเวณสวนยางพารา นิคมสร้างตัวเองรัตภูมิ	12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
บริเวณสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	18	N.D.	1.11	N.D.	0.15-0.38	1.11	N.D.
บริเวณสวนผัก ตำบลบางเหรียง	33	0.28	0.23	N.D.	0.15-0.23	0.15-0.19	N.D.

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 48 สรุปปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำตั้งแต่เดือนตุลาคมพ.ศ. 2541 – เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2542

สาร	ตุลาคม พ.ศ.2541 (49)		กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542 (61)		มิถุนายน พ.ศ. 2542 (62)		ตุลาคม พ.ศ. 2542 (62)		พฤศจิกายน พ.ศ. 2542 (62)	
	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบ	ความเข้มข้นสูงสุด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบ	ความเข้มข้นสูงสุด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบ	ความเข้มข้นสูงสุด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบ	ความเข้มข้นสูงสุด (ไมโครกรัมต่อลิตร)	เปอร์เซ็นต์ที่ตรวจพบ	ความเข้มข้นสูงสุด (ไมโครกรัมต่อลิตร)
เมตามิโดฟอส	N.D.	N.D.	3.27(2)	0.55	N.D.	N.D.	1.61(1)	0.28	N.D.	N.D.
โมโนโครโตฟอส	N.D.	N.D.	4.91(3)	1.01	3.22(2)	0.72	1.61(1)	0.17	3.22(2)	1.11
ไดเมทโรเอท	N.D.	N.D.	6.55(4)	0.85	3.22(2)	0.08	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
เมธิล-พาราไรออน	46.9(23)	1.65	19.67(12)	1.91	9.67(6)	0.54	8.06(5)	0.25	11.29(7)	0.38
มาลาไรออน	61.2(30)	1.52	19.67(12)	1.58	8.06(5)	1.02	4.83(3)	0.53	8.06(5)	1.11
เฟนไรออน	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

() คือจำนวนตัวอย่างน้ำ N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

ตาราง 49 แสดงผลของฤดูกาลที่มีต่อปริมาณสะสมของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำ

พื้นที่เกษตรกรรม	ชนิดของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช	ปริมาณตกค้าง	
		ฤดูแล้ง	ฤดูฝน
สวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัษฎามิ	เมทริล-พาราไรออน	0.09-0.73	0.12-0.27
	มาลาไรออน	0.05-1.58	0.11-0.59
สวนผลไม้ ตำบลเขาพระ	เมทรามิโดฟอส	0.34	ND
	โมโนโครโตฟอส	0.08-0.17	1.11
	ไดเมทโรเอท	0.03-0.08	ND
	เมทริล-พาราไรออน	0.02-1.91	0.12-1.52
	มาลาไรออน	0.03-0.12	0.10-1.65
สวนผัก ตำบลบางเหริยง	เมทรามิโดฟอส	0.55	0.28
	โมโนโครโตฟอส	0.68-1.01	0.17-0.23
	ไดเมทโรเอท	0.03-0.85	ND
	เมทริล-พาราไรออน	0.19-1.11	0.11-0.29
	มาลาไรออน	0.06-1.29	0.12-0.53

N.D. คือไม่สามารถตรวจวัดได้ (ต่ำกว่าขีดจำกัดต่ำสุดการตรวจวัด)

บทที่ 4

บทสรุป

จากผลการศึกษาเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้คาปิลลารีคอลัมน์ PE-1 และตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส ร่วมกับเทคนิคการทำให้ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นทั้งการสกัดด้วยตัวทำละลาย (LLE) และการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE) สามารถวิเคราะห์เชิงคุณภาพและปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส 6 ชนิดได้แก่ โมโนโครโตฟอส มาลาไรออน เฟนไรออน เมทามิโดฟอส ไดเมทโรเอท และเมทิล-พาราไรออน ตกค้างในน้ำได้ความถูกต้องและแม่นยำสูงและสามารถวิเคราะห์ได้ในระดับความเข้มข้นน้อยมาก รวมทั้งทำการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชหลายตัวภายใต้การวิเคราะห์พร้อมกันในแต่ละครั้งของการวิเคราะห์ ในการหาสถานะที่เหมาะสมของการทดลองต่าง ๆ พบว่า อัตราการไหลของแก๊สฮีเลียมที่เหมาะสมในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสเท่ากับ 8 มิลลิลิตรต่อนาที โดยจะให้ประสิทธิภาพการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด อัตราการไหลแก๊สไฮโดรเจนและอากาศเป็น 2 และ 100 มิลลิลิตรต่อนาที ตามลำดับ การโปรแกรมอุณหภูมิคอลัมน์ อุณหภูมิเริ่มต้น 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 3 นาที และเพิ่มอุณหภูมิจนอุณหภูมิสุดท้ายเป็น 250 องศาเซลเซียสด้วยอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิหัวฉีด 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของตัวตรวจวัดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส 280 องศาเซลเซียส

เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีที่ใช้คาปิลลารีคอลัมน์ PE-1 และตัวตรวจวัดชนิดไนโตรเจน-ฟอสฟอรัสจะมีขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน เท่ากับ 1.000, 1.000, 0.100, 0.010, 0.001 และ 0.001 นาโนกรัมต่อไมโครลิตรตามลำดับ ซึ่งที่ขีด

จำกัดต่ำสุดทางการตรวจวัดในระดับนาโนกรัมต่อไมโครลิตรไม่สามารถที่จะใช้ในการวิเคราะห์สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชปริมาณน้อยตกค้างในน้ำได้ เนื่องจากความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทั่วไปที่ตรวจพบจะอยู่ในระดับนาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

ดังนั้นจึงต้องมีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อทำให้ความเข้มข้นของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชเพิ่มขึ้น โดยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดคือ สกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซิเตตปริมาตร 100.0 มิลลิลิตร 3 ครั้ง (3x100.0 มิลลิลิตร) ใช้อัตราส่วนสารตัวอย่างต่อตัวทำละลายอินทรีย์ 3:1 สกัดครั้งละ 5 นาที เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำ 1.0 ลิตรเป็น salting out พบว่าประสิทธิภาพการสกัดของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 4, 19, 66, 91, 93 และ 98 ตามลำดับ เมื่อเติมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดต่ำกว่า 0.10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และให้ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงตั้งแต่ 0.10-10.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

เมื่อเปรียบเทียบกับ การเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็ง (SPE) ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสทั้ง 6 ชนิดคือ ผ่านตัวอย่างน้ำเข้าสู่เอ็นไว-18 คาร์ทริดจ์ด้วยอัตราการไหลคงที่ที่ 8 มิลลิลิตรต่อนาที ตัวชะที่เหมาะสมคือเอทิลอะซิเตต 5.00 มิลลิลิตร เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำ 100.0 มิลลิลิตรเป็น salting out พบว่าประสิทธิภาพการสกัดของเมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออน มาลาไรออนและเฟนไรออน มีค่าเท่ากับ 4, 23, 70, 95, 93 และ 98 ตามลำดับ เมื่อเติมสารละลายผสมมาตรฐานออร์กาโนฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10.0 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการสกัดของเทคนิคการสกัดทั้ง 2 เทคนิค พบว่ามีประสิทธิภาพในการสกัดใกล้เคียงกันโดยขีดจำกัดต่ำสุดของการตรวจวัดที่ได้จากการเตรียมตัวอย่างทั้ง 2 เทคนิคมีค่าต่ำกว่า 0.10 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรและให้ช่วงการตอบสนองที่เป็นเส้นตรงตั้งแต่ 0.10-10.00 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

ข้อดีของเทคนิคการสกัดด้วยตัวดูดซับของแข็งจะใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้อยคือ ใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำเพียงแค่ 100.0 มิลลิลิตร ในขณะที่เทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลายจะใช้ตัวอย่างน้ำมากถึง 1000.0 มิลลิลิตร ซึ่งส่งผลต่อปริมาณของตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้ในปริมาณมาก สิ้นเปลืองเวลาและจำนวนผู้วิเคราะห์ ความเป็นพิษของตัวทำละลาย ตัวทำละลายที่ใช้แล้วเป็นจำนวนมากต้องหาวิธีกำจัดเพื่อป้องกันการตกค้างในสิ่งแวดล้อม

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัสตกค้างในน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมเขตอำเภอรัตนภูมิและอำเภอควนเนียง จังหวัดสงขลา ตรวจหาปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 3 ลักษณะ โดยพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัตนภูมิ ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 2 ชนิดได้แก่เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน พื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ ตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิดได้แก่ เมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน พื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหียงตรวจพบสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช 5 ชนิดได้แก่ เมทามิโดฟอส โมโนโครโตฟอส ไดเมทโรเอท เมทิล-พาราไรออนและมาลาไรออน สรุปปริมาณสารตกค้างในพื้นที่เกษตรกรรมทั้ง 3 ลักษณะจะตรวจพบปริมาณสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างปริมาณน้อยในพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพารา นิคมสร้างตนเองรัตนภูมิ ปริมาณปานกลางในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระ และตรวจพบปริมาณมากในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหียง เนื่องจากชนิดของผลผลิตในการเกษตรที่ปลูกในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน โดยในพื้นที่เกษตรกรรมสวนยางพาราจะตรวจพบสารตกค้างน้อยโดยจะพบเฉพาะในแปลงยางพาราที่มีการปลูกพืชแซมระหว่างร่อง ในขณะที่ในพื้นที่เกษตรกรรมสวนผลไม้ ตำบลเขาพระการฉีดพ่นสารป้องกัน

กำจัดศัตรูพืชจะขึ้นอยู่กับฤดูเก็บเกี่ยวของผลไม้แต่ละชนิด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตรกรรมสวนผัก ตำบลบางเหริ่งซึ่งมีการปลูกผักสวนครัวตลอดทั้งปี มีการฉีดพ่นสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชทุก ๆ ช่วงที่มีการปลูก ดังนั้นจึงตรวจพบปริมาณตกค้างของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมากที่สุด

บรรณานุกรม

ธวัชชัย ศรีวิบูลย์. 2534. เคมีวิเคราะห์ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

นวลศรี ทยาพัชร. 2533. "สภาพของปัญหาในประเทศไทย", ใน รายงานวิชาการ
ปัญหาสารพิษทางการเกษตรในประเทศไทย. หน้า 31. กรุงเทพฯ.

นินนาท์ โชติบริบูรณ์. 2539. "การวิเคราะห์กลุ่มสารฟีนอลิกในแหล่งน้ำธรรมชาติ
โดยเทคนิคลิควิดโครมาโทกราฟีสมรรถนะสูง (Analysis of the Phenolic
Compounds in Natural water by High Performance Liquid
Chromatography Technigue)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชาเคมีวิเคราะห์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เพริศพิชญ์ คณาธารณา. 2526. ทฤษฎีแก๊สโครมาโตกราฟี. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์

พรพิมล ศรีทองคำ และคณะ. 2536. "การพัฒนาพีซีอีเลกตริกคริสตัลไปโอเซนเซอร์
เพื่อวิเคราะห์ปริมาณยาปราบศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส", ใน การประชุม
วิชาการครั้งที่ 5. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ 19-20
พฤศจิกายน 2536. หน้า 144.

พัฒนาที่ดิน,กรม. กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2530. แผนการใช้ที่ดินจังหวัดสงขลา.
กรุงเทพฯ.

มณฑาทิพย์ ศรีรัตนา ทานุกานอน และ ศิริินภา ศรีทองทิม. 2537. "สารฆ่าแมลงประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส", ใน การวิเคราะห์สารฆ่าแมลงประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส (รุ่นที่ 2) ปทุมธานี 25-29 เมษายน 2537. หน้า 2-11.

แม่น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสม. 2534. เทคนิควิเคราะห์ทางเครื่องมือ. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์

วินัย วีระพัฒนานนท์. 2537. สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา. กรุงเทพฯ : เว็อนแก้ว
การพิมพ์.

ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง และคณะ. 2538. "ศึกษาการสะสมของวัตถุมีพิษในดินน้ำตะกอนและปลา บริเวณสวนส้มโอภายใต้โครงการ IPM 'ไม้ผล', ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 22(เมษายน-มิถุนายน 2538), หน้า 53-63.

ศิวาภรณ์ สกุลเที่ยงตรง และคณะ. 2540. "การศึกษาการสะสมสารพิษในดินและน้ำบริเวณสวนองุ่นจังหวัดสมุทรสาคร ภายใต้โครงการลดการใช้สารเคมี", ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 24 (กรกฎาคม-กันยายน 2540), หน้า 116-126.

ศิริพันธ์ สุขมาก 2540. "การใช้ solid phase extraction สกัดตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อม", ข่าวสารวัตถุมีพิษ. 24 (มกราคม-มีนาคม 2540), หน้า 25-29.

ไศรยา พันธุ์วิริยะพงษ์ และคณะ. 2537. "ผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษทางการเกษตรในสวนทุเรียน", ใน การประชุมวิชาการกองวัตถุมีพิษการเกษตรครั้งที่ 2. หน้า 147-151.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. สำนักงานเกษตรจังหวัดสงขลา. 2535. "รายงานผลการ
ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมของอำเภอรัตภูมิและ
อำเภอควนเนียงจังหวัดสงขลา", ม.ป.ท. : ม.ป.พ.

สำนักวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 2537. แผนการลงทุนจังหวัด
สงขลา: ศักยภาพและข้อจำกัดการพัฒนาเศรษฐกิจของจังหวัดสงขลา.
สงขลา.

สำนักเลขาธิการวุฒิสภา, กองกรรมาธิการการเกษตรและสหกรณ์. 2539. "รายงาน
ของคณะกรรมการการเกษตรและสหกรณ์วุฒิสภาส่วนที่ 2 พิจารณา
ศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง การใช้สารพิษในการเกษตร", หน้า 22-23

สุกัญญา บุญเฉลิมกิจ. 2537. "สถานการณ์และความรู้เรื่องสารพิษในประเทศ
ไทย", ในการวิเคราะห์สารฆ่าแมลงประเภทออร์กาโนฟอสฟอรัส: เอกสาร
ประกอบการฝึกอบรม(รุ่นที่ 2) ปทุมธานี 25-29 เมษายน 2537. หน้า 1-2

สุภาณี พิมพ์สมาน. 2537. สารฆ่าแมลง. ขอนแก่น : คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อมรพรรณ อาศรัยผล. 2534. "ชนิดและปริมาณสารฆ่าแมลงกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่
ตกค้างในดินตะกอนตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ บริเวณลุ่มน้ำจันทบุรี ระยอง และ
ชลบุรี", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อมรา วงศ์พุทธพิทักษ์, กนกพร อธิสุข และ จุไรรัตน์ รุ่งโรจนารักษ์. 2537. สิ่งปนเปื้อน
ในอาหาร : ผลกระทบต่อสุขภาพคนไทย. กรุงเทพฯ : ดีไซน์.

Albanis, T.A. ;Hela, D.G. ;Sakellarides, T.M. and Konstantinou, I.K. 1998.

“Monitoring of Pesticide Residues and Their Metabolites in Surface and Underground Waters of Imathia (N. Greece) by Means of Solid-phase Extraction Disk and Gas Chromatography”, J. Chromatogr. 823(1998), 59-71.

Ambrus, A. 1984. “Gas-liquid Chromatography : Principles for Selection of Column Packing and Carrier Gas Parameters”, In Pesticide Residue Analysis ; April 13-26, 1984, Organized by World Health Organization, 121-201. Hungary

Anonymous, 1980. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association 17th Edition APHA , Washigton D.C. 40 : 156 .

Beltran, J. ;Lopez, F.J. and Hernandez F. 1993 “Solid-phase Extraction of Pesticide Residues from Ground Water”, Anal. Chim. Acta. 283(1993), 297-303

Colina, C. ;Heras, A.P. ;Cancela, G.D. and Rasero, F.S. 1993. “Determination of Organophosphorus and Nitrogen-Containing Pesticides in Water Samples by Solid Phase Extraction with Gas Chromatography and Nitrogen-phosphorus Detection”, J. Chromatogr. 655(1993), 127-132.

Durand, G. ;Bouvot V. and Barcelo, D. 1992. "Determination of Trace Levels of Herbicides in Estuarine Waters by Gas and Liquid Chromatographic Techniques", J. Chromatogr. 607(1992), 319-327.

Ettre, L.S. 1979. Introduction to Open Tubular Columns. ed. Connecticut :
The Perkin-Elmer Corporation

Fernandez-Alba, A.R.; Aguera, A. ;Contreras, M. ;Penuela G. ;Ferrer, I. and Barcelo, D. 1998. "Comparasion of Various Sample Handling Analytical Procedures for the Monitoring of Pesticides and Metabolites in Ground Water", J. Chromatogr. 823(1998), 35-47.

Graves, R.L. 1989. "Method 507. Determination of Nitrogen and Phosphorus Contain Pesticides in Water by Gas Chromatography with a Nitrogen-Phosphorus Detector", Revision 2.0. Ohio : US-Environmental Protection Agency, 143-170.

Grob, R.L. 1985. Modern Practice of gas chromatography . 2nded , New York,
USA : John Wiley & Sons

Jongki, H. ;Yunwoo, E. ;Jaeseong, R. and Taekjae, K. 1993. "Simultaneous Analysis of 25 Pesticides in Crops Using Gas Chromatography and Their Identification by Gas Chromatography-Mass Spectrometry",
J. Chromatogr. 639(1993), 261-271.

Kanatharana, P. 1994. Marine Analytical Chemistry 4 th EURASIA

Conference on Chemical Science, Kuala Lumpur, Malaysia, 17-20

December 1994.

Karamfilov, V.K. ;Fileman, T.W. ;Evans, K.M. and Mantoura, R.F.C. 1996.

"Determination of Dimethoate and Fenitrothion in Estuarine Samples by C-18 Solid-phase Extraction and High-resolution Gas-chromatography with Nitrogen-phosphorus Detection", Anal. Chim Acta. 335(1996), 51-61.

Kloiholt, J. 1985. "Determination of Trace Amounts of Organophosphorus

Pesticides and Related Compounds in Soil and Sediments Using

Capillary Gas Chromatography and a Nitrogen-phosphorus Detector",

J. Chromatogr. 325(1985), 231-238.

Lacorte, S. ;Molina, C. and Barcelo, D. 1993. "Screening of

Organophosphorus Pesticides in Environmental Matrices by Various Gas

Chromatographic Techniques", Anal. Chim Acta. 281(1993), 71-84.

Mallet, C. and Mallet, V. N. 1989. "Determination of Organophosphorus

Pesticides in Environmental Water", J. Chromatogr. 481(1989), 27-35.

Martinez, R. C. ;Gonzalo, E.R. ;Moran, M.J.A. and Hernandez, J. 1992.

"Sensitive Method for the Determination of Organophosphorus Pesticides in Fruits and Surface Waters by High-performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection", J. Chromatogr. 607(1992), 37-45.

Morison, G.H. and Fresier, H. 1965. Solvent Extraction in Analytical Chemistry
John Wiley & Sons

Okumura, T. and Nishikawa Y. 1995. "Determination of Organophosphorus Pesticides in Environmental Samples by Capillary Gas Chromatography-Mass Spectrometry", J.Chromatogr. 709(1995), 319-331.

Pihlstrom, T ;Hellstrom, A. and Axelsson, V. 1997. "Gas Chromatographic Analysis of Pesticides in Water with Off-line Solid Phase Extraction", Anal. Chim.Acta. 356(1997), 155-163.

Psathaki, M. ;Manoussaridou, E. and Stephanou, E.G. 1994. "Determination of Organophosphorus and Triazine Pesticides in Ground- and Drinking Water by Solid -phase Extraction and Gas Chromatography with Nitrogen-phosphorus or Mass Spectrometric Detection", J.Chromatogr. 667(1994), 241-248.

PSS, QAP. 2000. "Manual of Quality Assurance Plan", Phase Separation
Science, Inc., 48-49.

Sabik, H. and Jeannot, R. 1998. "Determination of Organonitrogen Pesticides in Large Volumes of Surface Water by Liquid-liquid and Solid Phase Extraction using Gas Chromatography with Nitrogen-phosphorus Detection", J.Chromatogr. 818(1998), 197-207.

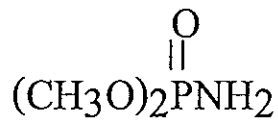
Tolosa, I. ;Readman, J.W. and Mee, L.D. 1996. "Comparasion of the Performance of Solid-phase Extraction Techniques in Recovering Organophosphorus and Organochlorine Compounds from Water", J. Chromagr. 725(1996), 93-106.

Vinuesa, J. M. ;Cortes, J.C.M. ;Canas, C.I. and Perez, G.F. 1989. "Isolation and Concentration of Organophosphorus Pesticides from Water Using a C-18 Reverse Phase" , J. Chromatogr. 472(1989), 365-370.

ภาคผนวก

คุณสมบัติของสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช
กลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส

ชื่อสามัญ : methamidophos
ชื่อการค้า : nitofol, hamidop, monitor, tamaron
ชื่อทางเคมี : O, S-dimethyl phosphoramidothioate
สูตรโครงสร้าง



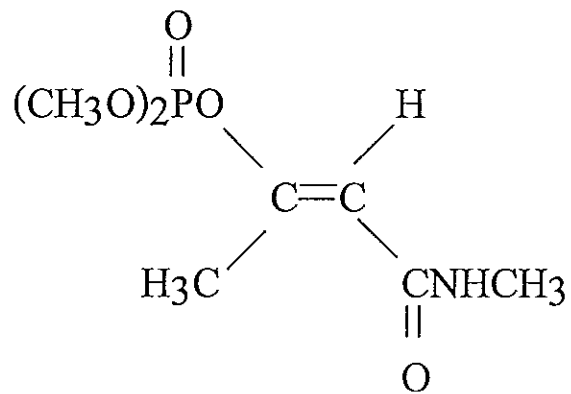
สูตรอย่างง่าย : $\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_2\text{PS}$
น้ำหนักโมเลกุล : 127.0
สมบัติทางเคมีและกายภาพ
ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกของแข็งสีขาว
ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.31
การละลายในน้ำ : ละลาย
จุดหลอมเหลว : 44.5°C
จุดเดือด : ไม่ปรากฏค่า
ความดันไอ : 3×10^4 mm Hg ที่ 30°C
จุดวาบไฟ : ไม่ปรากฏค่า

ชื่อสามัญ : monocrotophos

ชื่อการค้า : alphate, azodrin, bilobran, carbicron, crisdrin, monocron, nuvacron, pandar, phillardrin, plantdrin, susvin

ชื่อทางเคมี : dimethyl phosphate of 3-hydroxy-N-methyl-cis-crotonamide

สูตรโครงสร้าง



สูตรอย่างง่าย : $C_8H_{14}O_5P$

น้ำหนักโมเลกุล : 220.9

สมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกของแข็งไม่มีสี

ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.33

การละลายในน้ำ : ละลายได้เล็กน้อย

จุดหลอมเหลว : 54-55 °C

จุดเดือด : ไม่ปรากฏค่า

ความดันไอ : 7×10^6 mm Hg ที่ 30 °C

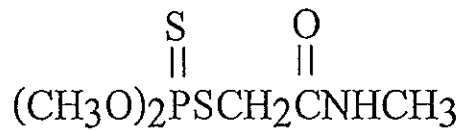
จุดวาบไฟ : 93 °C

ชื่อสามัญ : dimethoate

ชื่อการค้า : cygon, daphene, de-fend, fostion, le-kuo, perfekthion, roger, roxion, trimetion, dimethogen

ชื่อทางเคมี : O, O-dimethyl S-(N-methylcarbamoylmethyl) phosphorodithioate

สูตรโครงสร้าง



สูตรอย่างง่าย : $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_3\text{NPS}$

น้ำหนักโมเลกุล : 229.3

สมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกของแข็งสีขาว

ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.35

การละลายในน้ำ : ละลายได้เล็กน้อย

จุดหลอมเหลว : 42-46 °C

จุดเดือด : ไม่ปรากฏค่า

ความดันไอ : 0.025 mm Hg ที่ 30 °C

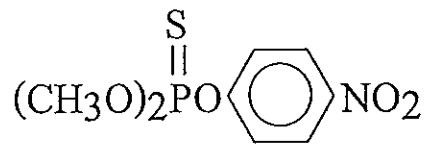
จุดวาบไฟ : 130 °C

ชื่อสามัญ : methyl parathion

ชื่อการค้า : dalf, folidol M, metron, nitrox, partron, tekwaia, wofatox

ชื่อทางเคมี : O, O-dimethyl O-p-nitrophenyl phosphorothioate

สูตรโครงสร้าง



สูตรอย่างง่าย : $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{O}_5\text{NPS}$

น้ำหนักโมเลกุล : 263.2

สมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ : ผลึกของแข็งสีขาว

ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.358

การละลายในน้ำ : ละลาย

จุดหลอมเหลว : 37°C

จุดเดือด : ไม่เสถียรต่อความร้อน

ความดันไอ : 0.97×10^{-5} mm Hg ที่ 20°C

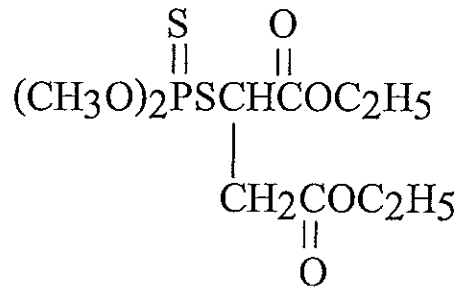
จุดวาบไฟ : 115°F

ชื่อสามัญ : malathion

ชื่อการค้า : cythion, emmatos, fyfanon, karbofos, kop-thion, kypfos,
malamar, malaspray, malathion, malathon, malatol, zithiol

ชื่อทางเคมี : O, O-dimethyl-S-(1, 2-dicarbethoxyethyl) phosphorodithioate

สูตรโครงสร้าง



สูตรอย่างง่าย : $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_6\text{PS}_2$

น้ำหนักโมเลกุล : 330.4

สมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ : ของเหลวสีน้ำตาล

ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.231

การละลายในน้ำ : ละลายได้ดี

จุดหลอมเหลว : 2.85°C

จุดเดือด : $156\text{--}157^\circ\text{C}$ ที่ 0.7 mm Hg

ความดันไอ : $4 \times 10^{-5}\text{ mm Hg}$ ที่ 30°C

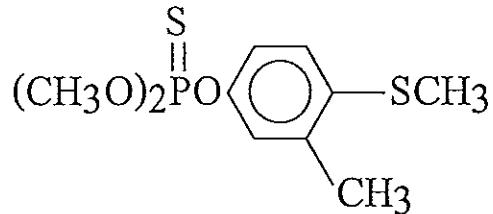
จุดวาบไฟ : 120°C

ชื่อสามัญ : fenthion

ชื่อการค้า : baytex, entex, lebaycid, mercaptophos, tiguvon, queletox

ชื่อทางเคมี : O, O-dimethyl O-4(methylthio)-m-tolyl phosphorothioate

สูตรโครงสร้าง



สูตรอย่างง่าย : $C_{10}H_{15}O_3PS_2$

น้ำหนักโมเลกุล : 278.3

สมบัติทางเคมีและกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ : ของเหลวสีน้ำตาล

ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.245

การละลายในน้ำ : ละลายได้ดี

จุดหลอมเหลว : $-25^{\circ}C$

จุดเดือด : $156-157^{\circ}C$ ที่ 0.7 mm Hg

ความดันไอ : 3×10^{-5} mm Hg ที่ $30^{\circ}C$

จุดวาบไฟ : $82^{\circ}C$

การเตรียมสารละลายมาตรฐานของกลุ่มสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชกลุ่ม
ออร์กาโนฟอสฟอรัส

◇ malathion 98 % D = 1.23

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 98 % คิดความเข้มข้นภายในขวดได้
เท่ากับ 1,205,000 ppm

ในสารมาตรฐาน 100 กรัม จะมีเนื้อสาร malathion อยู่เท่ากับ 98 กรัม
เปลี่ยนหน่วยของน้ำหนักเป็นปริมาตรจะได้

ในสารมาตรฐาน 81.3 mL จะมีเนื้อสาร malathion อยู่เท่ากับ 98 กรัม

ในสารมาตรฐาน 1 mL จะมีเนื้อสาร malathion อยู่เท่ากับ 1.205 กรัม

ดังนั้นความเข้มข้นของสารมาตรฐาน malathion เท่ากับ 1,205,000 ppm

เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยปิเปตมา 8.2 μ L

จากนั้นปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

◇ fenthion 99 % D = 1.25

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 98 % คิดความเข้มข้นภายในขวดได้
เท่ากับ 1,237,000 ppm

ในสารมาตรฐาน 100 กรัม จะมีเนื้อสาร fenthion อยู่เท่ากับ 98 กรัม

เปลี่ยนหน่วยของน้ำหนักเป็นปริมาตรจะได้

ในสารมาตรฐาน 80 mL จะมีเนื้อสาร fenthion อยู่เท่ากับ 98 กรัม

ในสารมาตรฐาน 1 mL จะมีเนื้อสาร fenthion อยู่เท่ากับ 1.205 กรัม

ดังนั้นความเข้มข้นของสารมาตรฐาน malathion เท่ากับ 1,205,000 ppm

เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยปิเปตมา 8.08 μ L

จากนั้นปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

◇ dimethoate 98 %

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 98 % เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยชั่งสารมาตรฐาน 0.0107 กรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นทำการปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

◇ methyl parathion 99 %

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 99 % เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยชั่งสารมาตรฐาน 0.0101 กรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นทำการปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

◇ monocrotophos 99 %

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 99 % เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยชั่งสารมาตรฐาน 0.0101 กรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นทำการปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

◇ metamidophos 99 %

จากวัตถุดิบพิษมาตรฐานความบริสุทธิ์สูง 99 % เตรียมสารละลาย primary stock solution 1000 ppm โดยชั่งสารมาตรฐาน 0.0101 กรัมด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง จากนั้นทำการปรับปริมาตรให้เท่ากับ 10 mL ด้วย ethyl acetate

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายदनัย ทิพย์มณี

วัน เดือน ปีเกิด 15 กันยายน 2517

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่	2538